

XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ

СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА
ПРАКТИКА В ГЕОДЕЗИЯТА И
СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ

Ноември 2025, София, България

Сборник доклади



<http://symp2025.geodesy-union.org/>



СБОРНИК ДОКЛАДИ

от XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И
ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ
ОБЛАСТИ – 2025 г.

София 2025 г.



PROCEEDINGS

of the XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND
PROFESSIONAL PRACTICE IN GEODESY AND RELATED FIELDS – 2025

Sofia 2025



XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И
ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г., България

ДИГИТАЛЕН СБОРНИК ОТ ДОКЛАДИ

СЪСТАВИЛИ:

Чл.-кор. проф. д-р инж. Георги Милев,
ас. инж. Боряна Николова – Тодорова



РЕДАКТОР: Чл.-кор проф. д-р инж. Георги Милев

© ИЗДАТЕЛ: Съюз на геодезистите и земеустроителите в България
България, 1000 София, ул. „ Г. С. Раковски” 108

ISSN: 2367-6051

София, 2025 г.



XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM
MODERN TECHNOLOGY, EDUCATION AND
PROFESSIONAL PRACTICE IN SURVEYING AND RELATED TO IT FIELD
Sofia, 05 – 07 November 2025, Bulgaria

DIGITAL COLLECTION FROM THE REPORT

CONSTITUENTS:

**Corr. Memb. of BAS Prof. Georgi Milev,
Assist. Prof. Eng. Boryana Nikolova – Todorova**



Editor: Corr. Memb. of BAS Prof. Dr. Engr. Georgi Milev

© Publisher: Union on surveying and land management in Bulgaria
Bulgaria, 1000 Sofia str. „, G.S. Rakowski” 108

ISSN: 2367-6051

Sofia 2025

ОРГАНИЗАТОРИ НА СИМПОЗИУМА



МЕЖДУНАРОДНА ФЕДЕРАЦИЯ НА ГЕОДЕЗИСТИТЕ
МЕЖДУНАРОДНО ДРУЖЕСТВО ПО ФОТОГРАМЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
ЕВРОПЕЙСКИ КОМИТЕТ ПО ГЕОДЕЗИЯ
ЕВРОПЕЙСКА ГРУПА НА ГЕОДЕЗИСТИТЕ
МЕЖДУНАРОДНА АСОЦИАЦИЯ ПО ГЕОДЕЗИЯ
ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ В ИСТАНБУЛ
СЪЮЗ НА ГЕОДЕЗИСТИТЕ И ЗЕМЕУСТРОИТЕЛИТЕ В БЪЛГАРИЯ
ФЕДЕРАЦИЯ НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИТЕ СЪЮЗИ
БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ – НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО ГЕОФИЗИКА, ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОГРАФИЯ
БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ – ИНСТИТУТ ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ
УНИВЕРСИТЕТ ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ
МИНИСТЕРСТВО НА РЕГИОНАЛНОТО РАЗВИТИЕ И БЛАГОУСТРОЙСТВОТО - АГЕНЦИЯ ПО ГЕОДЕЗИЯ, КАРТОГРАФИЯ И КАДАСТЪР
МИНИСТЕРСТВО НА ЗЕМЕДЕЛИЕТО И ХРАНИТЕ
МИНИСТЕРСТВО НА ОТБРАНАТА - ВОЕННОГЕОГРАФСКА СЛУЖБА
КАМАРА НА ИНЖЕНЕРИТЕ ПО ГЕОДЕЗИЯ
АСОЦИАЦИЯ НА ГЕОДЕЗИЧЕСКИТЕ ФИРМИ
КАМАРА НА ИНЖЕНЕРИТЕ В ИНВЕСТИЦИОННОТО ПРОЕКТИРАНЕ – СЕКЦИЯ ГЕОДЕЗИЯ
СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ В БЪЛГАРИЯ - СЕКЦИИ ТЕХНИЧЕСКИ И ГЕОЛОГО - ГЕОГРАФСКИ НАУКИ
ЕСРИ

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

Поч. председател: чл.-кор. проф. д-р инж. Георги Милев

Председател: д-р инж. Иван Калчев

Зам.-председатели: доц. д-р инж. Мария Асенова

ЧЛЕНОВЕ

акад. д.т.н. инж. Ячко Иванов, НТССБ
чл.-кор. д.а.н. арх. Атанас Ковачев, ЛТУ
проф. дтн инж. Георги Вълев, СГЗБ
проф. д.ик.н инж. Андрей Андреев, НВУ Шумен
проф. д-р инж. Елена Пенева, УАСГ
проф. д.т.н. инж. Станислав Василев, УАСГ
проф. д-р инж. Бойко Рангелов, МГУ
проф. д-р инж. Керанка Василева, СГЗБ
проф. Маргарита Мондешка, УАСГ
проф. д-р инж. Деница Борисова, БАН-ИКИТ
проф. д-р инж. Христо Николов, БАН-ИКИТ
доц. д-р инж. Костадин Костадинов, СГЗБ
доц. д-р инж. Иван Кунчев, УАСГ
доц. д-р инж. Венета Коцева, СГЗБ
доц. д-р инж. Мила Атанасова-Златарева, БАН-НИГГГ
доц. д-р инж. Кристина Микренска, УАСГ
доц. д-р инж. Веселина Господинова, МГУ

гл. ас. д-р инж. Добромир Филипов, УАСГ
д-р инж. Кирил Стоянов, МЗХГ
инж. Виолета Коритарова, АГКК
полк. инж. Иван Инковски, ВГС
полк. инж. Светослав Църovski, ВГС
полк. инж. Николай Йорданов, ВГС
инж. Иван Деянов, КИИП
инж. Златан Златанов, КИГ
инж. Цветан Георгиев, АГФ
инж. Цветен Боев, СГЗБ

ТЕХНИЧЕСКИ КОМИТЕТ

инж. Иванка Колева, СГЗБ – ръководител доц. д-р
инж. Борислав Александров, УАСГ гл. ас. д-р инж.
Надежда Ярловска, УАСГ инж. Станимира
Стоянова, СГЗБ инж. Маргарита Тончева



XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ПРЕДГОВОР

Настоящият Сборник съдържа докладите предвидени в програмата за представяне на XXXV Международен симпозиум „Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области“, София, 05 – 07 ноември 2025 г.

След предговора, обобщено са представени реда и темите на сесиите от програмата, която е съобразена и с динамични промени наложили се в последния момент.

Съдържанието на Сборника отразява точно протичането на Симпозиума. Изнесените доклади, при провеждането на симпозиума, са представени в дигитален вид в Сборника. Поради това, че се явиха малки различия с програмата, като – изнесен доклад но представено само дигитално резюме, само заглавие и изнесен доклад, включено заглавие в програмата, но не представено нищо на симпозиума. Всъщност съдържанието на Сборника отразява, следвайки програмата тази картина.

Докладите включени в Сборника са представени в съответствие въведената от скоро система за Изисквания и шаблон за публикуване на статиите в списание „Геодезия, картография, земеустройство“ и възприета за останалите издания на Съюза на геодезистите и земеустроителите в България (СГЗБ). Това би следвало да унифицира и подобри изданията, да ги онагледи, опрости и облекчи подготовката на издаването и ползването им (Качени са на интернет страницата на СГЗБ).

Заедно с това докладите отразяват съответните съвременни тенденции на развитие на интердисциплинарни технологии, особено геопространствените, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области на конкретния настоящ етап. Наред със сериозните теоретични разработки на симпозиума се представят и много приложни такива, заедно с национални, регионални и световни проблеми, представени и от специалисти от свързаните с геодезията области с инженерен, природонаучен и друг характер и от млади специалисти, и студенти.

Със Сборника се продължава и 35-годишната традиция за отразяване на ежегодно провеждания международен симпозиум, който в историята на СГЗБ и ФНТС, остава като едно от най-важните събития за геодезическата, научната, техническата и инженерна общност и проблематика.

Елементи от оформянето на Сборника за 2025 г. са възприети от този, съставен за 2023 и 2024 г.

Съставителите на Сборника изказват благодарност за съдействието по съставянето му, оказано им от председателя на СГЗБ - д-р инж. Иван Калчев и секретаря на СГЗБ - инж. Станимира Стоянова, както и на авторите на доклади и други, също оказали съдействие.

София, 27.11.2025 г.

Чл.-кор. проф. д-р инж. Георги Милев - Редактор



XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

PREFACE

This Collection contains the reports meant for the program for presentation of the XXXV International Symposium "Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields", Sofia, 05 – 07 November 2025.

In a generated form, after the preface, the order and topics of the sessions from the program are presented, which is also consistent with dynamic changes that were necessary at the last moment.

The content of the Collection accurately reflects the course of the Symposium. The reports presented during the symposium are digitally presented in the Collection. Due to that, minor differences with the program appeared, such as - a report presented but only a digital summary presented, only a title and a report presented, a title included in the program but nothing presented at the symposium. In fact, the content of the Collection reflects, following the program, this picture.

The reports reflected in the Collection are presented in accordance with the recently introduced system of Requirements and a template for publishing articles in the journal "Geodesy, Cartography, Land Management" and are adopted for the other publications of the Union of Surveyors and Land Managers in Bulgaria (USLMB). This should unify and improve the publications, make them more visual, simplify, and facilitate the preparation of their publication and use (They are uploaded to the website of the USLMB).

Along with this, the reports reflect the relevant contemporary trends in the development of interdisciplinary technologies, especially geospatial technologies, education, and professional practice in geodesy and related fields at the specific current stage. Along with the serious theoretical developments of the symposium, many applied ones are also presented, along with national, regional, and global problems presented by specialists from geodesy-related fields of engineering, natural science, and other nature, as well as by young specialists and students.

The Collection continues the 35-year tradition of covering the annually held international symposium, which, together with this in the history of the USLMB and FSEU, remains one of the most important events for the geodetic, scientific, technical, and engineering community and issues.

Elements from the design of the Collection 2025 were adopted by the one compiled for 2023 and 2024.

The compilers of the Collection express their gratitude for the assistance in compiling the Collection provided to them by: the Chairman of the SGZB - Dr. Eng. Ivan Kalchev, and the Secretary of the SGZB - Eng. Stanimira Stoyanova, as well as the authors of reports and others who also provided assistance..

Sofia, 27.11.2025

Corresponding Member of BAS, Prof. Dr. Eng. Georgi Milev – Editor

XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ОБОБЩЕНА ПРОГРАМА (СЪДЪРЖАНИЕ)

<u>0. ОТКРИВАНЕ НА СИМПОЗИУМА. ПРИВЕТСТВИЯ</u>	<u>14</u>
<u>1. ПЛЕНАРНА СЕСИЯ (I) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИИ</u>	<u>20</u>
<u>2. СЕСИЯ ГЕОДЕЗИЯ, ОБРАЗОВАНИЕ (II) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ</u>	<u>74</u>
<u>3. СЕСИЯ НА КИИП (1) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ</u>	<u>120</u>
<u>4. СЕСИЯ НА КИИП (2) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ</u>	<u>134</u>
<u>5. СЕСИЯ ФОТОГРАМЕТРИЯ, ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ, КАРТОГРАФИЯ И ГИС (III) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ</u>	<u>146</u>
<u>6. КАДАСТЪР, УСТРОЙСТВО И ЗАЩИТА НА ТЕРИТОРИИТЕ (IV) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ</u>	<u>200</u>
<u>7. СПЪТНИКОВИ СИСТЕМИ И ИЗСЛЕДВАНИЯ (V) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ</u>	<u>240</u>

GENERAL PROGRAM (CONTENTS)

<u>0. OPENING OF THE SYMPOSIUM. WELCOME</u>	<u>14</u>
<u>1. PLENARY SESSION (I) – REPORTS AND DISCUSSIONS</u>	<u>20</u>
<u>2. SESSION GEODESY – EDUCATION (II), REPORTS AND DISCUSSION</u>	<u>74</u>
<u>3. SESSION OF KIIP (1) – REPORTS AND DISCUSSION</u>	<u>120</u>
<u>4. SESSION OF KIIP (2) – REPORTS AND DISCUSSION</u>	<u>134</u>
<u>5. SESSION PHOTOGRAMMETRY, LASER SCANNING, CARTOGRAPHY AND GIS (III) – REPORTS AND DISCUSSION</u>	<u>146</u>
<u>6. CADASTRE, LAND DEVELOPMENT AND PROTECTION (IV) – REPORTS AND DISCUSSION</u>	<u>200</u>
<u>7. SATELLITE SYSTEMS AND RESEARCH (V) – REPORTS AND DISCUSSION</u>	<u>240</u>

ДЕТАЙЛНО СЪДЪРЖАНИЕ / DETAILED CONTENT

Заглавие	Автор	Страница
<u>0. ОТКРИВАНЕ НА СИМПОЗИУМА. ПРИВЕТСТВИЯ</u>		
1. Приветствие от почетният председател на Съюза на геодезистите и земеустроителите в България	Д-р инж Иван Калчев председател на СГЗБ Георги Милев (BG)	14
2. Приветствие от Министерство на регионално развитие и благоустройството – Агенция по геодезия, картография и кадастър	Георги Георгиев (BG)	16
3. Приветствие от Камара на инженерите в инвестиционното проектиране	Иван Деянов (BG)	17
4. Приветствие от ЕСРИ България	Миглена Кузманова (BG)	19
<u>1. ПЛЕНАРНА СЕСИЯ (I) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ</u>		
5. ГНСС позициониране в реално време: съвременни възможности и бъдещи направления	Bilal Mutlu Serdar Erol Reha Metin Alkan (TR)	20
6. Геоид/квазигеоид за територията на България	Георги Милев (BG)	23
7. Преизравнение на третата нивелация на България /1975-1984/	Васил Цветков (BG)	32
8. Мониторинг и оценка на стабилността на земната кора в района на античен каменен комплекс Перперикон	Мила Атанасова-Златарева (BG)	44
9. 20 години дамски клуб на жените в геодезията – жените като фактор в професионалното и научното развитие на геодезията	Мила Атанасова-Златарева (BG)	57
<u>2. СЕСИЯ ГЕОДЕЗИЯ – ОБРАЗОВАНИЕ (II), ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ</u>		
10. Дидактически трудности при обучението по професионални предмети в строителните гимназии	Васил Димитров (BG)	74
11. Специфика на превода на геодезически текстове	Васил Димитров (BG)	84
12. Иновативни софтуерни решения за изравнение на геодезически мрежи	Захари Стоянов (BG)	92
13. Разработване на уеб-базирана геоинформационна система за водопадите в България	Тамара Илиева-Цветкова, Боряна Николова-Тодорова, Магдалена Бояджиева, Гергана Петрова, Виолина Атанасова, Ния Стефанова, Димитър Николов (BG)	99
14. Геофизика и археосейсмология – някои приложения в археологията	Бойко Рангелов (BG)	107
15. Подводни геофизични и интердисциплинарни изследвания на Центъра за подводна археология	Кирил Велковски, Найден Прахов (BG)	108

3. СЕСИЯ НА КИИП (1) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

16. Съвременни фотограметрични методи за геодезия и кадастър	Иван Калчев (BG)	120
17. Способи при урежулиране на територии и имоти	Надежда Ярловска (BG)	121
18. БГС2025 - модернизирана координатна система за България	Симеон Кателиев (USA)	122

4. СЕСИЯ НА КИИП (2) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

19. Анализ, развитие и усъвършенстване на нормативната база в устройственото планиране и инвестиционното проектиране	Емилия Илиева (BG)	134
20. Дигитализация и електронен обмен на данни от подробни устройствени планове. Предизвикателства, точност и достъп до данните	Мариян Генчев (BG)	135
21. Новости в геодезическите технологии от ИНТЕРГЕО 2025 г.	Младен Ценов (BG)	145

5. СЕСИЯ ФОТОГРАМЕТРИЯ, ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ, КАРТОГРАФИЯ И ГИС (III) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

22. Подобряване на 3D документацията на културното наследство чрез иновативно разработване на маркери във фотограметрията и лазерното сканиране	Иван Лирков, Миглена Райковска, Николай Петков, Любка Пашова, Павел Георгиев, Христина Кабаджова, Георги Василев, Георги Евтимов, Станислав Харизанов, Милен Борисов (BG)	146
23. Постранствени подходи към здравеопазването: приложение на геоинформационните системи (ГИС) в здравеопазването	Ирина Нейкова	148
24. Локализация и измерване на геопространствени параметри на водопади	Борислав Александров, Ахинора Балтакова (BG)	157
25. Създаване на виртуален маркшайдерски музей чрез съвременни фотограметрични технологии	Аспарух Камбуров, Милена Бегновска, Веселина Господинова, Деян Сосеров, Александър Киров, Младен Ценов (BG)	163
26. Музей на геодезически инструменти „Инж. Мартин Андонов“, София	Мартин Андонов (BG)	175
27. Използването на съвременната фотограметрия - предпоставка за ускоряване на съдебния процес при разследване на пътно транспортните произшествия	Димитър Петров (BG)	180
28. Изследване на ерозионните и акумулативни процеси по пясъчните плажове в Бургаския залив (1980–2025), Южно Българско Черноморие	Надежда Димитрова, Ахинора Балтакова, Найлян Салиева, Богдан Проданов (BG)	187

6. КАДАСТЪР, УСТРОЙСТВО И ЗАЩИТА НА ТЕРИТОРИИТЕ (IV) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

29. Преобразуване на правата върху поземлените имоти при планове за първа регулация	Надежда Ярловска (BG)	200
---	-----------------------	---------------------

30. Прилагане на многокритериален анализ за устойчиво планиране на териториите	Бисера Иванова (BG)	213
31. Обществен принос в ефективно изграждане на градовете	Кристина Микренска, Габриела Симеонова, Иван Маринов (BG)	220
32. Приложение на съвременни технологии за документиране на недвижимото културно наследство	Габриела Симеонова, Кристина Микренска (BG)	229
33. Приложение на изкуствения интелект в оценката на недвижими имоти – съвременни тенденции и предизвикателства	Иванка Каменова (BG)	231

7. СПЪТНИКОВИ СИСТЕМИ И ИЗСЛЕДВАНИЯ (V) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

34. Оценка на точността на RTK GNSS измервания с помощта на търговски и нетърговски CORS мрежи	Диана Побихайло, Аспарух Камбуров, Димитро Митченко (BG)	240
35. Изследване на геодинамични процеси при опазване на културни паметници в района на Източни Родопи въз основа на данни от SAR – обект „Перперикон“	Христо Николов, Деница Борисова, Елица Узунова, Иван Стоев (BG)	254
36. Сравнение на модела за йонизация CORIMIA – 3-интервална апроксимация с данни от спътници за космически лъчи	Петър Велинов, Симеон Аеновски, Лъчезар Матеев (BG)	256
37. Мониторинг с БЛС и пространствено-времеви анализ на изменението на бреговата линия в местност Каваци (2020 – 2025), Южно Българско Черноморско крайбрежие	Найлян Салиева (BG)	265

ПРИВЕТСТВИЯ

1. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ПРИВЕТСТВИЕ

към участниците в XXXV Международен симпозиум „Съвременни технологии, образование и професионална практика в геодезията и свързаните с нея области“ от чл.-кор. на Българската академия на науките, проф. д-р инж. Георги Милев почетен председател на Организационния комитет на симпозиума; почетен председател на Съюза на геодезистите и земеустроителите в България; почетен член на Федерацията на научно-техническите съюзи в България; почетен член на Международната федерация на геодезистите; чл.-кор. на Баварската академия на науките и Руската инженерна академия, Д-р на Щутгартският университет, Германия, ...

Скъпи приятели,
колеги
и дългогодишни партньори,

Имам честта и удоволствието да Ви приветствам за XXXV Международен симпозиум „Съвременни технологии, образование и професионална практика в геодезията и свързаните с нея области“.

Началото си Международният симпозиум води от 1991 г., тогава проведен в София, като симпозиум по Инженерна геодезия, организиран от СГЗБ, под мое председателство на Организационния комитет и под егидата на ФИГ, заедно с честването на 100-годишнината на Военно-географската служба, с присъствието на тогавашния Министър на отбраната – Тодор Тагарев и почетния председател на ФИГ и СГЗБ проф. почетен д-р инж. Васил Пеевски.

Симпозиумът си завоюва свое име и традиция, през дългите – 35 години на неговото ежегодно провеждане.

Той отразява съответните съвременни тенденции на развитие на интердисциплинарни технологии, особено геопространствените, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области на конкретния етап. Наред със сериозните теоретични разработки на симпозиума се представят и много приложни такива, заедно с национални, регионални и световни проблеми.

Освен геодезисти в симпозиума участват специалисти от свързаните с геодезията области с инженерен, природонаучен и друг характер. Така е и тази година. В симпозиума редовно има сесии за млади специалисти и студенти. И тази година младежките доклади са интегрирани в съответните специализирани сесии. Обичайно симпозиумът е придружен с изложба на съвременни системи, инструменти и технологии, проекти, дипломни работи на завършващи студенти, фотоизложби и др., като всяка година е различно.

Тази година Национална професионална секция „Геодезия и приложна геодезия“ от Камерата на инженерите в инвестиционното проектиране, с която имаме дълговременно ползотворно партньорство, се включи в Симпозиума като организирахме две обособени сесии.

И тази година постъпилите доклади са обичайни на брой – 33, и покриват практически цялостната обявена многостранна тематика на симпозиума. Заявено участие има освен от България, още от Турция, САЩ, Украйна и други. Докладите се оформят като дигитален сборник и се издават след симпозиума.

Наред с това през годините има подчертан интерес и динамично участие, предимно от българска и турска страна, поради което ХХІХ симпозиум беше много успешно организиран и проведен през 2018 г. в Техническия университет в гр. Истанбул, Турция, като сътрудничеството продължава, включително и тази година.

Дори и при пандемията, ХХХ Международен симпозиум се проведе много успешно през 2020 г. в София под комбинирана форма – присъствена и онлайн. Правим го така от тогава, включително и през настоящата 2025 г.

В историята на Съюза на геодезистите и земеустроителите в България и ФНТС, въпреки известни затруднения, симпозиумът остава като едно от най-важните събития за геодезическата, научната, техническата и инженерна общност и проблематика.

Още веднъж Ви приветствам за Вашето участие и искрено пожелавам успех на тази многостранна, дългогодишна, традиционна изява на Съюза на геодезистите и земеустроителите в България.

Много поздрави!

С уважение,

Ваш Чл.-кор. проф. д-р инж. Георги Милев

2. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ПРИВЕТСТВИЕ

към участниците в XXXV Международен симпозиум „Съвременни технологии, образование и професионална практика в геодезията и свързаните с нея области“ от инж. Георги Георгиев, Изпълнителен директор на Агенция по геодезия, картография и кадастър при Министерство на регионално развитие и строителството

Уважаеми дами и господа,
Уважаеми колеги,

Уважаеми представители на професионалните организации, академичните среди и бизнеса,

За мен е истинско удоволствие да Ви приветствам от името на Агенцията по геодезия, картография и кадастър на съвместната конференция на Камарата на инженерите в инвестиционното проектиране и Съюза на геодезистите и земеустроителите в България. Това събитие отдавна се утвърди като една от най-значимите професионални платформи в нашия сектор – място, където се срещат експертизата, опитът и стремежът към иновации.

Днес геодезията, картографията, кадастърът и инвестиционното проектиране стоят в основата на почти всеки процес, свързан с управлението на територията и развитието на инфраструктурата. В епоха на бързи технологични промени, цифровизация и повишени очаквания от страна на обществото, именно нашите професионални общности формират устойчивото поле за решение на ключови предизвикателства – от прецизното пространствено моделиране и дигиталните кадастрални данни до модерното проектиране и интегрираните системи за управление на територията.

Агенцията по геодезия, картография и кадастър вижда в партньорството с КИИП и СГЗБ не само традиция, но и стратегически ресурс. Заедно имаме потенциала да ускорим внедряването на съвременни технологии, да подобрим качеството на услугите към гражданите и бизнеса, да улесним обмена на данни между институциите и да изградим единен професионален стандарт, който да постави България рамо до рамо с водещите европейски практики.

Позволете ми да подчертая още нещо важно – силата на нашия сектор винаги е била в хората. В техния професионализъм, в тяхната отговорност, в постоянството и отдадеността им към точността, качеството и дългосрочната визия. Тази конференция е именно това – признание за труда на инженерите, геодезистите, проектантите, учените и всички експерти, които работят задълбочено и последователно за бъдещето на страната ни.

Уверен съм, че дискусиите в рамките на форума ще бъдат не само полезни, но и вдъхновяващи. Нека използваме тези дни, за да обменим идеи, да формулираме общи решения и да поставим основата на нови съвместни инициативи, които да допринесат за по-ефективно управление на пространствените данни, по-качествени инвестиционни процеси и по-устойчиво развитие на териториите.

Пожелавам на всички участници успешна работа, ползотворни разговори и много нови професионални контакти. Нека този симпозиум бъде поредната стъпка към едно по-свързано, по-иновативно и по-предвидимо бъдеще за нашия сектор и за България.

Благодаря Ви за вниманието и желая успешен симпозиум!

София, 06.11.2025 г.

Изпълнителен директор: Георги Георгиев

3. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ПРИВЕТСТВИЕ

към

Организаторите, участниците и гостите на XXXV Международен симпозиум „Съвременни технологии, образование и професионална практика в геодезията и свързаните с нея области“

Уважаеми чл. кор. проф. д-р инж. Георги Милев - Почетен председател на Съюза и на Организационния комитет на симпозиума.

Уважаеми д-р инж. Иван Калчев - Председател на Организационния комитет на симпозиума.

Уважаеми колеги и гости.

За поредна година с особено задоволство поднасяме искрените и сърдечни приветствия от членовете на Национална професионална секция “Геодезия и приложна геодезия” към Камара на инженерите в инвестиционното проектиране по повод откриването на симпозиума. От няколко години с особено задоволство участваме в организирането на това събитие, което е едно признание за нашата институцията. Тази година в рамките на симпозиума е организирана Национална конференция на Секцията с доклади на актуална тематика за инвестиционното проектиране и устройственото планиране.

Камарата на инженерите в инвестиционното проектиране и Камарата на архитектите в България са продължители на традициите и дейността на инженерно-архитектурната камара създадена с Наредба-закон през 1937 год. С нескрита гордост отбелязваме, че повече от 20 години нашата професионална организация на инженерите в инвестиционното проектиране се развива с бързи и устойчиви темпове. Нарастват ежегодно броя на членовете и на правоспособните лица. Ръководството на Камарата полага усилия за професионалното развитие на членовете и за повишаване авторитета на организацията в обществото. Дейността на Управителният съвет е насочена в създаването на документи за работа на организацията, за защита на професионалните интереси на колегията в съответствие с интересите на обществото.

Всяка година в нас се засилва убеждението от необходимостта за провеждане на такива форуми и се наблюдава устойчива традиция за участие, както на утвърдени, така и на млади научни работници с научни и научно-приложни доклади с многостранна тематика. Много е ценен приноса на симпозиума за развитието в различни направления на геодезическата професия. Ежегодното провеждане на симпозиума с неговата богата научна програма, още един път доказва, че това събитие се очаква с интерес както от научната общност, така и от проектантите.

Продължаваме традицията КИИП, като съорганизатор на този ежегоден научен форум да подпомага изследванията в областта на геодезията и внедряването им в проектантската практика. КИИП винаги е осъзнавала необходимостта от подкрепа на образованието и по-специално висшето образование. Всички секции от Камарата ежегодно са удостоверявали със стипендии и продължаваме да подпомагаме отлични и много добри студенти с намерение да се реализират в областта на проектирането. Тук трябва да приветстваме организирането на специална сесия за млади учени, специализанти и студенти в рамките на този симпозиум.

Ще изразя отново своята увереност, че съвместната ни работа в подпомагането на науката и образованието и приложението на научните достиженията в проектирането, ще продължи и за напред. Продължим съвместно да организираме семинари и курсове за

повишаване на квалификацията, конференции за запознаване на колегите с новостите в съвременните технологии и професионалната практика.

Изказвам благодарност на Управителния съвет и лично на Председателя на СГЗБ д-р инж. Иван Калчев за полаганите усилия за професионалното развитие на нашата гилдия. Да пожелаем на всички колеги от Съюза здраве, сили и професионални успехи!

Пожелавам на всички участници ползотворна работа!
Благодаря за вниманието!

С уважение: инж. Иван Деянов
Председател на Национална професионална секция
“Геодезия и приложана геодезия” към Камара на инженерите
в инвестиционното проектиране

4. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ПРИВЕТСТВИЕ

от Миглена Кузманова, Управител на ЕСРИ България

Уважаеми дами и господа,

Уважаеми колеги, скъпи представители на геодезическата общност,

Благодаря на Съюза на геодезистите и земеустроителите в България за поканата и за възможността Есри България да подкрепи този престижен международен симпозиум. За нас е чест да бъдем част от събитие, което не просто събира специалисти от различни сфери, а поставя фокус върху едно от най-значимите професионални направления – геодезията и свързаните с нея области.

Програмата на тазгодишния симпозиум е впечатляваща – много от темите са пряко свързани с ГИС технологиите, с модерната картография, с пространствените данни и цифровата трансформация на процесите. Това винаги ни радва и мотивира, защото показва колко естествено ГИС се вписва в геодезическа практика и колко голямо значение има за бъдещето на сектора.

Ние, от Есри България, добре знаем, че висококачествените ГИС започват от висококачествената геодезия. На вашата точност, експертност и професионализъм разчитат всички специалисти в ГИС сферата. Вашите данни, вашите стандарти и вашата работа са основата, върху която ние изграждаме интелигентни системи, анализи, модели и решения.

Затова подкрепата към геодезическата професия е стратегически приоритет за нас – чрез партньорства, чрез участие в инициативи като този симпозиум, чрез консултации, експертиза и чрез осигуряване на достъп до съвременни ГИС технологии и лицензи. Щастливи сме, че можем да бъдем част от развитието на бранша и да работим заедно за неговото дигитално бъдеще.

Поздравявам организаторите за последователността, за високия професионален стандарт и за отделеното специално внимание към младите учени, студентите и млади специалисти. Те са бъдещите лидери на геодезията и ГИС, и е от ключово значение да намират своята платформа именно тук – сред вас.

Желая успех на всички участници, ползотворни дискусии и вдъхновение през следващите дни.

Благодаря ви.

София, 06.11.2025 г.

1. ПЛЕНАРНА СЕСИЯ (I) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

5. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

GNSS ПОЗИЦИОНИРАНЕ В РЕАЛНО ВРЕМЕ: СЪВРЕМЕНИ ВЪЗМОЖНОСТИ И БЪДЕЩИ НАПРАВЛЕНИЯ

Д-р канд. Билал Мутлу, проф. д-р Сердал Ерол, проф. д-р Реха Метин Алкан
Департамент за инженери по геоматика, Технически университет в Инстамбул,
Турция

REAL-TIME GNSS POSITIONING: CURRENT CAPABILITIES AND FUTURE DIRECTIONS

PhD. Cand. Bilal Mutlu, Prof. Dr. Serdar Erol, Prof. Dr. Reha Metin Alkan
*Geomatics Engineering Department, İstanbul Technical University, Türkiye

SUMMARY

Real-time GNSS techniques offer three-dimensional positioning with accuracies ranging from meters to centimeters, depending on the method employed. For high-precision applications, Real-Time Kinematic (RTK) and Network RTK (NRTK) techniques have been widely used for many years, achieving centimeter-level accuracy after a short initialization time. Their performance, however, relies on the availability of dense geodetic infrastructure, including continuously operating reference stations and reliable communication links such as radio, GSM, or internet connections. Sparse reference-station coverage, communication outages, and geographic or topographic obstructions may therefore restrict their applicability.

To overcome such limitations, satellite-based augmentation methods have been developed to deliver real-time corrections without dependence on local communication networks. Early systems, such as WAAS/SBAS broadcast code-based corrections, offered meter-level accuracy that is inadequate for higher-precision requirements. The need for high-accurate methods has led to the development of the real-time Precise Point Positioning (PPP) method, which also uses carrier-phase observations. The streaming of the real-time precise satellite products by global GNSS analysis centers enabled the implementation of real-time PPP (RT-PPP). Although RT-PPP reduces reliance on local reference networks, it still requires continuous and robust high-rate data transmission, making it vulnerable to poor or unstable communication conditions.

Building on these advances, several commercial companies have started to provide real-time PPP services to worldwide users. These services generate real-time precise orbit, clock, and bias products using globally distributed reference networks, as well as atmospheric parameters obtained from regional reference networks. These corrections are then broadcast via L-band satellites or terrestrial communication (internet/GSM). As a result, the L-band supported RT-PPP services offer a flexible solution that enables seamless real-time 3D positioning even in areas without an internet connection. However, the equipment required for RT-PPP using commercial services is generally more expensive

and requires subscription fees, and the solution may be limited at high latitude areas where L-band communication satellites cannot be seen.

Beyond commercial systems, some GNSS constellations broadcast corrections directly through their own satellites, thereby avoiding the need for external communication infrastructure altogether. Japan's Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) Centimeter Level Augmentation Service (CLAS) transmits regional high-accuracy corrections via an additional signal channel, providing decimeter- to centimeter-level accuracy for both static and kinematic applications within Japan. China's BeiDou-3 system similarly distributes regional corrections through its B2b service satellites, enabling multi-GNSS RT-PPP with sub-decimeter to decimeter accuracy after moderate convergence times.

Unlike these regional approaches, the Galileo satellite system offers a Galileo High Accuracy Service (Galileo HAS) that transmits real-time orbit, clock, and bias corrections directly within its navigation signal structure, providing global coverage. This service covers all areas where Galileo satellites are visible and permits the combined processing of Galileo and GPS observations. The initial operational phase provides global RT-PPP corrections for several frequency bands, while future stages aim to incorporate atmospheric corrections to accelerate convergence -particularly in Europe -and improve overall reliability. The service provides accuracy better than 20 centimeters horizontally and 40 centimeters vertically after a convergence time of several minutes. Real-time positioning is achieved by applying the broadcasted corrections within a PPP algorithm executed on the user receiver.

In conclusion, modern GNSS real-time positioning methods demonstrate that achievable accuracy is fundamentally linked to the content of the corrections and the external infrastructures, such as reference networks and strong communication. Code-based augmentation systems enable robust meter-level positioning with wide accessibility, whereas carrier-phase-based techniques, such as PPP and RTK, provide substantially higher precision. Infrastructure-dependent methods -particularly network RTK- yield the most rapid convergence and centimeter-level accuracy but require dense reference networks and reliable communication channels. In contrast, local infrastructure-independent RT-PPP techniques prioritize global applicability and operational autonomy. Still, they typically involve longer convergence times that depend on the content of the corrections, the used GNSS constellations and frequencies. Overall, the comparative analysis of these methods indicates that no single approach is universally optimal; instead, the choice of positioning strategy should reflect application-specific requirements, environmental constraints, and the practical balance between accuracy, availability, reliability, and infrastructure dependence.

Keywords: GNSS, Real-Time GNSS Positioning, Real-Time Kinematic/RTK, Real-Time Precise Point Positioning/RT-PPP, Galileo High Accuracy Service/HAS

Table: Summary and characteristics of Real-Time GNSS positioning techniques.

Method	Accuracy (2D)	Requirements	Coverage	Convergence Time	Internet Needed
SPP	~5–10 m	None (Absolute)	Global	Instant	✗
WAAS/SBAS	~1–3 m	SBAS satellites (Absolute)	Regional (e.g. WAAS, EGNOS)	Instant	✗
Single-baseline RTK	~1–5 cm	Base station nearby and radio link (Relative)	Local (~10–20 km)	Seconds	✗
Network RTK	~1–3 cm	CORS network, Control center, Strong	Regional	Seconds	✓

Method	Accuracy (2D)	Requirements	Coverage	Convergence Time	Internet Needed
		communication (Relative)			
Internet-based RT-PPP	~5–25 cm	Internet connected and PPP-client installed GNSS receiver (Absolute)	Global	5–30 min	✓
Commercial L-band based RT-PPP	~2–5 cm	Subscription, L-band supported and PPP-client installed GNSS receiver (Absolute)	Global	1–10 min	✗
Navigation Satellite-broadcasted RT-PPP	~10–30 cm	PPP client and Decoder installed GNSS receiver (Absolute)	Regional / Global	5–30 min	✗

ГЕОИД/КВАЗИГЕОИД ЗА ТЕРИТОРИЯТА НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

Чл.-кор. проф. д-р инж. Георги Милев, ИКИТ-БАН

РЕЗЮМЕ

Проблемът за извеждане на пълен и коректен модел на геоида/квазигеоида за територията на Р. България все още не е решен. Изложени са накратко работите по моделирането и статуквото на световния и европейския геоид/квазигеоид и извеждането на локални геоиди. Обобщено са представени известните извършени работи за определяне на геоида /квазигеоида и състоянието им в момента у нас. Представени са възможните решения на проблема и последните опити да се осигури финансиране и решение на проблема.

Ключови думи: Световен, регионален и локален геоид, модел на геоида/квазигеоида за територията на Р. България, реализация, решения, финанси.

GEOID/QUASIGEOID FOR THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BULGARIA

Corr. Memb. Prof. Dr. Eng. Georgi Milev (SRTI-BAS)

SUMMARY

The problem of deriving a complete and correct model of the geoid/quasigeoid for the territory of the Republic of Bulgaria has not yet been solved. The works on the world, European and the requirements for the derivation of local geoids are briefly presented. The known works carried out for determining the geoid/quasigeoid and their current status are summarized in our country. Possible solutions to the problem and the latest attempts to provide funding and a solution to the problem are presented.

Keywords: World, regional and local geoid, geoid/quasi-geoid model for the territory of the Republic of Bulgaria, implementation, solutions, finances.

ПРЕДГОВОР

Поводът за тази статия е проблемът за липсата на цялостен, прецизен български геоид за територията на страната, належащата необходимост от неговото създаване, както и пасивността на отговорните органи и липса на политика и перспектива за това от тяхна страна. Сигурно за това ще се изтъкнат обективни причини и не намерен надежден източник от тях за финансиране. Пред много от занимаващите и имащи отношение по този проблем специалисти той е на по-заден план при тях, други търсят по-опростени решения на основание на направеното и наличната информация в момента.

Заедно с това написването на тази статия е продиктувано от една моя вътрешна необходимост за изясняване на състоянието в последно време, свързано с този основен проблем за старината ни. Също така и за осветляване на моята роля за неговото решаване. При това стремежът ми е бил обективно да се отдаде заслуженото на приносите и на други участници за това решаване.

1. ОБЩИ ПОСТАНОВКИ

Определянето на фигурата, размерите и външното гравитационно поле и ориентацията на Земята и останалите планети във времето е задача на геодезията като наука, дефинирана от проф. Фридрих Хелмерт (1843 – 1917), Германия, също от Й. Листинг и др. [6], [19]. Този геодезически граничен проблем за Земята съдържа решението на два аспекта – геометричен (фигура на Земята) и физически (гравитационно поле). За целта основно се използват съответни методи и измервания – геометрични, за фигурата и гравиметрични, свързани с гравитационното поле. Съществуват окончателни решения на някои от тези проблеми, и текущи решения за други, които са в процес на реализация, като при някои постепенно се напредва в постигане на окончателното решение.

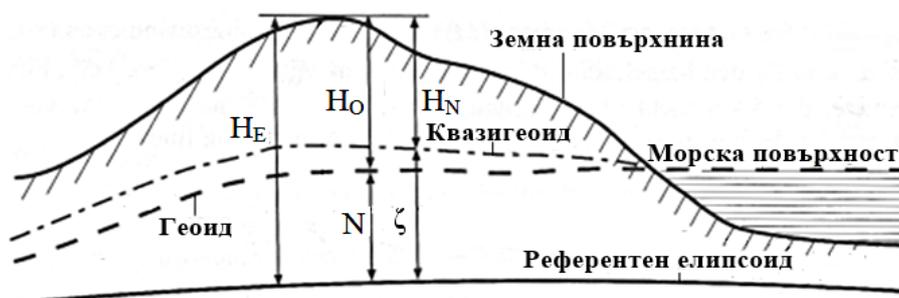
За нуждите основно на геодезическата наука и практика се приема представяне на фигурата на Земята чрез математически точно определима геометрична фигура – **ЕЛИПСОИД**. Глобални спътникови навигационни системи (Global Navigation Satellite Systems – GNSS) технологии и измервания се използват за извеждане на конвенционално приет геоцентричен референтен елипсоид. Дефинираният и международно приет от Международната асоциация по геодезия (International Association of Geodesy – IAG), респективно от Международния съюз по геодезия и геофизика (International Union of Geodesy and Geophysics - IUGG) се използва в световната наука и практика – Референтния елипсоид GRS80 [19].

За гравитационното поле на Земята се правят апроксимации чрез: 1) неправилна, математически недефинируема повърхнина – **ГЕОИД** (теоретичната фигура, дефинирана като екипотенциална ниво-повърхнина, която пряко апроксимира средното морско ниво, мислено продължено и под сушата, за която перпендикулярът към всяка нейна точка съвпада с посоката на гравитационната сила); 2) реализируема чрез измервания фигура – **КВАЗИГЕОИД** (почти или приблизително геоид, въведен от М. С. Молоденски (Русия), използван и в България [12]). Това се отнася и за региони и локални части от нея. Измерванията се извършват чрез гравиметрия и GNSS/Ni (нивелация), а извежданата фигура е съответно гравиметричен квазигеоид и геометричен квазигеоид. Същото се отнася и за територията на България.

Способите за извеждане на геоида са широко обсъждани. Първостепенно значение има наличната изходна информация. Основните способности се класифицират както следва [2]:

- Астрономо-геодезически метод – необходимите данни (отклонения на отвеса) директно се получават чрез астрономичните и геодезическите координати на точките. Профилът на геоида се изчислява между астрономо-геодезическите станции;
- Чрез геопотенциален модел на земното гравитационно поле, реализиран от сателитни и земни определения. Геоидната височина се получава непосредствено от сферохармоничните коефициенти;
- Гравиметричен метод при използване на концепцията на Стокс;
- Геометричен или интерполационен метод (GNSS/Ni) – локално представяне на геоида в точки, които имат ортометрични (нормални) височини и елипсоидни височини, получени чрез GNSS измервания, извършени единствено на земната повърхност. Геоидните височини в другите точки се получават чрез интерполиране;
- Чрез геометричната връзка между изведените от GNSS определения елипсоидни височини и нормални височини, определени чрез геометрична нивелация.

Съществуват връзки между елементи на елипсоида и геоида с възможности за комбиниране на данните от гравиметричните измервания и тези с GNSS/Ni за извеждане на геоида/квазигеоида (фиг. 1).



Фиг. 1. Повърхнини и височини

Тъй като гравитационното поле на Земята не е симетрично, геоидът не е идеална сфера и се отклонява от елипсоида. Аномалията на височината ξ е мярка за това отклонение и се използва за преобразуване между елипсоидни височини (измерени от елипсоида) – H_E и ортометрични височини (измерени от геоида) – H_0 .

АНОМАЛИЯТА НА ВИСОЧИНАТА, известна още като височина на геоида или разстояние между квазигеоид и елипсоид за дадена точка, е разликата във височините на точките спрямо квазигеоида и елипсоида. Геоидът е повърхност с еднакъв гравитационен потенциал, която доближава формата на морското равнище на Земята, докато елипсоидът е математическа повърхност, която доближава формата на Земята.

Спрямо елипсоида, чрез GNSS се определят елипсоидните височини H_E . Във всяка точка от земната повърхност стойностите на нормалните (квазигеоидните – H_N) и елипсоидните (H_E) височини са различни. Именно тези разлики се наричат **аномалия на височини** ξ

$$(1) \quad \xi (N = H_E - H_N)$$

За да бъде възможно използването на GNSS измерванията за коректно определяне на надморски височини на точки от физическата земна повърхност, трябва измерванията по височина, получени чрез GNSS, да се коригират със стойността на **аномалия на височината** за конкретната точка на измерване. Прецизното определяне на **аномалия на височината** ξ – **ондулацията** на геоида над елипсоида за цялата Земя е задача, която до момента не е намерила своето цялостно и еднозначно решение. На базата на обобщени данни са разработени глобални модели на геоида за цялата Земя, за определени региони и локални територии, които обаче не са достатъчно прецизни и постоянно търпят развитие и подобрене на базата на нови данни, основно от различни видове измервания.

Геоидите, елипсоидите и аномалията на височината са важни, защото играят решаваща роля в нашето разбиране, и при определяне на формата, гравитационното поле и ориентацията на Земята в пространството. Използват се като отправна точка за тези постановки и определяния. Те осигуряват последователен и точен начин за измерване и картографиране на земната повърхност, което е от съществено значение, а също и за широк спектър от приложения, включително геодезия, топографско картографиране, навигация и много други.

Значимостта на проблема се вижда от факта, че той е свързан с цялата Земя, с отделни региони и отделни страни. Заедно с това, както ще се изтъкне многократно и по нататък, той е обект да дългогодишни фундаментални изследвания освен за Науките за Земята, Физиката и много други науки, както и с непосредственото използване на геоида, там където е изведен, в стопанската сфера, навигацията и много други.

2. СЪСТОЯНИЕ НА ДЕЙНОСТТА И ИЗСЛЕДВАНИЯТА ПО ПРОБЛЕМА

2.1. Международна дейност

В Света в момента се работи за прецизиране на извеждането на световен, регионален (напр. Европа) и локален (отделни територии и страни, напр. за Р. България) геоид/квазигеоид.

Международният съюз по геодезия и геофизика (МСГГ) е международно оторизиран и той чрез Международната асоциация по геодезия (МАГ) извършва дейностите по изследване на Гравитационно поле на Земята, респективно Геоида. Геоидът е все още нерешен проблем на височинната компонента за Земята.

Проблемът за дефинирането на изходната повърхнина и за определяне на височините, респективно за Земята, за даден регион и за дадена локална територия, е все още една от основните задачи за фундаменталните изследвания, свързани с геодезията и останалите науки за Земята. Работи се изключително интензивно и са изведени с определена представителност и точност световни геопотенциални модели EGM96, EGM2008, XGM2019e, Европейски гравиметричен квазигеоиден модел EGG2015, локални геоиди на много страни и територии. За целта се разработват и прилагат различни подходи, методи и технологии и се извеждат съответни модели.

Наред с това, за изследване на гравитационно поле и равновесното състояние на циркулацията на океаните се проведе специална мисия на Европейската космическа агенция

(ESA) чрез спътника **Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer (GOCE)**. Тя бе предназначена за определяне на гравитационното поле на Земята и моделиране на геоида с изключително висока точност (1 – 2 cm) и пространствена разделителна способност, както и определяне на гравитационните аномалии с точност на 1 mGal (където 1 mGal = 10⁻⁵ m/s²). Това е първата мисия с основна цел изследване на Земята, разработена като част от програмата на ESA. Спътникът е изстрелян на 17 март 2009 г. и завършва своята мисия на 11 ноември 2013 г. Данните от него се обработват, а изследванията продължават в много насоки, включително за извеждане на териториални геоиди [18], [22], [6], [9].

Чрез сателитната мисия GOCE на Европейската космическа агенция бе картографирано гравитационното поле на Земята и бе създаден модел на геоида. Данните от GOCE се използват за създаване на глобални модели на геоиди, локални модели на геоиди, също са важни за прецизиране на локалните геоиди. Дейностите и изследванията по проблема за извеждане на геоиди там където липсват, както и на усъвършенстване на изведените продължава.

В много голяма част за териториите на страните в света има разработени национални геоидни/квазигеоидни модели, които постоянно се актуализират и имат за цел да подобрят точността на генерираните от тях данни.

Съществуват теоретични и приложни решения за обединяване на данните използвани за извеждане съответно на гравиметричен и геометричен геоид/квазигеоид при извеждане на обобщен геоид/квазигеоид (вж. [3], [21]).

2.2. Дейност и изследвания у нас

С проблема за геоида у нас са се занимавали и се занимават, наред с геодезистите и специалисти по геофизика, както и съвместни екипи от различни институции. По проблема са работили и писали проф. Д. Зидаров, акад. Христов, проф. Ив. Петков, проф. Мл. Младеновски, проф. Вл. Стойнов, проф. А. Андреев, проф. Г. Вълев, чл.-кор. проф. Г. Милев, проф. Ив. Георгиев, проф. Е. Пенева, проф. Сл. Господинов, д-р Г. Михайлов, д-р С. Авдев, д-р Х. Цанков, д-р И. Калчев, инж. М. Николов, гл. ас. Е. Михайлов, инж. М. Петров, гл. ас. д-р инж. К. Кирилова и др. Някои публикации са споменати в приложената литература Няма обаче цялостно изложение, систематизация, обобщение и оценка. Такова с висока степен на завършеност е подготвяната, вече в напреднала фаза, по инициатива на чл.-кор. проф. Г. Милев с участие на М. Николов, д-р И. Калчев и д-р Х. Цанков, монография МОДЕЛ НА ГЕОИДА ЗА ТЕРИТОРИЯТА НА Р. БЪЛГАРИЯ.

На територията на страната са извършени и се извършват гравиметрични, нивелачни, GNSS и други измервания, включително и целенасочено за извод на геоида/квазигеоида на части и на цялата страна геоиди [13], [10], [1], [13], [5], [23].

Правени са и се правят теоретични и приложни трактовки и решения.

Целенасочени изследвания, свързани с извеждане на геоида/квазигеоида на територията на Р. България, има обаче още в края на миналия и началото на настоящия век.

У нас са реализирани независимо два проекта с директно обработени данни - резултат от непосредствени измервания, за извеждане модел на геоид/квазигеоид за цялата територия на Р. България:

1. **Гравиметричен геоид** – Фонд научни изследвания при Министерство на образованието и науката – ФНИ (Договор № ДДВУ 02/84), Минно-Геоложки Университет “Св. Иван Рилски” – на тема „Построяване на национален гравиметричен квазигеоид чрез оптимизирани модели от краен брой точкови маси“, със участие и на (д-р инж. Х. Цанков, чл.-кор. проф. Г. Милев, ас. инж. Е. Михайлов [11], [7]. Те продължават работата при по-нататъшното прецизиране и извън договорно развитие на проекта) и
2. **Геометричен геоид** – Оперативната програма „Развитие конкурентоспособността на българската икономика 2007–2013 г., с бенефициент „Geo plus“ ЕООД с партньор „Геоматикс“ ООД (с участие на д-р инж. И. Калчев – ръководител на проекта, инж. М. Николов, с допълнително участие на чл.-кор. проф. Г. Милев [4], [2]. Те продължават работата при по-нататъшното прецизиране и извън договорно развитие на проекта).

Работите по двата проекта, и по-точно последната фаза от изпълнението им, се основават и на съдействието на чл.-кор. проф. Г. Милев и чрез неговите лични индивидуални международни контакти, преди всичко с международни организации.

България е член на Международния съюз по геодезия и геофизика (МСГГ) – Международната асоциация по геодезия (МАГ), чрез Българската академия на науките (БАН) – Национален комитет по геодезия и геофизика (дълги години ръководено от акад. Вл. Христов, БАН).

Индивидуален член на МСГГ - МАГ от България е само чл.-кор. проф. Георги Милев от БАН - ИКИТ.

Сътрудничество с МСГГ, респективно МАГ, Комисия 2 – Гравитационно поле на Земята – Геоида, с председател д-р Хайнер Денкер, от наша страна е реализирано от чл.-кор. проф. Георги Милев и н. с. инж. Е. Михайлов, БАН и д-р инж. Християн Цанков, МГУ още при работата по проект 1. Гравиметричен геоид. Чрез съвместно прецизиране на данните от България те са включени в последния изведен гравиметричен геоид/квазигеоид на Европа – **EKG2015** [8]. Преди това наши данни са представени и за извод.

Заедно с това са направени съвместни анализи и дигитални сравнения на геометричния геоид с EKG2015 [12]. Прави се ревизия на данни от геометричния геоид, с оглед точното му извеждане и по-нататъшното им използване за извод на прецизен геоид на нашата територия.

Също така през 2005 г. е изведен локален модел на геоида за Североизточна България с точност от порядъка на 7 cm [1]. Наред с това е направено осъвременяване на вградената в трансформационния софтуер на Агенцията по геодезия, картография и кадастър BGStrans височинна референтна повърхнина, на базата на последния европейски модел на геоида/квазигеоида EKG2015 [3].

Работите по извода на нов обобщен геоид/квазигеоид са продължени от екип чл.-кор. Г. Милев – ръководител, инж. М. Николов и д-р инж. И. Калчев. На базата на споменатите два проекта са възприети нова идеология, научна ориентация и система.

Както вече беше представено благодарение на извършените до сега дейности и постигнатите резултати, в рамките на работата и разработените научни решения, алгоритми, изчислителни програми и извършените обработки, е изведен геометричен модел на територията на страната, който е сравнен с европейския гравиметричен геоид на базата на индивидуално научно сътрудничество с Германия и МАГ – комисия 2 за геоида – д-р Х. Денкер [14].

3. ПОДХОДЯЩИ РЕШЕНИЯ

Работата по геоида/квазигеоида на Р. България, след изтичане на договорите на двата проекта, тяхното самостоятелно и съвместно по-нататъшно прецизиране и реализиране за извод на геоид/квазигеоид на територията на страната е продължена по инициатива, насоки и ръководство от чл.- кор. проф. Г. Милев, с участието на д-р инж. И. Калчев, инж. М. Николов.

Те продължават също работите по извеждането на геометричния геоид/квазигеоид, като правят и сравнение с Европейския геоид и по- нататъшното му прецизиране.

Заедно с това те работят по решения и реализация за обединяването на данните от двата проекта и извод на по-точен обединен геоид/квазигеоид, на страната на базата на привеждането и представянето на данните в еднородна величина – аномален потенциал, които се третират по-нататък за извода на геоид/квазигеоид на Р. България.

Работят и по решения и реализация за обединяването на данните от двата проекта, данни от нови измервания, налични данни от друг род измервания за извод на по-пълно, по-точен обединен геоид/квазигеоид на страната.

Тава важи и за подготвяната от тях съответна монография „Модел на геоида/квазигеоида за територията на Р. България“. Тя е в доста напреднала фаза на подготовка и отразява направеното до сега по двата проекта и насоки, принципи и решения при по-нататъшната работа за извеждане на представителен геоид/квазигеоид на територията на страната.

Изложените работи и по двата проекта, както вече се спомена, се извършват в тесен контакт и съдействие с представител (д-р Х. Денкер, Германия) на МАГ, респективно Комисия 2 за Европейския геоид/квазигеоид EKG215.

Данните от този род измервания и по-стари от тях, включително и такива на държавни институции, съвместно проверени за територията на България, са предоставени от екип с ръководител чл.-кор. проф. Г. Милев на Европейския център за Геоида (гр. Хановер, Германия, д-р Х. Денкер [7]) за извеждане на съответната повърхнина – геоид за Европа. Това е последния, понастоящем валиден и използван, европейски гравиметричен геоид – EKG2015. За

предшестващия геоид (EGG2008) данни са представени от проф. И. Георгиев и колектив EGG2008 [3], [23].

При така съществуващата ситуация, наред с другото и с наличие на два независими, несъгласувани проекта на геоиди у нас, от автора на настоящата статия са предложени два **подхода** на решение, които съответстват на предложенията в двата проекта (инж. М. Николов) предложени за финансиране от ФНИ. Посочени тук, в края на т. 3.

ЕДИНИЯТ е на базата на предложеното от инж. М. Николов за привеждане и съвместно представяне на данните от двата наши геоида към еднородна величина – аномален потенциал, който се третира по-нататък за извода на геоид/квазигеоид на Р. България.

ВТОРИЯТ е основаван на данните и принципите на вече изведения гравиметричен геоид разширен и усъвършенстван с нови теоретични и приложни решения и усъвършенстван софтуер, заедно с покриване с измервания на празните пространства от измервания (фиг. 1 [8]) и използване на информация от двата споменати геоида, и данни от нови и съществуващи някои други типове измервания, да се направи извод на геоид/квазигеоид на страната [14], [8].

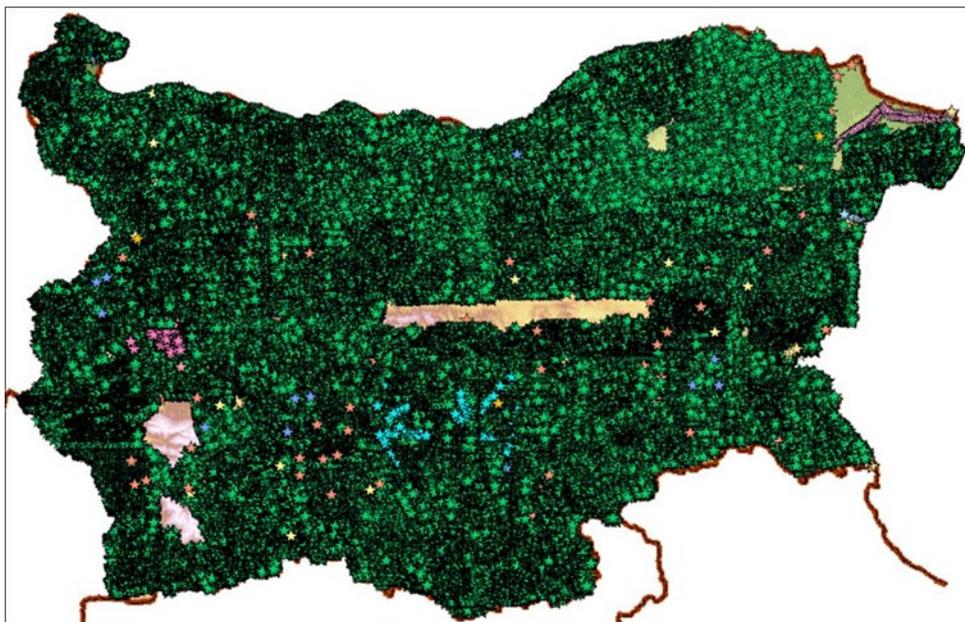
Всъщност при втория подход следва да се използва по-възможност цялата налична подходяща за целта информация. При това и при него може да се използва привеждането към аномален потенциал, вместо колокацията по метода на най-малките квадрати [20].

Подробности за хода на процеса на решение и обработка на данните тук няма да се дават.

В нашата страна такъв национален геоиден модел основан на споменатите подходи **не съществува** и на базата на направеното и постигнатото до сега у нас се поставя задача да се създаде първият **прецизен геоиден/квазигеоиден модел за територията на страната**. Приложеният модел да се основава на съвместна обработка на всички налични в страната данни от геодезически и други типове измервания, приложими за целта, безспорно включително и на нови гравиметрични и GNSS/нив. измервания.

Основна предпоставка и едно от най-важните изисквания, е наличието на данни от измервания с достатъчна точност на целесъобразно разположени по територията, на която ще се извежда геоида/квазигеоида, съответен **подходящ брой точки** (гравиметрични, GNSS/Niv., спътникови и други).

За съжаление, както се спомена, има части от страната, още непокрити със съответни данни от гравиметрични измервания (видно и от покритието на страната с данни, оценено на базата на EGG2015 (фиг. 2) или други подходящи измервания [8].



Фиг. 2. Покритие на България с гравиметрични данни

Покритието на страната с така описаните гравиметрични измервания, точки и мрежи е показано на фиг. 1. Ясно се вижда, че липсват измервания в централната част на Стара планина, Рила, Родопите и отчасти в Североизточна България. В преобладаващата част от страната има наличие на достатъчно данни за извеждане на приблизителен гравиметричен модел на геоида на територията на Р. България.

Полезни в това отношение могат да бъдат Сателитните измервания [18], [22], [6]. Те са от решаващо значение за определянето на геоида на Земята.

Най-важните измервания за определяне на геоида с помощта на спътници са:

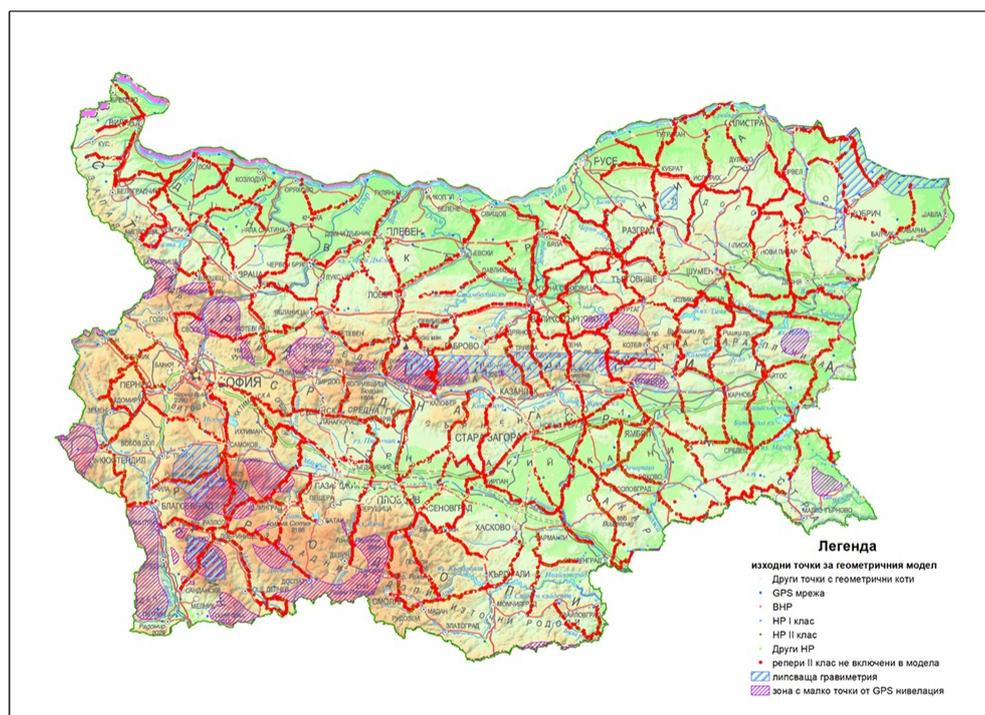
Сателитна гравиметрия: Мисии като GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) и GOCE, измерват гравитационното поле на Земята. GRACE се състои от два спътника, чрез които се измерват вариациите в гравитационното поле на Земята. GOCE измерва гравитационните градиенти, т.е. пространствените промени в гравитацията в различни посоки. Тези данни позволяват създаването на много прецизни глобални модели на гравитационното поле и по този начин определянето на геоида с висока резолюция.

Сателитна алтиметрия: Този метод използва радарни сигнали за измерване на височината на морската повърхност. От тези данни може да се определи геоидът над океаните, тъй като морското равнище в покой е много близо до повърхността на геоида.

Комбинирането на тези измервания с наземни данни, като например измервания на гравитацията на земната повърхност, води до най-точните модели на геоиди, тъй като те обхващат различни пространствени резолюции: Сателитите предоставят глобални модели, докато наземните измервания са важни за регионалните детайли.

На базата на спътника GOCE се подобряват локалните гравиметрични измервания и локалните геоиди, особено в граничните им райони [11], [17].

Съвместна карта на покритието на непокрити участъци на страната с двата типа измервания – гравиметрични и GNSS/Niv. е показано на фиг. 3, също съставена от инж. М. Николов, по предложение на чл. кор. проф. Г. Милев.



Фиг. 3. Съвместна карта на непокрити с измервания участъци от територията на Р. България

Решения на проблема за извеждане на модел на геоида/квазигеоида чрез самостоятелни, отделни типове измервания, или несъгласувани (чрез надграждане) комбинирани данни за решения, както вече споменатите, се вижда, че не са задоволителни и не са ефективни. Обединяването, под някаква форма, при обработката на данните е крачка напред, но не е

достатъчно. Необходимо е **комплексен подход** и съответно достатъчно финансиране на този фундаментален, не само национален проблем, от съответна институция, или друг източник, в страната.

Авторът активно работи в това направление. Той е инициатор и автор на идеята и идеологията, научното описание, както на основния състав и основни моменти в организацията и активен участник в подготовката и предлагането на два проекта, за финансиране от ФНИ.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ

Отдавайки дължимото на останалите специалисти работили и работещи по проблема от изложеното може да се направят следните заключения и изводи.

Направената систематизация и преглед и анализ на проблемите на този етап, на актуалността, състоянието, теоретичните и приложни решения, обобщението за геоида/квазигеоида на Земята, регионалните и локалните геоиди/квазигеоиди и конкретно локалният геоид/квазигеоид на територията на Р. България показват тяхната изключителна важност, актуалност и значение. С особена сила това важи за нашата страна – за нашият локален геоид. Съществуват много благоприятни предпоставки, този сложен, обемен, трудо- и време, интелектуално поглъщащ, и фундаментален научен и приложен, с национално и с международно значение проблем да бъде решен, ако се осигури необходимото финансиране и институционално се възложи решението на специалистите, работещи интензивно от дълги години и на този етап по него и имащи готовност за това (екипът от 2025 г.). Те ще се заемат с „лятащ старт“ с него. Всяко забавяне води по обективни и индивидуални поводи и причини до отлагане на това решение с много години. Това не бива да се случи! За това отговорните институции по проблема следва актуално да се заемат с изключителна отговорност за неговото решение.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. Физическа геодезия и гравиметрия. Университетско издателство „Епископ. К. Преславски“, Шумен, 2013, 208
2. Вълев, Г., Андреев, А. Теоретични постановки за създаване на локален модел на геоида за територията на България. XXIV-ти Международен симпозиум, „Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области“ София, 06 – 07 ноември 2014 г., 18
3. Георгиев, И., Грозданова, Л., Михайлов, Г., Вълчева, С. Осъвременяване на вградената в BGSTrans 4.6 височинна референтна повърхнина на базата на последния европейски модел на геоида/квазигеоида EGG2015. Геодезия, картография, земеустройство, 2015, 1-2, 3-14
4. Калчев, И. Събиране и систематизиране на съществуващата информация за прецизно определени надморски (нормални) височини на геодезически точки от държавните височинни и GNSS мрежи. Геодезия, картография, земеустройство, 2015, 1-2, 3-14
5. Кирилова, К., К. Янчев. Моделиране на геоида в екстремни райони от територията на Р. България - Рила планина. Геодезия, картография, земеустройство, 2000,1-2, 7-15
6. Милев, Г., И. Милев. Приложна геодезия Част 1, Инженерна геодезия: Книга 1, 3(3.2).. Изграждане на линейни обекти, на сгради, съоръжения, монтаж на технологично оборудване. Планове на изградените комплексни обекти. Авангард. 2022, 530. Ел. книжарница biblio.bg
7. Милев, Г., К. Василева. Някои геодезически аспекти на българската Евроинтеграция, ГКЗ, 2007, 2-3, 4-7
8. Милев, Г., Михайлов, Е., Х. Цанков, Ст. Димовски. Привеждане на гравиметричните точки на територията на България в единна система. Межд. симп. „Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области“ 07-08.11.2013. Геодезия, картография, земеустройство, 2013, 5-6, 3-8

9. Милев, Г., И. Милев, И., Калчев Обобщено представяне на комплексната монография „Приложна геодезия – част 1. Инженерна геодезия“. СГЗБ. Геодезия, картография, земеустройство, 2024, 1-2, 38-46
10. Михайлов, Е. Определяне на топографските редукиции (поправки за релеф) на гравиметричните точки от националната гравиметрична мрежа основен, първи и втори клас. Геодезия, картография, земеустройство, 2015, 1-2, 15-18
11. Николов, М. Анализ на резултати от сравнение на локален квазигеоиден модел геоидбг и височинната референтна повърхнина, базирана на европейския модел на геоида/квазигеоида EGG2015. Геодезия, картография, земеустройство, 2015.1-2, 3-14
12. Стойнов, Вл., Пенева Е. Физическа геодезия, София, Техника, 2002, 254
13. Цанков, Х., С. Димовски, А. Кисьов, Г. Милев, Е. Михайлов. Гравиметричен квазигеоид на България от краен брой точкови маси. София. СГЗБ. Геодезия, картография, земеустройство, 2015,1-2, 3-14 11; Межд. симп. „Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области“, 06-07.11.2014, 13
14. Avramiuc. N., C. Erhan, I. Spiroiu, Radu-Dan-Nicolae Crisan, M. Fluera. Determination of a new gravimetric Quasigeoid for Romania. Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre- ISSN: 1454-1408
15. Denker, H. A new European gravimetric (quasigeoid EGG2015. Poster presentation at the XXVI General assembly of the International union of geodesy and geophysics (IUGG), earth and environmental sciences for future generations, 22 June – 02 July 2015, Prague, Czech Republic, 2015. doi: <https://doi.org/10.15488/14432>
16. Erol, B., R. Norman Celink. Precise Local Geoid Determination to Make GPS Technique More Effective in Practical Applications of Geodesy. FIG Working Week 2004 Athens, Greece, May 22-27, 2004, TS7 Reference Frame in Practice, 1/13 TS7.3
17. Gilardoni, . M., M. Reguzzoni & D. Sampietro. Using GOCE to Straighten and Sew European Local Geoids: Preliminary Study and First Results. IAG Symposia. Volume 141, pp 229–234, In Book: Gravity, Geoid and Height Systems
18. Milev, G., G. Valev, K. Vassileva. National Gravity System of Bulgaria and its Implementation. Balkan Peninsula monograph, Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology, No 5(80), 2006, 231-238
19. Moritz H. Geodetic Reference System 1980, Bulletin Geodesique, vol. 62 (2), 1992
20. Verfahren zur Höhenbestimmung im DHHN2016 Nivellement und GNSS – Verfahren. file:///C:/New%20folder/SAPOS_DHHN2016.pdf
21. <https://geodesy.science/item/regional-geoid-models/>.
22. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cadastre.bg/sites/default/files/documents/SavetPoGeodeziaKK/analiz_geoid_agkk.pdf – Доклад на работна група по задача 8. Определяне на прецизен геоид (квазигеоид) за територията на Р България към Съвета по геодезия, картография и кадастър 15.08.2014 г. Работна група: проф. д-р инж. Славейко Господинов доц. д-р инж. Елена Пенева-Златкова проф. дтн инж. Иван Георгиев кап. д-р инж. Георги Михайлов; 18.

АДРЕС НА АВТОРА

1. Чл.-кор. проф. д-р инж. Георги Милев
Институт за космически изследвания и технологии,
Българска академия на науките
Ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 1, София 1113, България
Тел. + 359 2 9794454
milev@vas.bg.

ПРЕИЗРАВНЕНИЕ НА ТРЕТАТА НИВЕЛАЦИЯ НА БЪЛГАРИЯ (1975-1984)

Доц. д-р инж. Васил Цветков, УАСГ

РЕЗЮМЕ

Основна цел на настоящото изследване е да представи една съвременна методика за изравнение на прецизни нивелачни мрежи, базирана на статистически закономерности и освободена от наследени от миналото стереотипи за натрупването на грешки в нивелачните измервания. Като изходни данни в изследването са използвани резултатите от Третата нивелация на Р. България /1975-1984/. Разгледан е алгоритъм състоящ се от три основни стъпки:

1. Селектиране на тези стойности между двете измервания на превишенията между крайните репери в нивелачните линии и тяхното средноаритметично, които минимализират несъвпаденията в нивелачните полигони.

2. Дефиниране на тежести за отделните превишения на основата на тяхното действително влияние върху точността на мрежата.

3. Финално изравнение на мрежата като свободна (без предварително дефиниран изходен репер), с използване на селектираните превишения от т.1 и тежестите от т.2.

Резултатите, получени при всяка една стъпка, са съпоставени помежду си и с резултатите получени при изравнение на мрежата по класически начин, използващ сведноаритметични стойности на измерените превишения в нивелачните линии и тежести обратно пропорционални на дължините на нивелачните линии. Анализът на получените резултати показва, че всяка една от стъпки 1-3 води до статистически значимо повишаване на точността на изравнение. Сигурността на изводите е с ниво на сигурност по-високо от 95%. Като най-важна стъпка в повишаване на точността на изравнение на мрежата може да се посочи, селектирането на входните данни за изравнение – т.1. Втора по значимост е стъпка 3. Прилагането на предложения алгоритъм води до получаване на средни квадратни грешки в изравнените височини на реперите в мрежата в диапазона 2.17 – 3.01 мм. За сравнение съответните средни квадратни грешки в изравнените височини на реперите в мрежата, получени при класическия подход на изравнение на прецизни нивелачни мрежи, са в диапазона 7.19 – 16.43 мм.

Ключови думи: геометрична нивелация, височинни системи, разлики в морски нива, изравнение.

READJUSTMENT OF THE THIRD LEVELLING OF BULGARIA (1975-1984)

Assoc. Prof. PhD Eng. Vasil Cvetkov, UACEG

SUMMARY

The primary objective of this study is to present a modern methodology for adjusting precise levelling networks, based on statistical principles and free from outdated stereotypes about the accumulation of errors in levelling measurements. The input data used in the study are results from the Third Levelling of the Republic of Bulgaria (1975–1984).

An algorithm consisting of three main steps is examined:

1. Selecting those values between the two measurements of height differences between the endpoints of levelling lines and their arithmetic mean that minimise closing errors in levelling loops.
2. Defining weights for the individual height differences based on their actual influence on the accuracy of the network.
3. Final adjustment of the network as a free network (without a predefined datum point), using the selected height differences from Step 1 and the weights from Step 2.

The results obtained at each step are compared both among themselves and with results from a classical adjustment approach, which uses the arithmetic mean of measured elevation differences in the lines and assigns weights inversely proportional to the lengths of the levelling lines.

The analysis reveals that each of Steps 1–3 results in a statistically significant improvement in adjustment accuracy. The confidence level of the conclusions exceeds 95%. The most critical step in improving adjustment accuracy is Step 1 – selecting the input data for adjustment. Step 3 ranks second in importance.

Applying the proposed algorithm results in root mean square errors in the adjusted benchmark heights ranging from 2.17 to 3.01 mm. For comparison, the corresponding RMS errors from the classical adjustment method range from 7.19 to 16.43 mm.

Keywords: geometric levelling, reference systems, ocean level differences, adjustment

1. INTRODUCTION

Precise geometric levelling is a fundamental method for establishing national and continental height networks of the highest class. As of now, Bulgaria has completed three measured and adjusted levelling cycles, and the final fourth cycle is nearing completion and adjustment. Typically, each cycle takes several years of intensive and monotonous fieldwork to carry out the levelling measurements. Achieving reliable results from levelling measurements depends not only on the methodology and precision of the measurements themselves but also on their subsequent processing. Recognizing the importance of this, the adjustment of Bulgaria's third levelling cycle (1975–1984) was performed in several versions - five different parametric adjustments and one conditional adjustment of the network as an independent system, using benchmark VNR 28 (Varna) as the origin [1]. The five parametric adjustments of the network mainly differ in the number of included polygons, the number of specified benchmarks, and the selection of those benchmarks [1]. In all adjustment variants of the network, formula (1) was used, where L is the length of the levelling line in km.

$$(1) P = 1/L$$

The achieved accuracy for 1 km of levelled distance after the network adjustment in the various versions ranges from ± 1.21 mm/km to ± 1.43 mm/km. The differences in the adjusted elevations of key benchmarks between the different versions vary from 2 to 12 mm [1]. However, nowhere in the work of Burilkov and Vuchkova is there any mention of the obtained mean square errors of the adjusted elevations of the key benchmarks in the network, some of which exceed ± 15 mm [4]. Despite this, the authors conclude that the best version of the network adjustment (as an independent network with the century fundamental benchmark CFB 28 in Varna) has established a modern, solid elevation base that spans the territory of the country. The experience gained from Bulgaria's Third Levelling has also served as the foundation for the two most recent national levelling guidelines [2], [3].

However, it should be noted that many of the specifications laid out in these guidelines [2, 3] do not align with the actual data from first-order levelling —both in Bulgaria and in other countries [5, 8, 9, 12, 13, 17, 19, 22] when processed using modern methods of mathematical statistics and probability theory. The most significant of these discrepancies are discussed below.

1.1. Heteroscedasticity problem or the relevance of the classical weights [1]

According to Kääriäinen [17, pp. 52], “the errors are divided into two classes, accidental and systematic, which are assumed to be independent of each other. The accidental errors are caused by sources that are independent in all successive observations and obey the laws of Gauss. The systematic errors are due to causes acting similarly on successive or adjacent levelling observations; these do not obey the laws of Gauss. They become accidental only for distances exceeding a certain limit Z of the order of several tens of kilometres. The total error is the combined influence of both types of error and is calculated for distances longer than the above limit as the quadratic sum of the accidental and systematic errors”. This popular belief about the accumulation of levelling uncertainties is widely used in many scientific studies [15-16, among others] where levelling data is processed.

However, some modern studies [5, 8-9, 19] reveal that do not support the above belief. According to [5], the coefficients of determination R^2 of the absolute closing errors $|W|$ concerning the loop circumferences L or the square root of the loop circumferences $L^{0.5}$ in the case of the Second Levelling of Bulgaria /1953-1957/, the Third Levelling of Bulgaria /1975-1984/, The Second Levelling of Finland /1935-1955/ [17], the Third Levelling of Finland /1978-2006/ [22], are 0.20, 0.12, 0.05 and 0.00, respectively. According to [19, Fig. 8], the correlation coefficient R between loop lengths and their absolute closing errors in the Fourth Precise Levelling Campaign of Poland /1999-2003/ is 0.12. This means that the determination coefficient $R^2 = 0.01$. Thus, in very few percentages, usually below 20%, the variance of $|W|$ can be explained by L or $L^{0.5}$. We have a similar situation according to the relationship between the absolute values of line discrepancies $|D|$ and L or $L^{0.5}$. The coefficients of determination of $|D|$ to $L^{0.5}$ are 0.54, 0.27, 0.36, 0.27, and 0.17, respectively for the Second Levelling of Bulgaria /1953-1957/, the Third Levelling of Bulgaria /1975-1984/, The Second Levelling of Finland /1935-1955/, the Third Levelling of Finland /1978-2006/, and the Fourth Precise Levelling Campaign of Poland /1999-2003/. The main reason for the low determination of $|W|$ and $|D|$ concerning L or $L^{0.5}$ is the presence of heteroscedasticity in this relationship. Fig. 1 illustrates this fact, referring to data from the Third Levelling of Bulgaria.

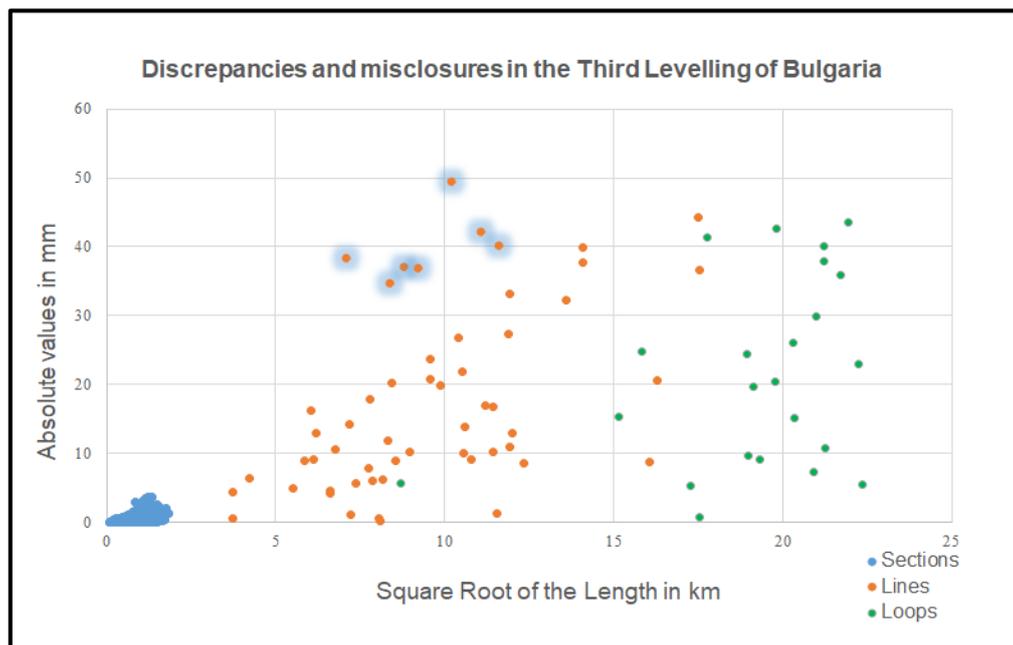


Fig. 1. Line discrepancies and closing errors in the Third Precise Levelling Network of Bulgaria /1975-1984/ [8].

Taking the above facts into account, the nonsense of the weights (1) is obvious. Thus, some more relevant weights of levelling measurements exist [5], [9], [13], [20], among others.

1.2. Initial adjustment data problem or the properties of the mean of two observations

Another major drawback of the classical adjustment method for precise levelling networks is the use of the arithmetic mean of the two measured height differences between the endpoints of a levelling line. Of course, suppose we assume that both measurements of each height difference follow the same distribution with a standard deviation of σ . In that case, the arithmetic mean of the two measurements will have a standard deviation of 0.707σ [12-13]. However, this fact by no means implies that the true error of the arithmetic mean of the two measurements is smaller than the true error of either individual measurement. In reality, the probability that the true error of the arithmetic mean of two random observations is smaller than the true errors of both observations converges to 33% if the distribution of the observations is uniform. In the case of normally distributed observations, this probability is even lower, under 30% [10 –13]. Fig. 2 illustrates this point using the closing errors in the loops from Bulgaria's Third Levelling.

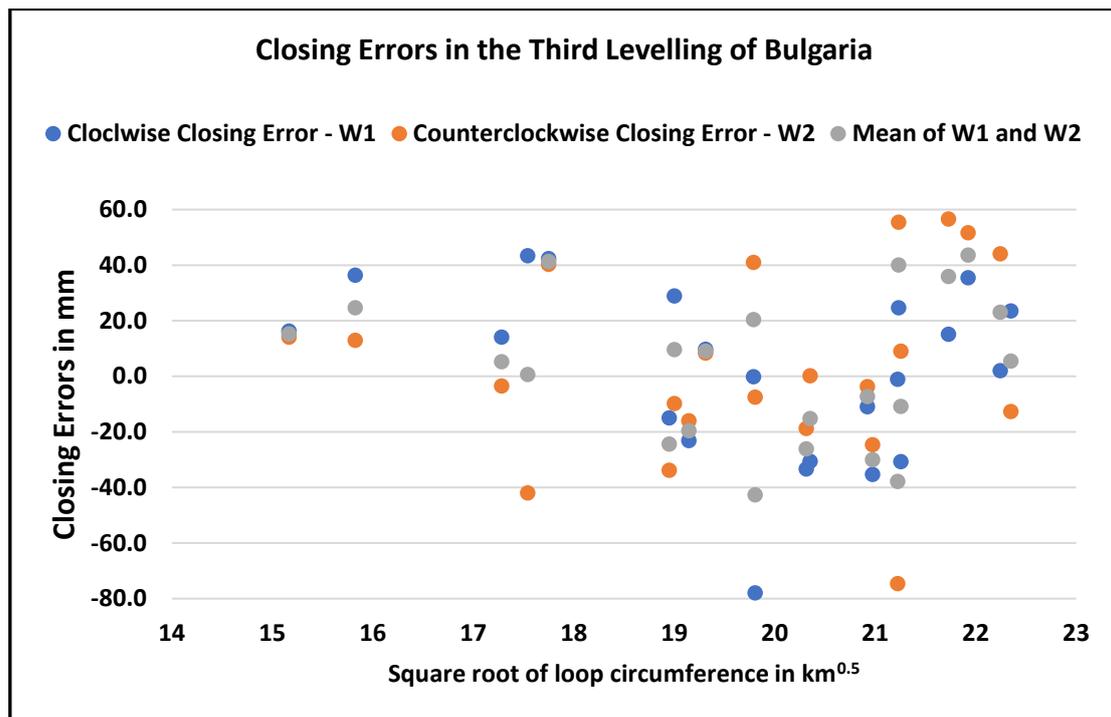


Fig. 2. Closing errors in the Third Precise Levelling Network of Bulgaria /1975-1984/ [8].

Therefore, the use of the classical adjustment approach, which relies on arithmetic means of elevation differences in levelling lines, constitutes a systematic error in processing the available data. Instead of improving the final results of the adjustment, it worsens them, both in terms of accuracy and reliability.

1.3. The choice of a datum point

Investigations into the geodetic network adjustment problem [18-20, among others] have shown that some parameters estimated using the Gauss–Markov model are invariant considering the choice of datum point. These include the a posteriori variance factor (σ^2), the adjusted observations (l'), and the corrections (v) to the original observations (l). However, other crucial parameters, such as the cofactor matrix of the adjusted coordinates and/or heights ($Q_{\hat{x}}$), do depend on the datum. As a result, the standard errors of any quantities derived from the benchmark uncertainties (e.g., vertical and horizontal displacements, geoid or quasi-geoid determinations) are also affected. Therefore, selecting an appropriate datum point in national reference systems should not be based solely on the assumed stability of the point, but also on its location within the network. The impact of the datum point on the benchmark uncertainties, considering the Second Levelling of Bulgaria [14], is shown in Fig. 3.

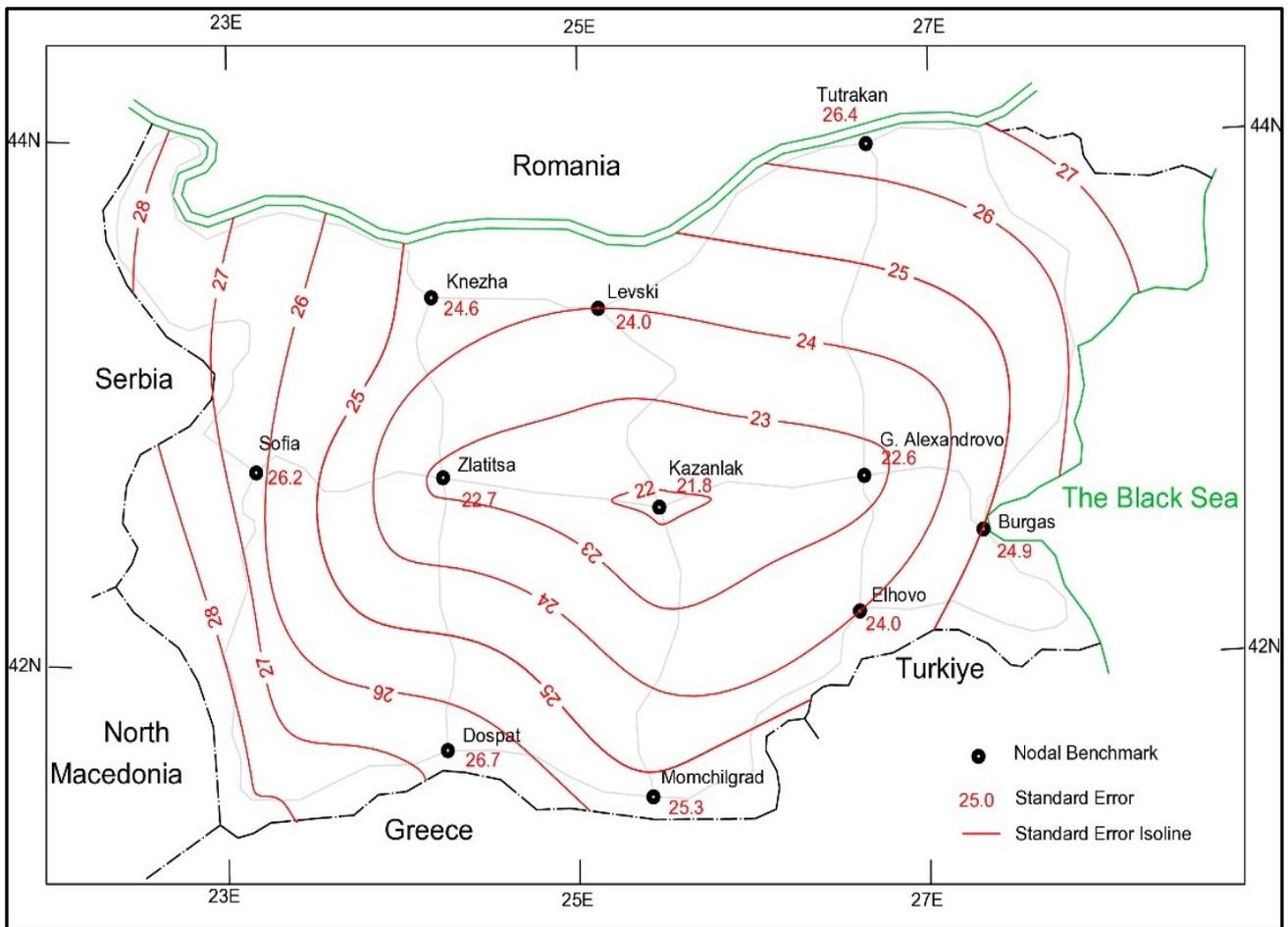


Fig. 3. Benchmark mean standard errors in the Second Levelling of Bulgaria regarding datum points.

According to Fig. 3, the least mean of the benchmark standard errors can be obtained when the datum point is located in the benchmark mass centre. The farther the datum point is from the benchmark mass centre, the greater the uncertainty in the benchmark heights.

According to many Bulgarian researchers [1, 4, 16, among others], the most suitable datum point in the Bulgarian Levelling Networks - namely the First (1920–1930), Second (1953 – 1957), and Third (1975 – 1984) is considered to be the century fundamental benchmark CFBM 28 in Varna. However, given that this benchmark is situated at the periphery of the network, its use as a datum may not be ideal. Moreover, GNSS data from the IGS14 reference point VARN, located at the Public Astronomical Observatory & Planetarium “Nicolaus Copernicus,” indicate a subsidence rate of -1.9 ± 0.86 mm/year over the years [21]. Therefore, the arguments that support the stability of CFBM 28 in [1] seem suspicious based on the given accuracy of the Second and Third Levelling of Bulgaria. This topic needs additional investigation.

1.4. Objectives of the research

Taking all things together, the primary objective of this study is to present a modern methodology for adjusting precise levelling networks, based on statistical principles and free from outdated stereotypes about the accumulation of errors in levelling measurements. The secondary aims of the research are to estimate, compare, and evaluate the impact of:

- Used weights;
- Selection of the most appropriate line height differences;
- The usage of the virtual datum point in the benchmark mass centre by adjustment of the network of the Third Levelling of Bulgaria as a free network.

2. DATA AND THEIR PROCESSING

2.1. Used data

In this study, we use the height differences obtained in the upward direction, downward direction, and their averages from Bulgaria's Third Levelling, corrected only by the average lath meter corrections. The data used is given in Table 1. The configuration of the network is presented by Fig. 4.

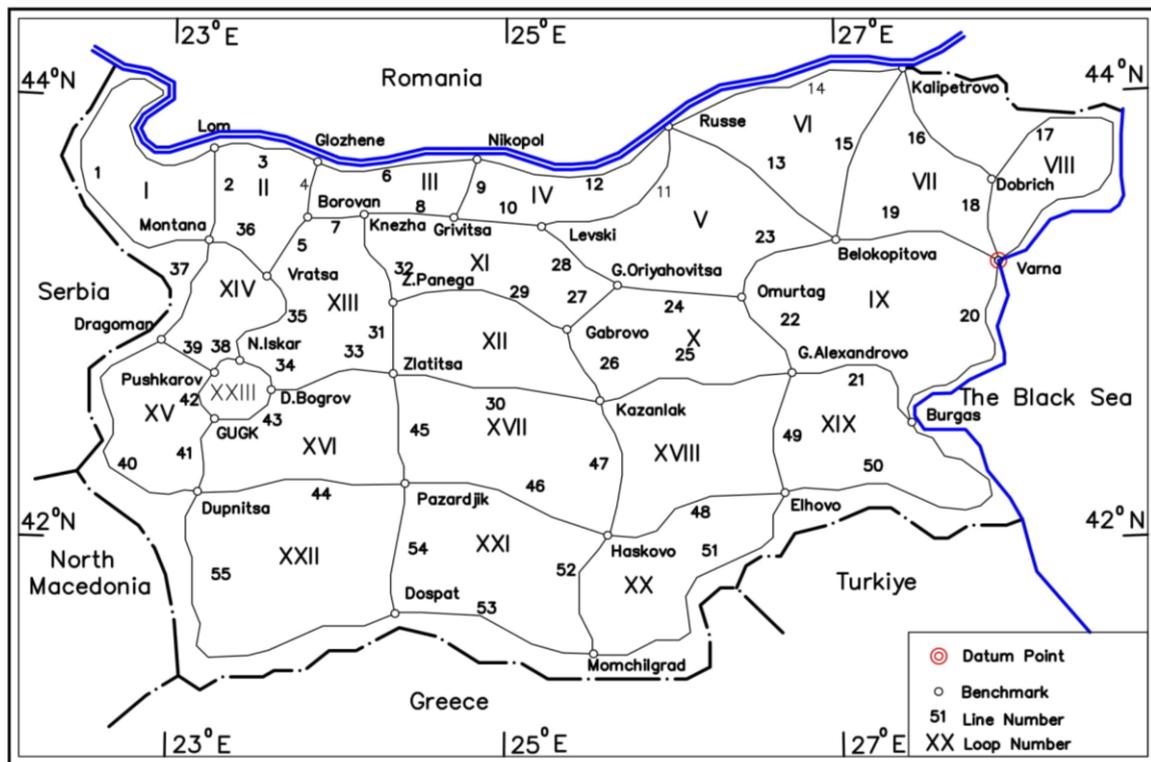


Fig. 4. The Third Precise Levelling Network of Bulgaria /1975-1984/.

Table 1. Height differences between the line terminal benchmarks obtained in both directions, their average, and the line lengths.

Line	From	To	Line Height Differences in m			Length in km
			I	II	Average	
1	Lom	Montana	111.52062	111.47631	111.49847	306.689
2	Lom	Montana	111.49172	111.48604	111.48888	54.363
3	Lom	Glozhene	24.42325	24.41534	24.41930	60.176
4	Glozhene	Borovan	122.24869	122.23964	122.24417	37.466
5	Vratsa	Borovan	-197.74803	-197.75696	-197.75250	34.281
6	Glozhene	Nikopol	126.99003	126.97325	126.98164	130.859
7	Borovan	Knezha	-19.25104	-19.26724	-19.25914	36.598
8	Knezha	Grivitsa	111.99559	112.00188	111.99874	66.485
9	Nikopol	Grivitsa	88.04556	88.04130	88.04343	43.655
10	Grivitsa	Levski	-202.92906	-202.93962	-202.93434	45.824
11	Levski	Ruse	89.29772	89.28072	89.28922	125.416
12	Nikopol	Ruse	-25.57087	-25.58375	-25.57731	144.178
13	Ruse	Belokopitovo	39.13892	39.12898	39.13395	111.783
14	Ruse	Kalipetrovo	-29.45748	-29.44651	-29.45200	142.06

Line	From	To	Line Height Differences in m			Length in km L
			I	II	Average	
15	Kalipetrovo	Belokopitovo	68.57324	68.55945	68.56634	112.675
16	Kalipetrovo	Dobrich	96.27144	96.25150	96.26147	97.646
17	Dobrich	Varna	-161.13759	-161.17537	-161.15648	198.675
18	Dobrich	Varna	-161.17403	-161.18833	-161.18118	51.728
19	Belokopitovo	Varna	-133.46611	-133.48792	-133.47702	110.846
20	Varna	Burgas	17.06735	17.07590	17.07162	151.93
21	G. Alexandrovo	Burgas	-97.09100	-97.12809	-97.10955	76.815
22	Omurtag	G. Alexandrovo	-382.91252	-382.92276	-382.91764	80.565
23	Omurtag	Belokopitovo	-363.56926	-363.58715	-363.57821	60.478
24	G.Oriahovitsa	Omurtag	455.55824	455.52130	455.53977	84.668
25	Kazanlak	G. Alexandrovo	-196.85474	-196.89499	-196.87487	134.099
26	Gabrovo	Kazanlak	-13.12957	-13.16793	-13.14875	50.101
27	G.Oriahovitsa	Gabrovo	282.66062	282.66120	282.66091	64.764
28	Levski	G.Oriahovitsa	36.47838	36.46646	36.47242	69.49
29	Zl. Panega	Gabrovo	193.89740	193.87004	193.88372	141.06
30	Zlatitsa	Kazanlak	-333.53917	-333.52897	-333.53407	130.5
31	Zl. Panega	Zlatitsa	514.30682	514.27210	514.28946	69.955
32	Knezha	Zl. Panega	34.34341	34.34450	34.34396	52.317
33	Dolni Bogrov	Zlatitsa	179.01168	179.00282	179.00725	72.87
34	Novi Iskar	Dolni Bogrov	20.16593	20.15960	20.16277	17.76
35	Vratsa	Novi Iskar	132.39569	132.42255	132.40912	108.49

Table 2. Height differences between the line terminal benchmarks obtained in both directions, their average, and the line lengths.

Line	From	To	Line Height Differences in m			Length in km L
			I	II	Average	
36	Montana	Vratsa	232.94459	232.94003	232.94231	43.67
37	Montana	Dragoman	593.31526	593.26565	593.29046	103.297
38	Pushkarov	Novi Iskar	-42.49799	-42.49855	-42.49827	13.94
39	Dragoman	Pushkarov	-185.43359	-185.44650	-185.44005	38.292
40	Dupnitsa	Dragoman	227.36161	227.39380	227.37771	184.795
41	GUGK	Dupnitsa	-96.34899	-96.35507	-96.35203	61.837
42	GUGK	Pushkarov	-54.40690	-54.41120	-54.40905	13.795
43	Dolni Bogrov	GUGK	76.74142	76.73642	76.73892	30.421
44	Dupnitsa	Pazardjik	-306.40217	-306.43533	-306.41875	142.167
45	Zlatitsa	Pazardjik	-505.05481	-505.07559	-505.06520	91.615
46	Pazardjik	Haskovo	24.58289	24.58156	24.58223	133.75
47	Kazanlak	Haskovo	-146.91755	-146.90844	-146.91300	116.276
48	Haskovo	Elhovo	-110.58370	-110.62596	-110.60483	122.053
49	Elhovo	G. Alexandrovo	60.63556	60.63576	60.63566	65.309
50	Burgas	Elhovo	36.45438	36.41771	36.43604	308.26
51	Momchilgrad	Elhovo	-146.17830	-146.16964	-146.17397	257.857
52	Haskovo	Momchilgrad	35.61933	35.59911	35.60922	70.99

Line	From	To	Line Height Differences in m			Length in km
			I	II	Average	
53	Dospat	Momchilgrad	-981.74260	-981.78257	-981.76259	198.21
54	Pazardjik	Dospat	1041.94281	1041.91917	1041.93099	91.837
55	Dupnitsa	Dospat	735.51710	735.49646	735.50678	265.552

Note: The height differences contain only the lath meter corrections. The bolded values are selected line height differences that minimise the loop closing errors.

2.2. Data processing

2.2.1. Selecting these values of the height differences between line terminal benchmarks that minimise the closing errors in the network loops by a greedy algorithm. The algorithm is copyrighted and therefore will not be disclosed here. One can use the bolded values in Table 1 to check the results presented below.

2.2.2. Applying the procedure given in the study [20] for calculation of assumption-free weights, mentioned below also as non-parametric weights, following the steps:

2.2.2.1. We readjusted the Bulgarian Second Levelling network 55 times, each time removing a different levelling line.

2.2.2.2. Based on the remaining 54 lines, we adjusted the network and summed the standard errors of the adjusted benchmark heights. If a line deteriorates the network accuracy, it is normal for its skip to produce a smaller sum of the nodal benchmarks' standard errors. Therefore, the smaller the sum of the nodal benchmarks' standard errors, the less weight the line has. Since the number of levelling lines is the same for each independent adjustment, we can use the average of the nodal benchmarks' standard errors (ASE) in each adjustment instead of their sums.

2.2.2.3. When we obtain 55 ASE, we can calculate their average ASE_{MEAN} .

2.2.2.4. Now we can calculate the weights w_{L_i} for each levelling line i by equation (2).

$$(2) \quad w_{L_i} = (ASE_i / ASE_{MEAN})^2$$

2.2.3. Adjustment of the network as a free with the use of the selected height differences of each line and assumption-free weights (2).

3. RESULTS

Fig. 5 evaluates the accuracy through the separate steps and compares the classical variant of the adjustment with different steps defined in section 2.2. (Data processing).

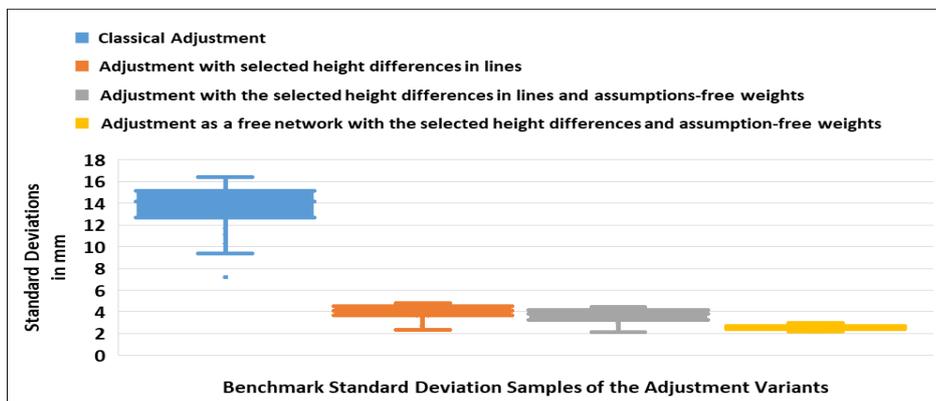


Fig. 5. Samples of benchmark standard deviations, obtained in the different adjustment variants.

Fig. 6 compares the classical variant of the adjustment with the proposed adjustment method in section 2.2. (Data processing).

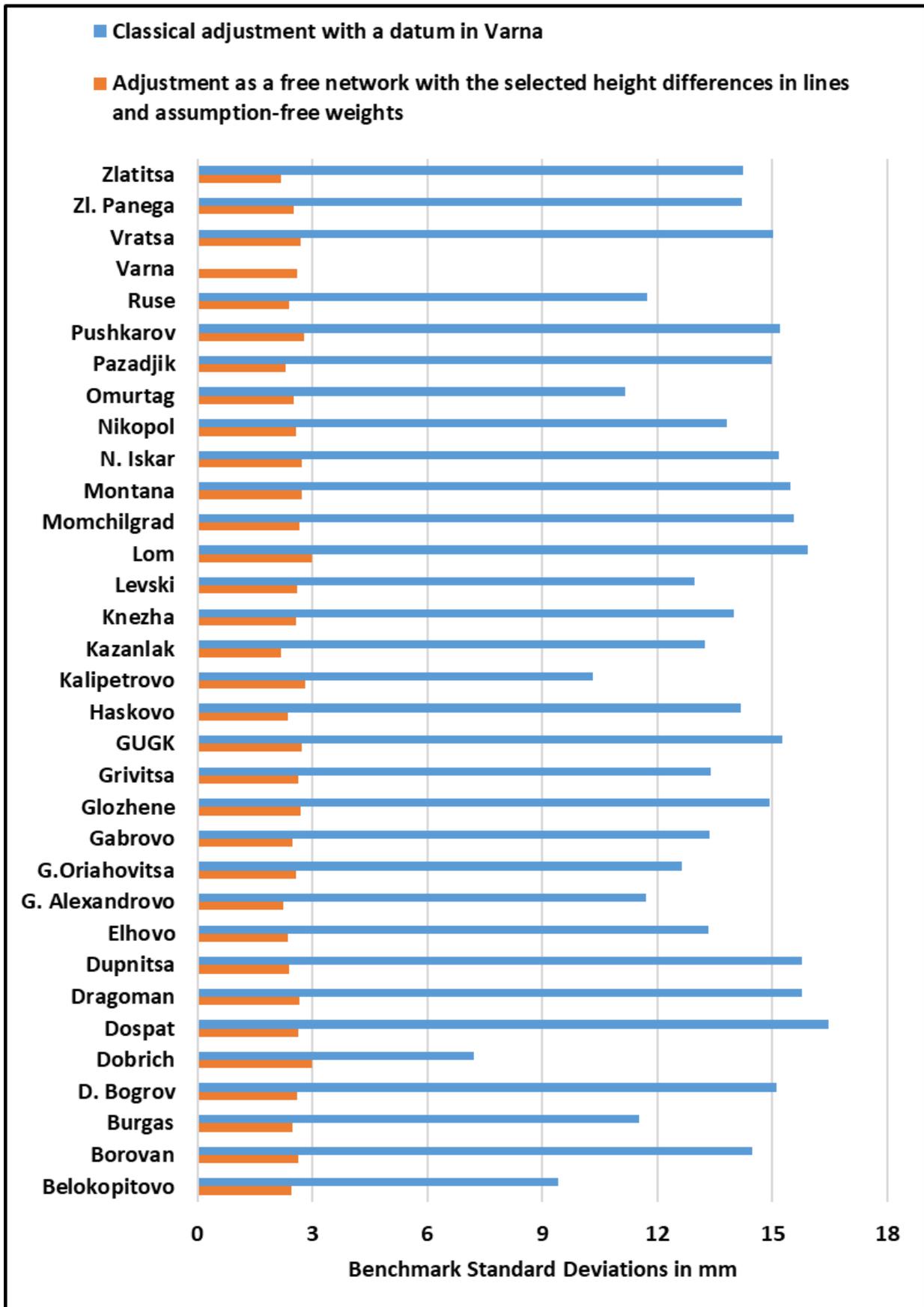


Fig. 6. Comparison between classical adjustment and the adjustment as a free network with selected line height differences and assumption-free weights.

Fig. 5 and 6 show that the adjustment method proposed in Section 2.2 (Data Processing) outperformed the classical approach, which used mean line height differences and weights as defined in equation (1).

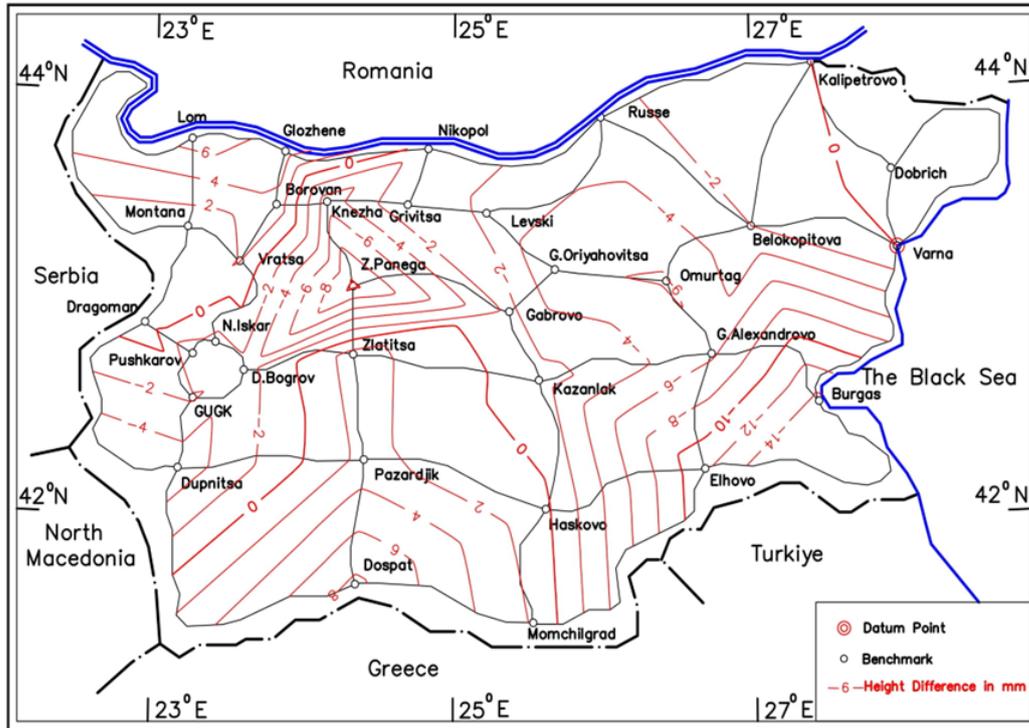


Fig. 7. Differences in the adjusted benchmark heights in mm (between the classical and the proposed approach results).

4. DISCUSSION

In the present study, the raw data from the Third Levelling of Bulgaria were used. The only correction applied to the measurements is the correction for the lath meter correction. The measurements were not corrected for normal corrections, refraction and magnetism, tidal effects, recent vertical movements of the Earth's crust, seasonal fluctuations of benchmarks, etc. Nevertheless, the calculated a posteriori mean square error for 1 km of levelling obtained after network adjustment is 1.21 mm/km, which is also the lowest value among the cited a posteriori mean square errors from various adjustment variants described in [1]. This fact alone raises questions about the quality of the normal corrections applied in the official version of the adjustment, given that they do not improve the accuracy of the network.

However, the goal of our study is an adjustment algorithm for the first-order levelling network of our country. As seen in Fig. 5, the classical variant of network adjustment—conducted as an independent network with datum point in Varna as the origin and using the arithmetic mean values from the two measurements of height differences in the lines and weights (1)—yields significantly worse results compared to the adjustments of the network carried out in the individual steps of the algorithm described in Section 2.2. A visual comparison of the boxplots of the sample root mean square errors of the adjusted heights at nodal benchmarks leads to the following conclusions:

- The most significant improvement in the quality of network adjustment comes from selecting those values of the measured height differences in the levelling lines that minimise discrepancies in levelling polygons. This step reduces the values of root mean square errors in the network by an average of 3.5 times compared to the classical approach. This finding is in full agreement with the conclusions made in [10-11].
- The adjustment using weights (2), based on the actual influence of the individually selected height differences in the levelling lines, slightly improves the results obtained in the previous step. Of course, further improvement could be achieved using iterative adjustments such as IDW(p) or IAHW(p)

described in [5]. The overall improvement in network accuracy resulting from the adjustment using both selected height differences and weights (2) compared to the classical adjustment is about 3.8 times.

▪ Adjusting the network as a free network (without a fixed benchmark), using the selected height differences (bold values in Table 1) and weights (2), led to an average increase in network accuracy of about 5.3 times compared to the classical adjustment. Therefore, adjustment of the network as a free network can be considered the second most important factor among those compared in this article. This final adjustment variant resulted in root mean square errors ranging from 2.17 mm to 3.01 mm, with an average of 2.57 mm. A graphical comparison of the results obtained in this adjustment step and the classical network adjustment can be seen in Fig. 6.

Analysing Fig. 7 shows that the differences in adjusted elevations of the key benchmarks between the classical adjustment and the presented method range from +6 to -14 mm, which is approximately equal to the arithmetic value of the root mean square errors of the adjusted benchmark heights obtained through the classical approach. The isolines of these differences show depressions and peaks near certain benchmarks, such as Zlatna Panega, Dospat, Elhovo, and Burgas, which indicates that using arithmetic mean values of height differences in adjacent lines may include extreme values from one of the two measurements. However, this issue requires further investigation.

5. CONCLUSION

The main objective of this study was to present a modernised algorithm for the adjustment of levelling networks of the highest class, one that is free from outdated notions about error accumulation in levelling, which are based on vague and contradictory assumptions not supported by modern statistical methods and probability theory. Applying the presented algorithm to data from the Third Levelling of Bulgaria (1975–1984) led to a significant improvement in network adjustment accuracy, with root mean square errors of the adjusted heights of nodal benchmarks being less than 3 mm. This demonstrates that, as of today, the accuracy of precise geometric levelling is several times higher—and still unmatched—by other methods [6, 18, 21] used for defining national and continental height systems. The results also indicate the need to reassess and revise a substantial portion of the existing levelling specifications and instructions [3], particularly those related to execution methodology, setting tolerances for discrepancies between individual measurements, evaluating accuracy, and the method for processing levelling data. A reevaluation is also necessary for the global impact of various systematic factors that introduce errors into levelling measurements.

6. REFERENCES

1. Бурилков, Т., Вучкова, Р. Изравнение на новата нивелачна мрежа I клас на ХР България. Геодезия, картография и земеустройство. 1986, 4, 7-9
2. Инструкция за прецизна нивелация I и II клас. ГУГК. 1980. София
3. Инструкция No. РД-02-20-1, от 15 януари 2021, за създаване и поддържане на националната нивелачна мрежа. МРРБ. 2021
4. Найденов, Хр. Някои съображения по нивелацията I клас на НР България. Геодезия, картография, кадастър. 1988, 6, 13-20
5. Цветков, В. Изравнение на прецизни нивелачни мрежи. Монография. София. 2024
6. Borowski, L., P. Banasik, P. and K. Application of GNSS-levelling for updating the base vertical network. *Journal of Applied Geodesy*. 2025. <https://doi.org/10.1515/jag-2024-0096> (Accessed 30.06.2025)
7. Caspary, W. F. Concepts of Network and Deformation Analysis. Monograph 11. Third Edition. School of Geomatic Engineering. The University of New South Wales. Australia. 2000
8. Cvetkov, V. Discrepancies and misclosures in the Third Levelling of Bulgaria. *Annual of the University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy*. Sofia. 2022, 55(1), 195-201
9. Cvetkov, V. Two adjustments of the second levelling of Finland by using nonconventional weights. *Journal of Geodetic Science*. 2023. 13:(1). <https://doi.org/10.1515/jogs-2022-0148> (Accessed 30.06.2025)

10. Cvetkov, V. Averages, entropy and observations. *Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft*. 2024, 93, 52–57
11. Cvetkov, V. Entropy, observations and some standard deviations. *Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft*. 2024, 94, 13–18
12. Cvetkov, V. On initial data in adjustments of the geometric levelling networks (on the mean of paired observations). *Journal of Geodetic Science*. 2024, 14(1). <https://doi.org/10.1515/jogs-2022-0170> (Accessed 30.06.2025)
13. Cvetkov, V. Geometric Levelling Data and Some Systematic Faults in Their Treatment. *Inżynieria Mineralna - Journal of the Polish Mineral Engineering Society*. 2024, 1(1), 293–300. <https://doi.org/10.29227/IM-2024-01-32> (Accessed 30.06.2025)
14. Cvetkov, V. and C. Mikrenska. How does the datum point location affect the accuracy of the adjusted benchmark heights in a precise levelling network?. *Proceedings of 25th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2025*. (in press)
15. Gerlach, C. and R. Rummel. Benefit of classical levelling for geoid-based vertical reference frames. *J Geod*. 2024, 98, 64. <https://doi.org/10.1007/s00190-024-01849-y> (Accessed 30.06.2025)
16. Gospodinov, S., E. Peneva and P. Penev. A specific approach to least squares adjustment of the state levelling network. *22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022*. Albena. Bulgaria. 2022. <https://doi.org/10.5593/sgem2022/2.1/s09.20> (Accessed 30.06.2025)
17. Kääriäinen, E. The Second Levelling of Finland in 1935–1955. *Publications of the Finnish Geodetic Institute No. 61*. 1966. Helsinki
18. Kurtz, B., D. Gómez and M. Bevis. Characterization of the precision of PPP solutions as a function of latitude and session length. *Journal of Geodetic Science*. 2024, 14(1), 20220176. DOI: 10.1515/jogs-2022-0176.
19. Lyszkowicz, A. and M. Leonczyk. The Fourth Precise Levelling Campaign of Poland in 1999–2003. *Promoting Land Administration and Good Governance*. 5th FIG Regional Conference Accra, Ghana. 8-11 March 2006
20. Mikrenska, C. and V. Cvetkov. An adjustment of precise levelling network by error factor assumption-free weights. *Proceedings of 25th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2025*. (in press)
21. Nevada Geodetic Laboratory GPS Networks Map. <https://geodesy.unr.edu/NGLStationPages/gpsnetmap/GPSNetMap.html> (Accessed 06.05.2025)
22. Saaranen, V. et al. The Third Precise Levelling of Finland. *FGI Publications No. 161*. Kirkkonummi. 2021
23. Setan, H. and R. Singh. Deformation Analysis of a Geodetic Monitoring Network. *Geomatica*. 2001, 55, 3, 333-346. <https://doi.org/10.5623/geomat-2001-0039> (Accessed 30.06.2025).

ADDRESS OF THE AUTHOR

1. Assoc. Prof. PhD Eng. Vasil Cvetkov
 University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy
 Sofia 1164, 1 Hristo Smirnenski Blvd.
 +359 898 234 682
 tzvetkov_fgs@uacg.bg.

**МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА НА СТАБИЛНОСТТА НА ЗЕМНАТА КОРА В РАЙОНА НА
АНТИЧЕН КАМЕНЕН КОМПЛЕКС ПЕРПЕРИКОН**

Проф. дн. инж. Мила Атанасова-Златарева, НИГГГ-БАН

РЕЗЮМЕ

В настоящото изследване използваме SAR данни с отворен код, получени от спътникови наблюдения по програмата Copernicus (CLMS), предоставени от Европейската служба за движение на земята (European Ground Motion Service EGMS). Обект на изследване е Археологическият комплекс Перперикон. Приложението на MT-SAR метода за анализ и изследване на геодинамичните процеси в района е много подходящо, тъй като скалният комплекс, разположен на открито е почистван и поддържан без растителност, а скалите имат ролята на естествени отражатели. Така получените резултати са с висока стойност на кохерентност и висока точност. За времеви интервал от 5 години (2019-2024) е извършен мониторинг на геодинамичните процеси за територията обхващаща четирите части на комплекса: крепостта – Акропол, Дворец-светилище, Североизточно и Южно подградие. Приложението на InSAR технологията даде възможност за създаване на пълна картина за случващите се геопроцеси на територията на Археологическият комплекс Перперикон. Районът е стабилен и не са открити силни деформационни процеси.

Ключови думи: InSAR, EGMS, мониторинг, геодинамични процеси, Археологически комплекс Перперикон

**MONITORING AND estimation OF THE STABILITY OF THE EARTH'S CRUST IN THE
AREA On THE ANCIENT STONE COMPLEX OF PERPERIKON**

Prof. DSc. Mila Atanasova-Zlatareva, NIGGG-BAS

SUMMARY

In this study, the author use open-source SAR data obtained from satellite observations under the Copernicus program (CLMS), provided by the European Ground Motion Service EGMS. The object of this study is the Perperikon Archaeological Complex. The application of the MT-SAR method for the analyzing and investigating geodynamic processes in the area is very appropriate, since the rock complex, located in the open air, is cleaned and maintained without vegetation and the rocks act as natural reflectors. The obtained results demonstrate high coherence values and accuracy. For a time interval of 5 years (2019-2024), have carried out monitoring of geodynamic processes for the territory covering the four parts of the complex: the fortress - Acropolis, Palace-sanctuary, North-Eastern and Southern Suburbs. The application of InSAR technology made it possible to create a complete picture of the geoprocesses occurring on the territory of the Perperikon Archaeological Complex. The area is stable and no strong deformation processes have been detected.

Keywords: InSAR, EGMS, monitoring, geodynamic processes, Archaeological Complex Perperikon

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящото изследване се използват данни предоставени от Европейската служба за движение на земята (EGMS) за мониторинг на земни движения на територията на Археологическия комплекс Перперикон.

Европейската служба за мониторинг на движението на земята (EGMS) е първата континентална услуга за мониторинг на движението на земната кора базирана на SAR данни, като последната актуализация обхваща периода 2019-2023 г. [13]. Услугата предоставя информация за естествените и антропогенните движения на земната кора, върху териториите на страните участващи в програмата „Коперник“ с милиметрова точност. EGMS предлага възможност за изучаване на геоложки опасности и бавно движещи се процеси, като свлачища, явления на потъване, свързани с експлоатацията или минното дело на подземните води, предизвикани от човека деформации и деформации, свързани с вулканична и сеизмотектонична активност [10], [11].

За да се оцени деформацията на земната повърхост и въздействието върху критичната инфраструктура в регионалната Превеза-Гърция в [8] интегрират данните от Европейската служба за движение на земята (EGMS) и геопространствените данни.

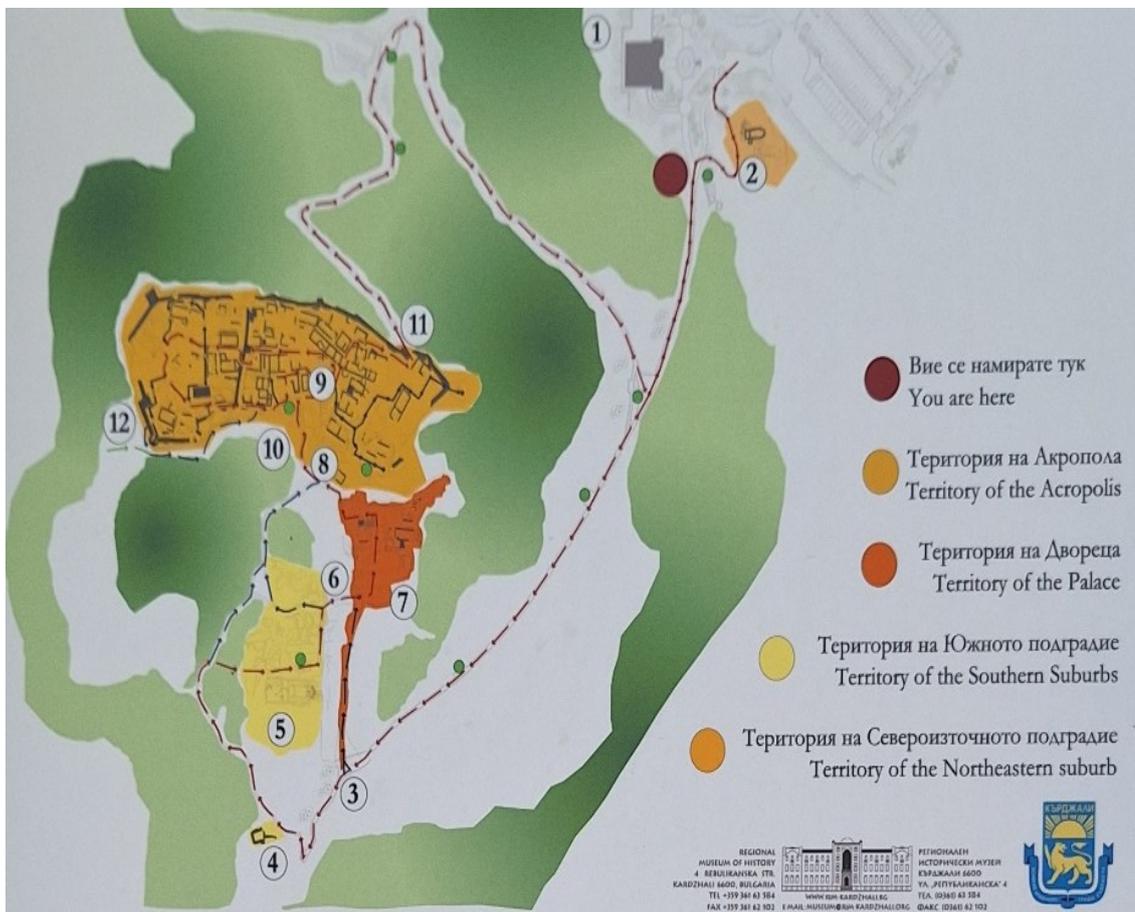
InSAR метода е използван за изследване на земни деформации в района на археологическия обект Солницата-Провадия [20]. В [9] е представено приложение на EGMS данните за изследване на динамиката на същия културен паметник Солницата-Провадия.

През последните няколко години прилагането на EGMS данни намира често приложение за наблюдения на археологични и културни паметници. В [7] се изучава археологическа структура - Аквариумът Ламбуса, издълбана изцяло в скална основа, която може да бъде разпозната и измерена с помощта на данни от дистанционно наблюдение. Данните за движението на земната кора от EGMS са използвани за изследване територията на района Пафос- Западен Кипър, където се намират голям брой древни паметници и археологически обекти [6].

Обектите на културното наследство често са изложени на природни бедствия и тяхното излагане става особено несигурно с изменението на климата. Те стават уязвими и по този начин са изложени на риск от влошаване или пълно унищожение. Рискове като деформация на земята, наводнения, дъждове и ерозия значително заплашват историческите паметници. Възможни са настъпване на изменения в структурите, повлияни както от изменението на климата, така и от човешка дейност, които представляват особено сериозен риск за историческите безценни обекти. Значителни изследователски усилия са насочени към опазването на обектите на културното наследство [17]. В [17] се предлага методологична рамка за справяне с рисковете от изменението на климата и природните бедствия, заплашващи културното наследство, по най-ефективния възможен начин.

2. ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Източните Родопи са район с изключително богатство на скални паметници, които са важна част от културното и природно наследство на България, за това са обект на научни изследвания и създаване на методика за оценка на геоложките рискове, които застрашават скалните културни паметници в Източните Родопи [18].



1. Информационен център; 2. Средновековна църква и некропол; 3. Подход към свещения поход; 4. Водохранилище (ниефеум); 5. Трикорабна базилика; 6. Скален подход към Двореца; 7. Дворец светилище; 8. Храм Тракийския конник; 9. Акропол; 10. Южна порта; 11. Северна порт; 12. Западна порта.

Фиг. 1. Информационно табло локализирано на входа на Археологически комплекс Перперикон

Каменният археологически паметник Перперикон е скален масив в Източните Родопите, за който се смята, че възниква преди около 8000 години [2]. Мащабните разкопки, разкриват Двореца, Акропола и други археологични обекти, непознати на обществото (фиг. 1). Най-ранните следи от човешко присъствие на скалистия хълм датират от края на VI в. и началото на V в. преди Хр.. Скалния масив се превръща в мащабен култов комплекс в периода XVII - XII в. преди Хр.. През къснобронзовата епоха Перперикон се превърнал в грандиозно светилище. Предполага се, че точно в Перперикон се е намирало прочутото светилище на бог Дионис. Перперикон се състои от четири части: мощна крепост – Акропол, Дворец-светилище, който е непосредствено до Акропола от югоизток, Североизточно и Южно подградие. По хълмовете са построени много храмове и постройки. Издълбани са широки улици. На всяка улица са запазени останки от къщи, изсечени в самия камък. В източната част на Акропола е изсечена огромна Базилика. Базиликата най-вероятно е била древен храм, а по време на християнството се е превърнала в църква. От базиликата към вътрешността на Акропола води покрита колонада, портик, чиито колони са оцелели до днес [2].



Фиг. 2. Античния каменен комплекс Перперикон, снимки личен архив май 2024г.

Двореца в Перперикон е с внушителните размери за античността, най-вероятно е бил храмов комплекс, посветен на бог Дионис. В центъра му се намира тридесетметрова церемониална зала, която е служела за извършване на ритуали и обреди. Забележителен обект в Двореца е масивен каменен трон. Под тухления под на всяко помещение има хиляди канали за оттичане на дъждовната вода – нещо, което подсказва, че е създадена една блестяща за

времето си канализационна система. Дворецът е заобиколен с огромна крепостна стена, която е свързана с Акропола и заедно оформят уникален ансамбъл обществото (фиг. 2) [2].

За да бъде съхранен и запазен за бъдещите поколения този уникален античен комплекс, изложен на открито е необходимо да се извършват постоянни наблюдения за възникване на деформационни процеси, вследствие на настъпилите промени от метеорологични и климатични фактори след разкриването му, които да доведат до изменения в каменните структури. При мониторинга са включени териториите на Акропола (фиг. 1 отбелязана с оранжев цвят), Дворец-светилище (червен цвят), Североизточно (оранжев цвят) и Южно (жълт цвят) подградие.

3. МЕТОД И ДАННИ

Интерферометрията е техника, която позволява да се получат топографска и кинематична информация за земната повърхност от анализа на фазовата разлика на различни SAR изображения. Фазата на сигнала се определя от разстоянието между сензора и целта, като по този начин предоставя информация за относителната позиция на целта спрямо сателита. Интерферометричен анализ на SAR изображения от един и същи географски регион, събрани по различно време (InSAR) е разработен за измерване на височините за релефа, като по този начин създава цифрови височинни модели на сканираната/заснетата площ. Като по-нататъшно развитие тази техника е разширена до оценка на повърхностно преместване. Това разширение се нарича диференциална InSAR (DInSAR), тъй като разглежда разликите на интерферограмите, където приносът, дължащ се на топографията (известна от цифров модел на релефа или изчислен) се компенсира, за да се получат само компонентите, породени от деформацията. Първоначално DInSAR е използван за изследване на единични събития на премествания на земната повърхност чрез анализиране на две получени SAR изображения при различни преминавания на спътника и създаване на карти на повърхностната деформация, възникващи между двете придобивания (интерферометрия с многократно преминаване). Мултitemпорални или мулти-интерферограмни InSAR техники позволяват да се оцени времева серия от карти на преместванията на повърхността чрез анализиране на набор от SAR изображения на същия географски регион, събрани за определен период от време.

Европейската служба за движение на земята (EGMS) е компонент на услугата за мониторинг на земята по програмата Copernicus (CLMS) [13]. EGMS предоставя последователна, редовна, стандартизирана, хармонизирана и надеждна информация относно природните и антропогенните явления на движение на земята над участващите държави по програмата Copernicus и през националните граници, с милиметрова точност.

EGMS Calibrated се визуализира като векторна карта на точките на измерване, цветово кодирани по средна скорост. Всяка точка е свързана с времева серия от изместване, т.е. графика със стойности на изместване за всяко заснемане на спътника. Продуктът се генерира както за възходящи, така и за низходящи орбити [13]. Този продукт се счита за основен продукт на EGMS, тъй като точките на измерване са свързани с модел, получен от данни от глобалната навигационна спътникова система (GNSS). По този начин измерванията вече не са относителни и се считат за абсолютни. Калибрираният продукт позволява сравняване на измерванията на движението на земята от съседни области, принадлежащи към различни продукти от едно и също ниво [13].

EGMS е проектиран да предоставя продукти за мониторинг на деформации в рамките на строго дефинирана и точна геодезическа система. Използвайки синергичните възможности на InSAR и GNSS, EGMS предоставя локални измервания с висока резолюция в широк пространствен мащаб [16].

Тази интеграция е от решаващо значение за получаването на точни измервания на деформации в цяла Европа, като се преодоляват ограниченията, породени от рядкото разпределение на перманентните GNSS станции, които обикновено са разположени на разстояние 50-60 километра една от друга. InSAR предлага подробни измервания в локален мащаб (до десетки километри), които са относителни спрямо специфични пространствени референции, докато GNSS предоставя абсолютни пространствени данни в по-големи обхвати. Стратегическата комбинация от тези технологии значително подобрява способността на EGMS да предоставя точни продукти за деформация на земята в широк географски мащаб. Използва се мрежов GNSS модел за калибриране на InSAR данните [16].

За да се установи надеждна, паневропейска калибровъчна референтна стойност за InSAR данни, е наложителна строга предварителна обработка на данните от GNSS станциите.

Мрежовият GNSS модел позволява интегрирането на данни от множество станции в рамките на дискретни пространствени клетки или точки от мрежата. Това позволява интерполация и екстраполация на информация за скоростта в по-широки географски области. Чрез използването на мрежов GNSS модел, процесът на калибриране става по-стабилен, осигурявайки подобрена точност и надеждност за паневропейски InSAR приложения.

Добре дефинирано решение за скорост на GNSS служи като стандартизирана референтна система за преобразуване на базовите продукти на EGMS в калибрирани/орто продукти [16]. Услугата изисква хомогенно, висококачествено референтно решение, обхващащо целия европейски континент по отношение на скоростите и наличността на времеви серии. Тази референтна система е напълно съобразена с геодезическата система, одобрена от EUREF[15].

В момента EGMS работи, използвайки референтната рамка ETRF2000, реализация на Европейската наземна референтна система от 1989 г. (ETRS89). ITRF, поддържана от Международната служба за въртене на Земята и референтни системи (IERS), предоставя основния геодезически стандарт, към който са обвързани регионални системи като ETRS89 [1], [5]. В този контекст ETRF2000 се счита за по-стабилна от ETRF2014 поради подобреното ѝ съобразяване с европейските тектонични реалности [15-16]. За да се справи с този проблем, EGMS се готви да премине от ETRF2000 към нова реализация, базирана на ITRF2020, най-новият глобален геодезически стандарт [16].

EGMS използва две основни GNSS решения, заедно с допълнителен източник в европейски мащаб:

- Основен източник: EPND станции - Портал за продукти за постоянно съгъстяване на мрежата на EUREF [4]
- Вторичен източник: NGL станции - Геодезическа лаборатория в Невада [3]
- Допълнителен източник: EUDV станции - EUREF WG on European Dense Velocities [14]

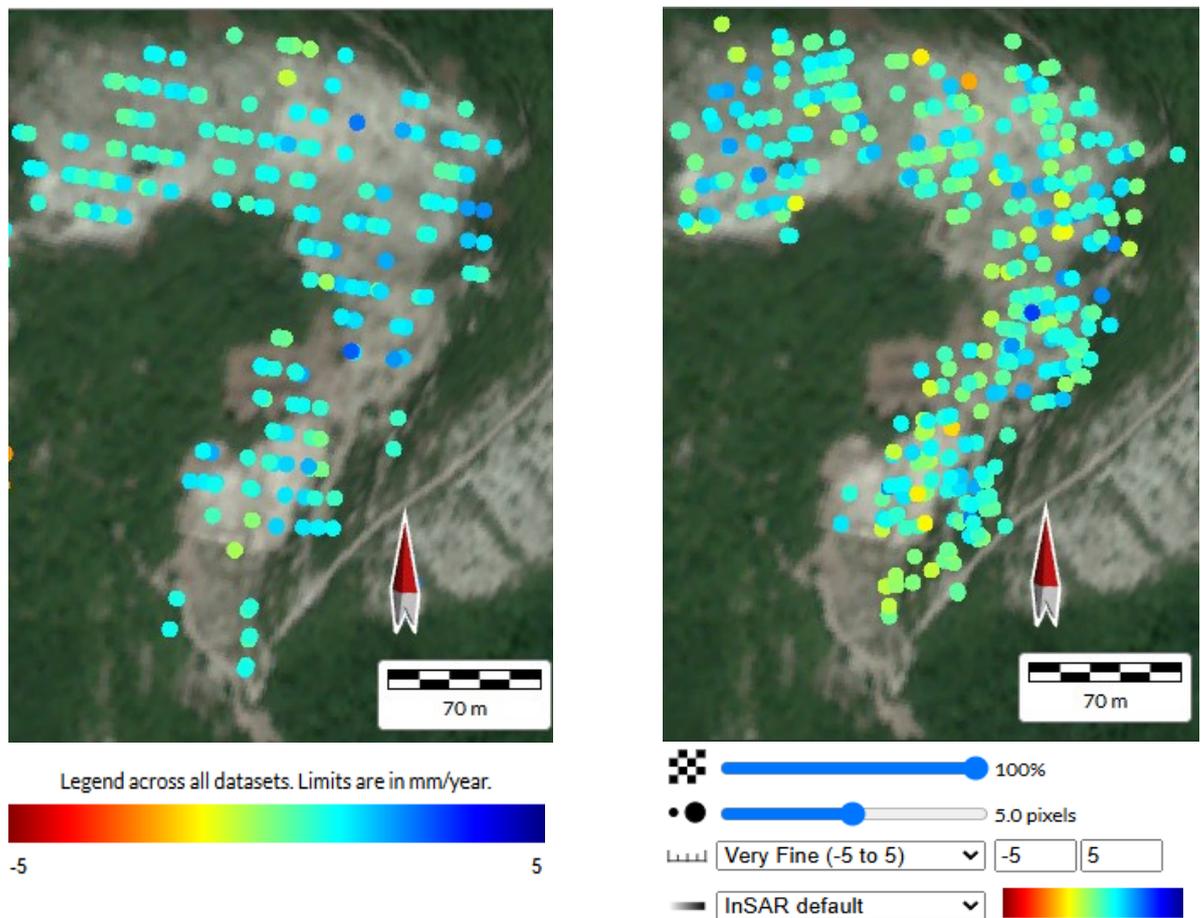
EPN Densification program (EPND) Програмата за уплътняване.сгъстяване на EPN на EUREF [16] интегрира национални GNSS мрежови решения според стандартите на EUREF. Тя включва 28 аналитични центъра, използващи предимно Bernese софтуер v5.2. Тук се включват и данни от Националната перманентна GNSS мрежа на България състояща се от 29 перманентни GPS/GNSS станции, чиито данни се архивират, обработват и анализират в Център за обработка и анализ на ГНС данни на НИГГГ-БАН. Интеграцията се осъществява на продуктово ниво, като аналитични центъра предоставят резултатите от обработката във формат SINEX с пълна информация за дисперсията и ковариацията. EPND решенията се актуализират ежегодно. Текущият брой станции надхвърля 3500, но се филтрира до приблизително 2500 поради кратки периоди на наблюдение и/или видимо отклонение в скоростта [16].

Калибрирани EGMS данни са времево подравнени с времеви модел, оценен при най-ранния възможен момент на събиране на данни във всеки времеви ред и пространствено към средният компонент на скоростта [mm/yr] на Basic продукти на EGMS в дълги пространствени мащаби реферирани към ETRF2000, използвайки мрежата EPND [16]

EGMS Ortho данни са времево фиксирани към конкретна дата. Екстраполирани (ако е необходимо) за времево подравняване на времевите редове от възходящи и низходящи орбити, използвайки средната скорост на всеки времеви ред. Интерполирани са за постигане на равномерно времево вземане на проби, с изключение на дълги пропуски в данните, където не е приложимо - примерно снежния сезон. Пространствено EGMS Ortho данните директно са получени от калибрирани продукти, следователно реферирани към ETRF2000 [16].

В настоящото изследване са използвани Калибрирани EGMS данни и EGMS Ortho данни продукти за периода януари 2019 до декември 2023.

4. РЕЗУЛТАТИ



Фиг. 3. Регистрирани повърхностни премествания по визирната линия LOS A) низходяща орбита 109 и Б) възходящи орбити 131 и 29 за времеви интервал 2019-2023 от Калибрирани EGMS данни [1]

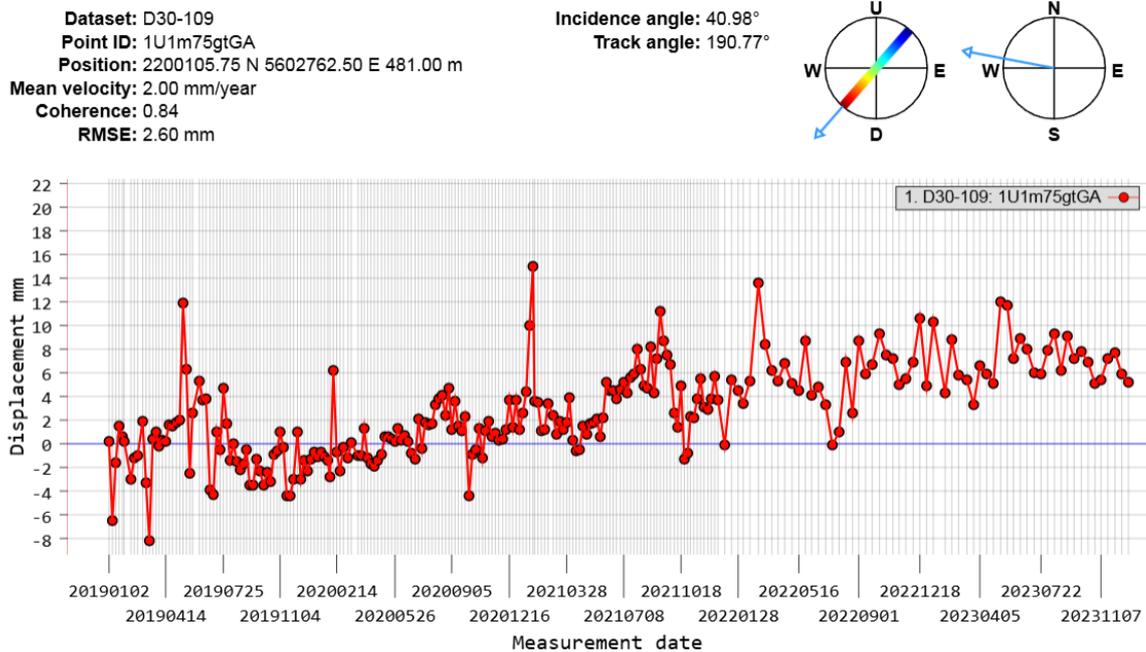
На фиг. 3 са показани регистрираните повърхностни премествания по визирната линия LOS за териториите покриващи Акропола, Двореца, Базиликата, Североизточното и Южното подградие (фиг. 1) по Калибрирани EGMS данни за периода 2019-2023, получени от низходяща орбита 109 и възходящи орбити 131 и 29 на Сентинел 1.

Когато има повърхностни движения между двете заснемания, се записва фазово изместване. Интерферограмата картографира това фазово преместване пространствено. Измерва се колко земната повърхност се приближава или отдалечава от сензора, който не е разположен в местния географски зенит. При приближаване към сензора, пиксела (точката) се оцветява в студените цветове на синята гама, а при отдалечаване от сензора в топлите цветове на скалата от жълто до червено. Това са регистрирани премествания по визирната линия, при различните орбити, ъгълът, под който се насочва към земната повърхност може да е различен. Деформации на земната повърхността са определени от времевите серии само за цели, които показват кохерентност по стека (група от последователни изображения) от SAR изображения със стойности $\text{coh} > 0.65$. Такива цели /отражатели/ съответстват например на скали (естествени рефлексори) или сгради (изкуствени рефлексори), които действат като постоянни рефлексори, като поддържат постоянни диелектрични свойства за периода на наблюдение. Това отговаря конкретно на случая на изследване - Античния каменен комплекс Перперикон, който е изграден от гранитни скали и е почистен от растителност (фиг. 2).

Поради времевата декорелация в сигнала, дължаща се на промяна в диелектричните свойства на отразяващата повърхност с течение на времето поради шум, различия в атмосферния слой или други смущения, времевата поредица на повърхностните премествания не може да бъде извлечена за всички пиксели на SAR изображенията. За части от земната повърхност, покрити с гори или земеделски полета, кохерентността по стека от изображения не

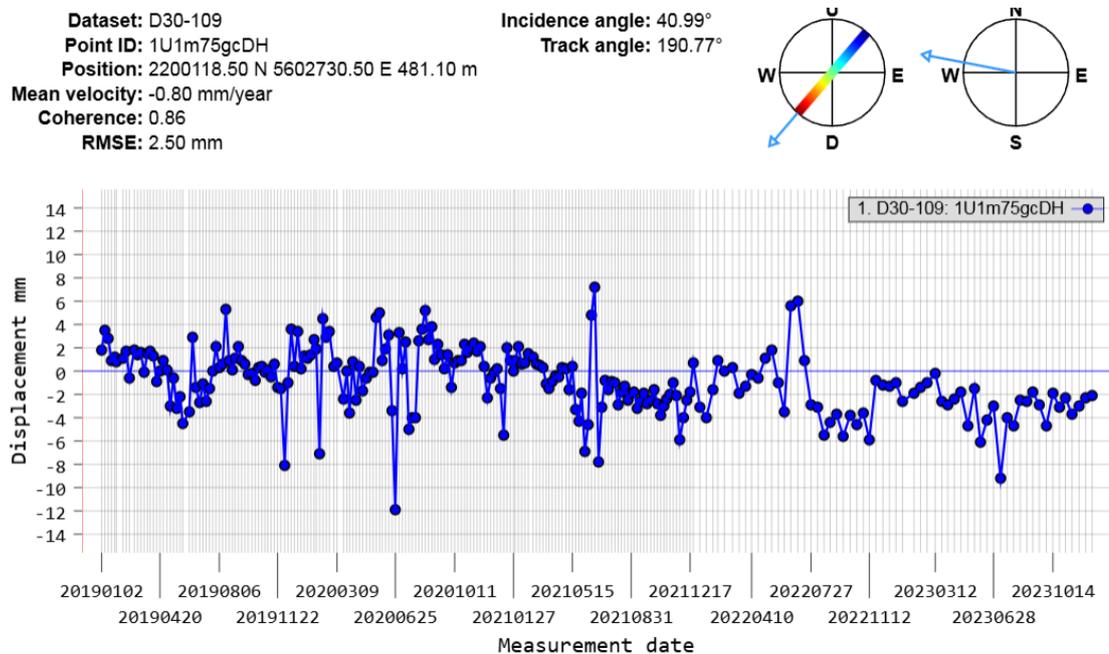
се запазва, защото радарният сигнал на обратното отразяване съдържа принос от разсейването от растителния слой.

Анализирайки извадките от интерактивната EGMS карта (фиг. 3) ясно се виждат отделни пиксели, които се открояват от общата стабилност на района. За тези участъци са извадени времевите редове за конкретния пиксел за проверка на поведението на хода на времевия ред.



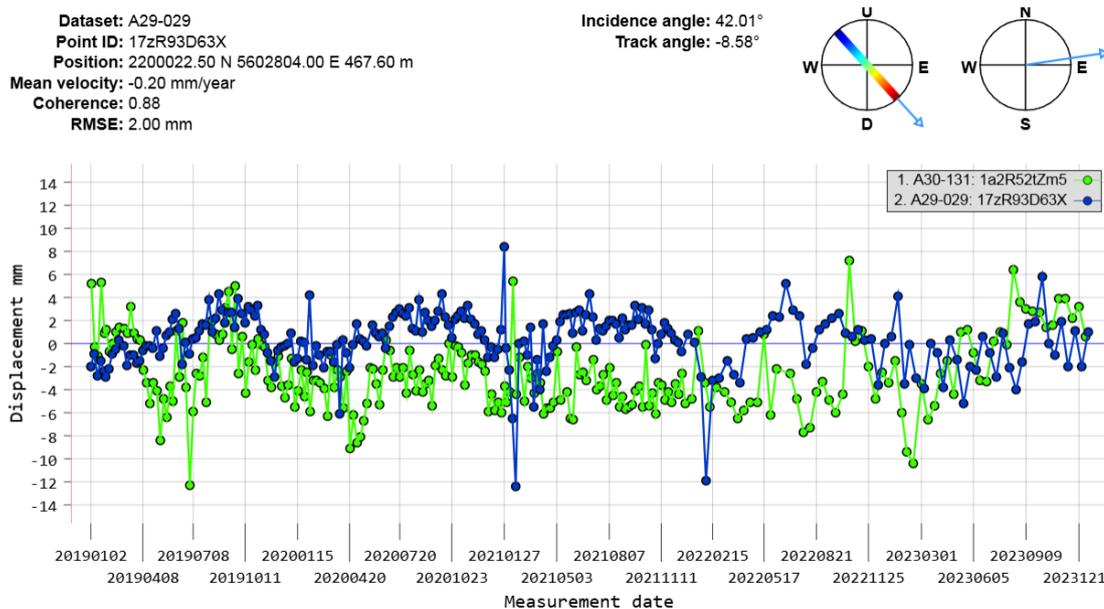
Фиг. 4. MT- SAR премествания за точка (WGS84 координати 41.7158N, 25.4657E, 484.50 m) от низходяща орбита 109 времеви интервал 2019-2023 от Калибрирани EGMS данни [13]

Пример 1 (фиг 4) - пиксел оцветен в тъмно синьо в района на Акропола (фиг. 3 А) с WGS84 координати 41.7158N, 25.4657E, 484.50 м. има средната скорост на преместване 2.0 мм/г при кохертност 0.84 определен със ср. кв. гр 2.6мм.. Регистрира се приближаване на пиксела от земната повърхност към SAR сензора.



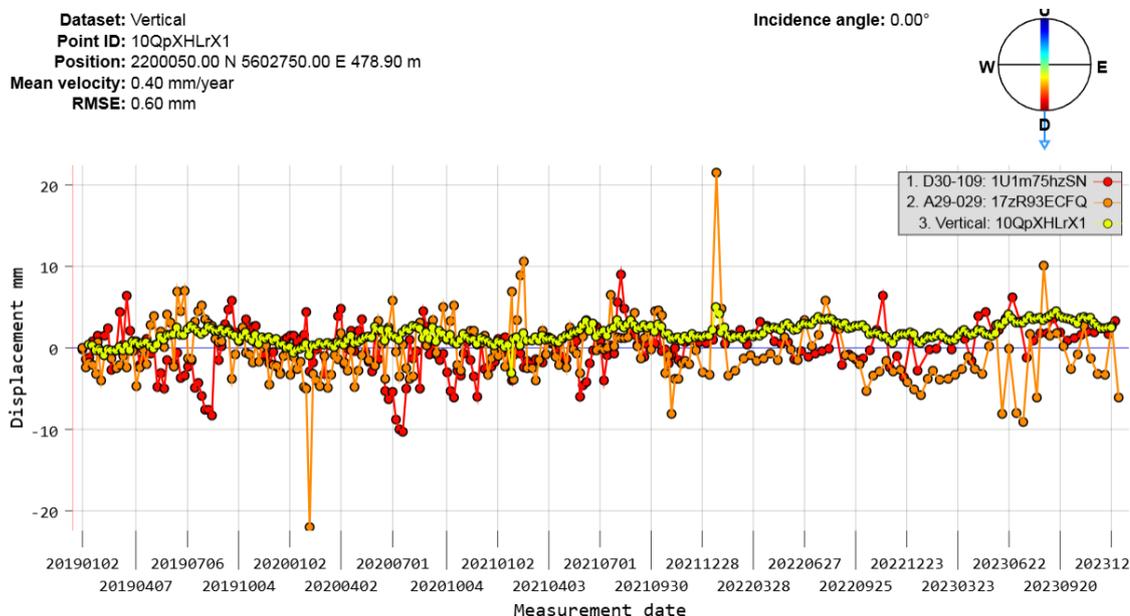
Фиг. 5. MT- SAR премествания за точка (WGS84 координати 41.7158N, 25.4657E, 484.50m) от низходяща орбита 109 времеви интервал 2019-2023 от Калибрирани EGMS данни [13]

Пример 2 (фиг. 5) - пиксел оцветен в жълто в района на Акропола (фиг. 3 А) с WGS84 41.7159N, 25.4654E, 484.01m. със средната скорост на преместване 0.80мм/г при кохернтност 0.86 определена със ср. кв. гр 2.50 мм. Регистрира се отдалечаване на пиксела от земната повърхност по посока към SAR сензора.



Фиг. 6. MT- SAR редове на премествания за точка (WGS84 координати 41.7158N, 25.4657E, 484.50m) от възходящи орбити 29 и 131, времеви интервал 2019-2023 от Калибрирани EGMS данни [13]

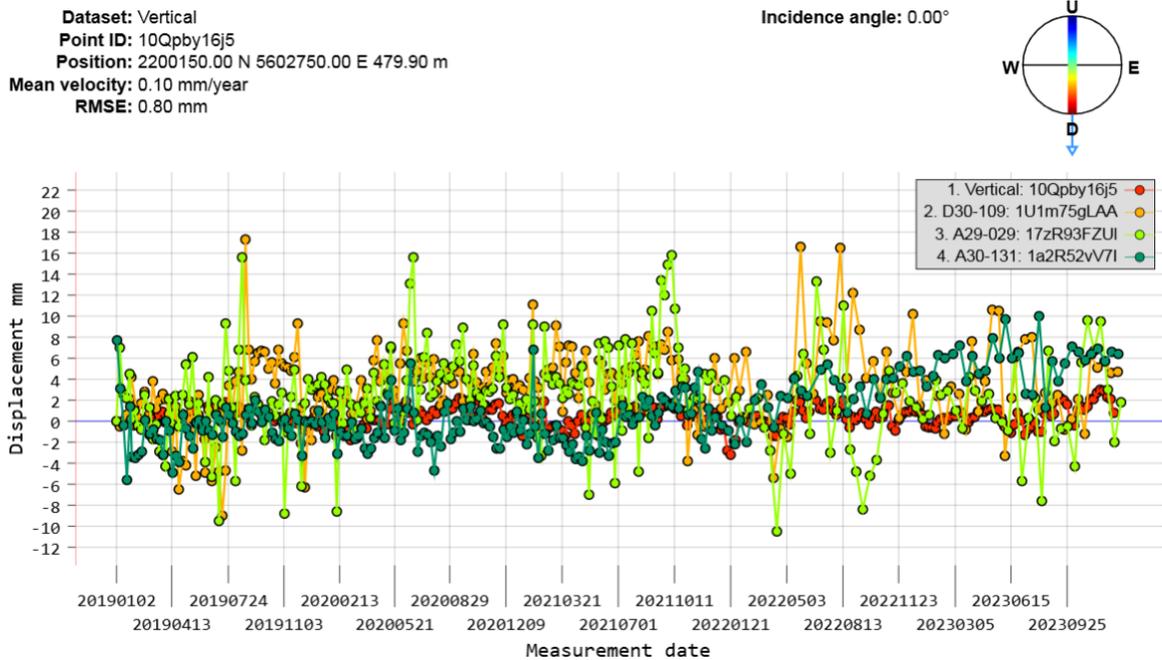
На фиг. 6 са показани MT-SAR редове на премествания за точка от територията на Дворцовия комплекс с WGS84координати 41.7149N, 25.4662E, 461.13m. от възходящи отбити 29 и 131, времеви интервал 2019-2023 от Калибрирани EGMS данни [13].



Фиг. 7. Вертикални премествания определени от MT- SAR серии от изходяща орбита 109 и възходяща орбита 29, времеви интервал 2019-2023 EGMS данни [13]

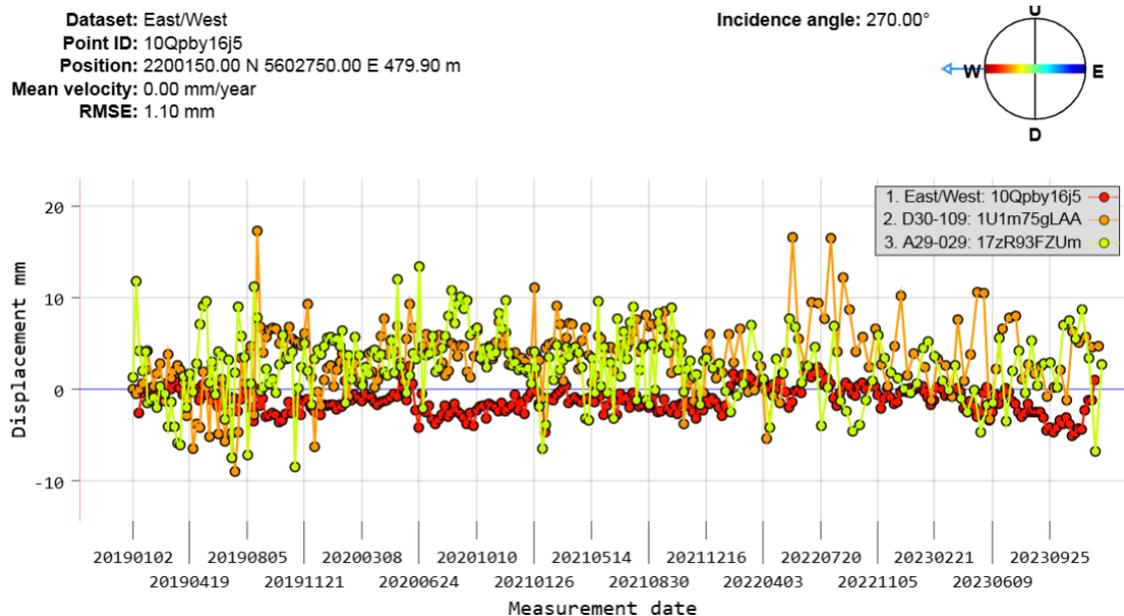
Комбинирайки данните от двата типа орбити, възходяща (оранжево) и низходяща (червено) се получават вертикалните (жълто) компоненти на вектора на преместване (фиг. 7.)

Стабилността на земната повърхност в района на тази точка е показателна при определена средна вертикална скорост на преместване 0.40мм/г със ср. кв.гр. 0.60мм.



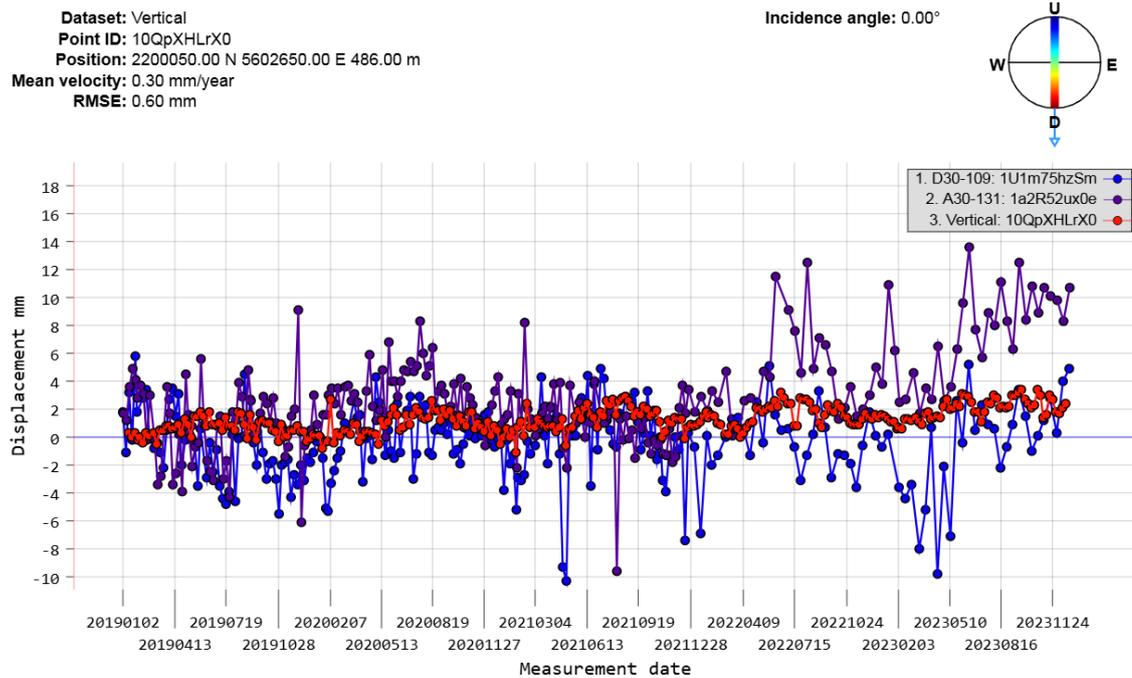
Фиг. 8. Вертикални премествания определени от MT- SAR времеви редове от низходяща орбита 109 и възходящи орбити 29 и 131, времеви интервал 2019-2023 EGMS данни [13]

Процеса позволява при определяне на EGMS Ortho да се комбинират данни от повече от две орбити ако има налични за района на изследвания обект. Пример за получаване на EGMS Ortho вертикалните данни компоненти от данни на една низходяща орбита и две възходящи (оранжево) са показани на фиг. 8. Също се демонстрира стабилността на земната повърхност в района на изследване, не се регистрират потъвания или издигания в тази точка (WGS84: 41.7161N, 25.4656E, 475.08м) със средна вертикална скорост от 0.10мм/г със ср. кв. гр. от 0.80 мм.



Фиг. 9. Хоризонтални премествания определени от MT- SAR редове от низходяща орбита 109 и възходяща орбита 29, времеви интервал 2019-2023 EGMS данни [13]

На фиг. 9 с помощта на EGMS Ortho данни е показано определянето на хоризонталните (И-З) премествания в конкретната точка от MT- SAR времеви редове от низходяща орбита 109 и възходящи орбити 29. Не се регистрират хоризонтални премествания.



Фиг. 10. Вертикални премествания определени от MT- SAR редове от низходяща орбита 109 и възходящи орбити 131, времеви интервал 2019-2023 EGMS данни [13]

Друг пример при определяне на EGMS Ortho компоненти е представен на фиг. 10. Видимо от графиката след 10 април 2022г. се наблюдава покачване на регистрираните стойности на LOS премествания определени и от двата типа орбити. Наблюдава се приближаване по LOS към сензора за възходящата орбита и отдалечаване по LOS при данните от низходящата орбита. Съгласно синус-косинусовата връзка [12], [19] между наклонените по LOS премествания и вертикалните и хоризонталните премествания в този случай, тъй като преместванията по LOS са с обратни знаци, не се регистрира промяна във вертикалната компонента, а тя се дължи изцяло в преместване в хоризонталното положение на пиксела.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използването на данни от дистанционно наблюдение и техните продукти са приложими все по-често през последните години в областта на археологическата наука и културното наследство. Приложението на InSAR технологията дава една обща и пълна представа за случващите се геодинамичните процеси на територията на Археологическият комплекс Перперикон. Наборът от EGMS данни е точен и изключително полезен инструмент за наблюдения на археологически обекти, площни каменни структури и други културно обекти изложени на открито. Района е стабилен и не са открити силни деформационни процеси, които да доведат до свлачища и срутища или други разрушителни земни процеси, но е препоръчително в локациите, където са регистрирани някакви повърхносни промени да бъдат извършени допълнителни полеви наблюдения, за да се уточни дали те са в следствие на археологически работи или са предвестник на земни движения. За постигане на по-висока точност и оценка при мониторинга на отделните вертикални археологически структури в изследвания район, като колоните от Базиликата и Кулата е препоръчително включването на съвременните геодезически технологии като наземни лазерни скенери, LIDAR или SLAM.

6. БЛАГОДАРНОСТИ

Това проучване е проведено по проект „Оценка на геоложкия риск върху скални културни паметници на територията на Източните Родопи“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ (договор КП-06-Н84/2 от 09.12.2024 г.)

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Атанасова-Златарева Мила (2013). Трансформационни модели при съвременните геодезически координатни системи. Дисертационен труд за придобиване на ОНС НИГГГ-Българска академия на науките, 2013, 138
2. Българска история <https://bulgarianhistory.org/perperikon/>
3. Геодезическа лаборатория в Невада <http://geodesy.unr.edu>
4. Международна земна референтна система
<https://www.iers.org/ IERS/EN/DataProducts/ITRS/ITRS.html>
5. Портал за продукти на мрежата на EUREF за съгъстяване- EPND станции
<https://epnd.sgopenc.hu>
6. Agapiou A., P. Kyriakidis, S. Hadjipetrou, N. Kyriakides, R. Votsis European Ground Motion Service for built heritage: a case study from Cyprus, 13 International Symposium on Digital Earth (2023) <https://ktisis.cut.ac.cy/handle/20.500.14279/29963>
7. Antonioli F.; Furlani, S.; Spada, G.; Melini, D.; Zomeni, Z. The Lambousa (Cyprus) Fishtank in a Quasi-Stable Coastal Area of the Eastern Mediterranean, a Notable Marker for Testing GIA Models. *Geosciences* 2023, 13, 280. <https://doi.org/10.3390/geosciences13090280>
8. Basiou, E.; Castro-Melgar, I.; Kranis, H.; Karavias, A.; Lekkas, E.; Parcharidis, I. Assessment of the Ground Vulnerability in the Preveza Region (Greece) Using the European Ground Motion Service and Geospatial Data Concerning Critical Infrastructures. *Remote Sens.* 2025, 17, 327. <https://doi.org/10.3390/rs1702032>
9. Becattini, F.; Medici, C.; Festa, D.; Del Soldato, M. EGM Stream Webapp: EGMS Data Downstream Solution. *Geosciences* 2025, 15, 154. <https://doi.org/10.3390/geosciences15040154>
10. Costantini M., Minati F.; Trillo F.; Ferretti A.; Novali F.; Passera. E., "Europe-an Ground Motion Service (EGMS)," 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS, Brussels, Belgium, pp. 3293-3296, doi: 10.1109/IGARSS47720.2021.9553562, (2021)
11. Crosetto M., Crippa B., Mroz´ M. , Cuevas-Gonz´ alez M., Shahbazi S. Applications based on EGMS products: A review, *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 37, 101452, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2025.101452>, (2025)
12. Crosetto M., Solari L. (2023) Satellite Interferometry Data Interpretation and Exploitation Case Studies from the European Ground Motion Service (EGMS) Book, ISBN 978-0-443-13397-8, DOI <https://doi.org/10.1016/C2022-0-01853-5>, Chapter 3 - InSAR technical aspects
13. EGMS <https://egms.land.copernicus.eu/>
14. EUDV станции - EUREF WG on European Dense Velocities
http://pnac.swisstopo.admin.ch/divers/dens_vel/
15. EUREF. <https://www.euref.eu/>
16. GNSS calibration report – European Ground Motion Service Publication date: 31.05.2024 Version: 5.1 <https://land.copernicus.eu/en/technical-library/gnss-calibration-report/@@download/file>
17. Ioannidis, C.; Verykokou, S.; Soile, S.; Istrati, D.; Spyarakos, C.; Sarris, A.; Akritidis, D.; Feidas, H.; Georgoulas, A.K.; Tringa, E.; et al. Safeguarding Our Heritage—The TRIQUETRA Project Approach. *Heritage* 2024, 7, 758–793. <https://doi.org/10.3390/heritage7020037>
18. Krastanov, M., R. Nankin, A. Aladzhev, N. Dobrev, P. Ivanov, B. Berov, N. Nikolova, V. Grigorov, A. Frantzova, B. Mihaylova. 2025. Geological risk assessment on rock cultural monuments on the territory of the Eastern Rhodopes, Bulgaria: National Science Fund project. – *Engineering Geology and Hydrogeology*, 39, 27–43 (in Bulgarian), <https://doi.org/10.52321/igh.39.1.27>
19. Manzo, M., Ricciardi, G.P., Casu, F., Ventura, G., Zeni, G., Borgstrom, S., et al., 2006. Appendix A, Surface deformation analysis in the Ischia Island (Italy) based on spaceborne radar

interferometry. Journal of Volcanology and Geothermal Research 151 (4), 399-416. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2005.09.010>

20. Nikolov H., Atanasova M.. Obtaining ground deformations by multitemporal DInSAR processing in vicinity of archaeological site "Solnitsata-Provadia". Proceedings Volume 11861, Microwave Remote Sensing: Data Processing and Applications; 118610C (2021), Volume 11861, SPIE 2021 SPIE Remote Sensing, 2021, DOI:10.1117/12.2599762, 1-8.

АДРЕС НА АВТОРА

1. Проф. дн инж. Мила Атанасова-Златарева
Национален институт по геофизика, геодезия и география
Българска академия на науките
Тел.02 979 3354
mila_at_zl@abv.bg.

20 ГОДИНИ ДАМСКИ КЛУБ НА ЖЕНИТЕ В ГЕОДЕЗИЯТА – ЖЕНИТЕ КАТО ФАКТОР В ПРОФЕСИОНАЛНОТО И НАУЧНОТО РАЗВИТИЕ НА ГЕОДЕЗИЯТА

Проф. дн. инж. Мила Атанасова-Златарева, НИГГГ-БАН

РЕЗЮМЕ

Двадесет години, два пъти годишно, се организират срещи на жените в геодезията към „Комисията за социална дейност и работа с жените към Управителния съвет на СГЗБ“ Тези срещи са място, където студенти и преподаватели, ръководители и служители, работещи и пенсионери – всички заедно участват в обсъждането на предварително обявена или неспонтанно възникнала тема. Членовете на групата получават информация за изпълнените и предстоящи задачи на СГЗБ, за проблемите пред ръководството и пред геодезическата общност. Обект на обсъждане стават проекти за промени в нормативната уредба, обсъждат се професионалното образование и практическото обучение.

Освен колежки, те са съпруги, майки, сестри, млади дами, познати и приятели и всички са свързани с геодезическата професия и сродни с нея специалности. Обединява ги желанието за общуване, идеята да са заедно, за да обсъдят професионални събития и проблеми, да споделят лични случки и преживявания. Това са членовете на дамската група към Съюза на геодезистите и земеутроителите в България /СГЗБ/. Срещите на групата се организират от Комисията за социална дейност и работа с жените към Управителния съвет на /СГЗБ/.

20 YEARS OF WOMEN'S CLUB IN GEODESY – WOMEN AS A FACTOR IN THE PROFESSIONAL AND SCIENTIFIC DEVELOPMENT OF GEODESY

Prof. DSc. Mila Atanasova-Zlatareva, NIGGG-BAS

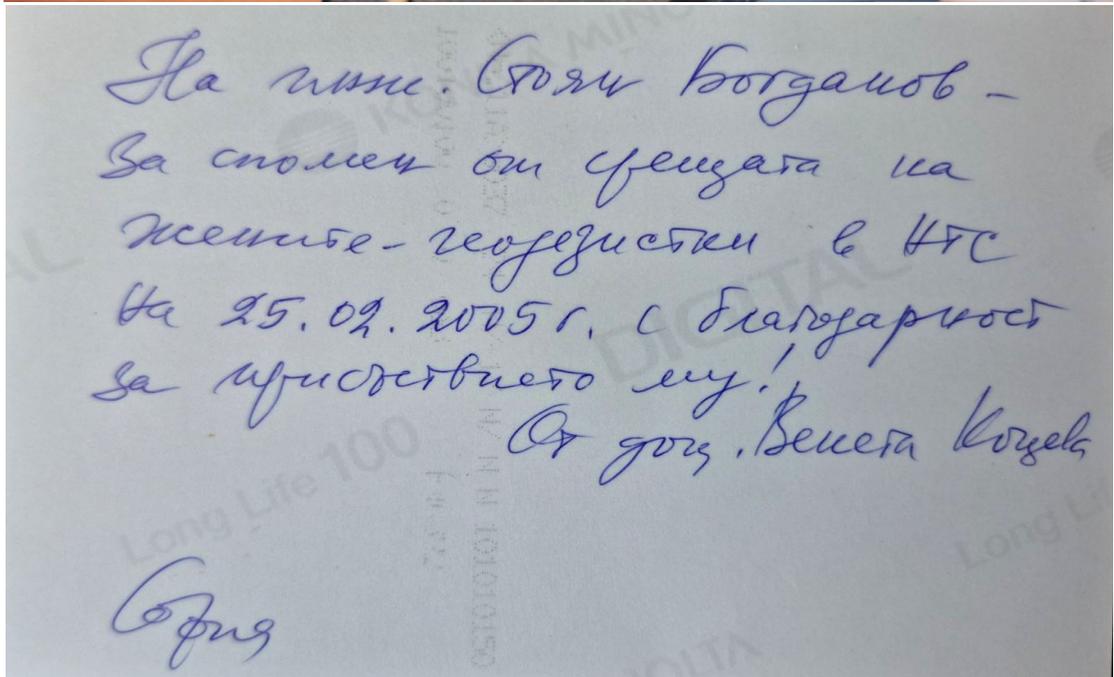
SUMMARY

Twenty years, twice a year, meetings of women in geodesy have been organized by the "Commission for Social Activities and Work with Women at the Management Board of the Bulgarian Geodesy Association". These meetings are a place where students and teachers, managers and employees, workers and retirees - all participate together in the discussion of a previously announced or spontaneously arising topic. The members of the group receive information about the completed and upcoming tasks of the Bulgarian Geodesy Association, about the problems facing the management and the geodesic community. The subject of discussion is projects for changes in the regulatory framework, professional education and practical training are discussed. In addition to colleagues, they are wives, mothers, sisters, young ladies, acquaintances and friends and all are related to the geodesic profession and related specialties. They are united by the desire to communicate, the idea of being together to discuss professional events and problems, to share personal stories and experiences.

1. ИНИЦИАТИВА ЗА СЪЗДАВАНЕ

Идеята за възникването на този клуб е на секретаря на СГЗБ – инж. Иванка Колева, която инициира първата среща на 25.02.2005 година. На срещата присъстват проф. Мара Даскалова, доц. Люба Павлова, доц. Радка Янева, доц. Ани Делиева, доц. Венета Коцева, инж. Вера Хрисчева, инж. Ваня Колева, инж. Богданов и младите колеги доц. Мая Илиева.

До тогава председател на „Комисията за социална дейност и работа с жените към Управителния съвет на СГЗБ“ е доц. Люба Павлова и след учредяването на дамския клуб се поема от доц. Венета Коцева, която повече от 18 години е председател на секцията и играе важна роля за обединяването и приобщаването на жените геодезистки към клуба.



Фиг. 1. Снимка от първата среща на дамската група към Съюза на геодезистите и земеустроителите в България /СГЗБ/ състояла се на 25.02.2005г. Посвещение на доц. Венета Коцева към инж. Стоян Богданов.

Винаги, заедно с деловите теми, се водят сърдечни, непринудени и общочовешки разговори, споделят се весели и трогателни спомени от екзотични, авантюристични и туристически пътувания. Разказват се далечни и близки спомени от студентските години, от любопитните начини за избор на геодезическата професия, от трудното начало на професионалната реализация на жените-геодезистки и майки. Присъстващите съпруги и майки колеги-геодезисти разказват за ролята на семейството в трудната професия.



Фиг. 2. Снимки от среща на дамската група към Съюза на геодезистите и земеустроителите в България /СГЗБ/

Атмосферата създава настроение и подчертава желанието за общуване между присъстващите. Водят се непринудени разговори, касаещи професионални събития и проблеми,

споделят се лични случки и преживявания, за възможностите за професионална и обществена реализация на жените – кариера, семейство и майчинство, хоби и свободно време.

2. ГОСТИ И ТЕМИ КОИТО СА ОБСЪЖДАНИ

Гости на дамите през дългия двадесет годишен период са били:

-доц. Радка Янева – с доклад за мястото на жените в академичната общност в професията.

- проф. Теменужка Бандрова – с представяне на научното си посещение в Япония.

- журналистката Лилия Янкова – с беседа за реализацията и равноправието на жените у нас и в Европа.

- проф. Владимир Стойнов

- инж. Станимира Хаджимитова от Фондацията „Джендър проект в България”, с представяне на работата на ръководената от нея Фондация, както и на проблемите и постиженията на жените при реализиране на равнопоставеността на половете у нас и в чужбина, особено при издигането на жени на висши ръководни постове в държавни, общински, научни и производствени структури.

- инж. Павлина Илиева

- г-жа Росица Бакалова – с разказ за направените от нея изложби на български гоблени на много места по света, за сътворената от сърчната българка красота и въздействието й въдху посетителите.

- г-жа Лиляна Смедарчина – с оценка за работата на СГЗБ.

- инж. Иванка Колева – с доклад за протоколното поведение и визията на жената в работна, делова, всекидневна и официална обстановка.

- председателят на комисията, доц. Венета Коцева е представяла информации за изтъкнати личности, със забележителен принос в областта на геодезическата наука и пракрика:

-за живота на генерал-майор Христофор Хесапчиев - автор на първата българска академична книга по геодезия и военна топография;

-за живота на Руджер Бошкович обявен патрон на 2016 (CLGE и FIG).

- проф. Георги Вълев, които сподели случки от своя богат практически и опит и научни изследвания.

-доц. д-р инж. Дейвис Динков - „ДАВГЕО”, които представи един уникален фирмен продукт от 2017 г. - новата „Панорамна карта – историческа възстановка на кв. „Изгрев” в гр. София за периода 1927-1944 г.” Разработката на картата е била възложена от Общество „Бяло братство“ с идеята да се изготви картографски продукт, който да илюстрира точната визия на кв. „Изгрев” в гр. София за периода, когато е станало заселването и се е водила активната дейност на Учителя Петър Дънов и неговите последователи в квартала.

-Мира Дойчинова, родена е в един от крайдунавските ни градове – преди години, които изобщо не й личат. Пише стихове, рисува и какво ли още не..

-д-р Иван Калчев- председател на СГЗБ, който запозна дамите с проблемите възникнали между две от секции в КИИП - инженерите в транспортно стоителство и приложната геодезия.

- проф. Бойко Рангелов които представи доклад „Българката от дрежносста до днес“

- д-р Кирил Стоянов - замесник председател на СГЗБ

- инж Десислава Атанасова-Венкова млада прекрасна дама геодезиска която упражнява трудната професия на маркпайдер на участък „Крушев дол“, „Горубсо - Мадан” АД, гр. Мадан.

-инж Катерина Чучева която освен презцизен специалист геодезист в областта на дигиталната фотограмметрия и поетеса с нежна душа. Автор на книгите “Любовта е съдба” (сборник поезия и проза, 2012 г.) и “Късче от детството” (стихотворения за деца, 2021 г.).

- художничката Мария Джонева от Артателие - Нюанси с която рецувахме Коледни мотиви

2.1. ИСТОРИЧЕСКИ АСПЕКТИ ОТ ЖИВОТА НА ИЗВЕСТНИ ЛИЧНОСТИ СВЪРЗАНИ С ГЕОДЕЗИЯТА

Доц. Венета Коцева на срещата състояла се на 30.06.2012 г. разказа интересни факти от живота на генерал-майор Христофор Георгиев Хесапчиев (1858–1938 г.) - автор на първата

българска академична книга по геодезия и военна топография, издадена през 1893 г. в София. Представи накратко неговият жизнен и творчески път като генерал-майор, професор по тактика, военна история, геодезия и военна топография, дипломат и действителен член на БАН от 1898 г. Специално място в нейната беседа намери допълнителна информация за двете спътници в живота му-руската дворянка Александра Резниченко и забележителната българка Анна-Любица Бурмова.



Фиг. 3. Снимка от срещата състояла се на 16 април 2015

На пролетна среща на дамите, свързани с геодезическата професия състояла се на 16 април 2015 бяха споделени далечни и близки спомени от студентските години, от любопитните начини за избор на геодезическата професия, от трудното начало на професионалната реализация на жените-геодезистки и майки.

С уважение отбелязахме участието и съпричастността на г-жа Йовева, съпруга на о.з. полк. доц. д-р инж. Илия Йовев от Военно-топографската служба и майка на инж. Валентин Йовев – до неотдавна Изпълнителен директор на АГКК.

Доц. д-р инж. Венета Коцева разказа интересни научно-исторически ракурси за живота на Руджер Бошкович обявен патрон на 2016 (CLGE и FIG). Малко известен факт сред колегите обаче е, че Руджер Бошкович е пътешествал през българските земи през далечната 1762 г., когато те са били в обхвата на Османската империя.



Фиг. 4. На снимката доц. Венета Коцева представя доклад пред дамската група към Съюза на гедезистите и земеурителите в България /СГЗБ/ на Коледната среща 13.12.2016г.

2.2. ВПЕЧАТЛЕНИЯ ОТ МЕЖДУНАРОДНИ И НАЦИОНАЛНИ ПЪТУВАНИЯ

Темата: “Къде пътувахме у нас и в чужбина през 2016 година?” бе разгледана на срещата състояла се на 13.12.2016г. Инж. Галина Иванова сподели спомени от пътуването си до Китай. Инж. Лиляна Турналиева разказа за Италия и Неапол като „град на мафията“, своите впечатления от Соренто, Позитано, Амалфи, Равело и Капри. Кристина Гълъбова, разказа за последното си пътуване до Италия, заедно със свои колеги от университета. Сподели за своите преживявания в Милано, Комо, Торино. Доц. д-р Кристина Микренска сподели своите впечатления от краткия си престой в Лондон.

Доц. Мая Илиева разказа за пътешествие си до Казахстан с научно-изследователски екип, който е изминал общо 18 000 км от София, през Румъния, Молдова, Украйна, Русия, западен и южен Казахстан, и обратно.



Фиг. 5. Коледна среща 13.12.2016г.

2.3. ДЕЛОВИ СРЕШИ СВЪРЗАНИ С ПРЕДСТАВЯНИЯ НА НОВОСТИ В ГЕОДЕЗИЯТА ИЛИ ПРОБЛЕМИ В БРАНША



Фиг. 6. Специален гост на зимната среща проведена на 28.11.2018 г бе доц. д-р инж. Дейвис Динков - „ДАВГЕО”

Специален гост на зимната среща проведена на 28.11.2018 г бе доц. д-р инж. Дейвис Динков - „ДАВГЕО”, които представи един уникален фирмен продукт от 2017 г. - новата

„Панорамна карта – историческа възстановка на кв. „Изгрев“ в гр. София за периода 1927-1944 г.” Разработката на картата е била възложена от Общество „Бяло братство“ с идеята да се изготви картографски продукт, който да илюстрира точната визия на кв. „Изгрев“ в гр. София за периода, когато е станало заселването и се е водила активната дейност на Учителя Петър Дънов и неговите последователи в квартала. Тогава това е била местността „Баучер“ в покрайнините на гр. София. За целта е изработена триизмерна панорамна карта на кв. Изгрев, базирана на реален 3D модел на релефа, земното покритие и инфраструктура, като са използвани исторически данни и материали за изследвания период. Картата е двулицева, като на едната ѝ страна се намира „План-указател“ в М 1:1000 с историческа възстановка за периода 1927-1944 г., в Координатна система WGS-1984, UTM зона 35N, въз основа на ГИС база-данни.



Фиг. 7. На пролетната среща (14 март 2019) поканени бяха специално и присъстваха д-р инж. Иван Калчев – председател на УС на СГЗБ и проф. д-н инж. Георги Вълев – зам.-председател на УС на СГЗБ.

На пролетната среща (14 март 2019) поканени бяха специално и присъстваха д-р инж. Иван Калчев – председател на УС на СГЗБ и проф. д-р инж. Георги Вълев – зам.-председател на УС на СГЗБ. д-р инж. Калчев бе поканен да сподели и осветли всички относно възникналите сериозни проблеми, свързани с геодезическата професия, които се създадоха от Секция „Геодезия и приложна геодезия“ (ГПГ) при Камарата на инженерите от инвестиционното проектиране (КИИП). Странното намерение на Председателката на Секция „Транспортно строителство“ при Софийската колегия при това официално отстоявано през последното полугодие, да се отнемат правата на инженерите-геодезисти да изготвят Част „Геодезия“ от проектите на транспортната инфраструктура, както и да извършват трасировъчни дейности.



Фиг. 8. Специален гост на състоялата се среща на 17.12.2019 г. беше проф. Татяна Хубенова

Специален гост на състоялата се среща на 17.12.2019 г. беше проф. Татяна Хубенова – председател на Съюза на икономистите във Федерацията на НТС. Приятна колегиална изненада за всички присъстващи беше участието за пръв път на гл. асистент д-р инж. Катя Асенова - наша колежка, инженер-маркшайдер и преподавател от Минно-геоложкия университет в София. Секретарят на СГЗБ - инж. Иванка Колева запозна накратко присъстващите с проведения XXIX Международен симпозиум в Истанбул на 5 – 6 ноември 2019 г. и за българското участие в него. На 5 и 6 ноември 2020 г., отново в София, ще се проведе XXX юбилеен международен симпозиум. Инж. Колева апелира за подкрепа и участие в симпозиума. Доц. д-р инж. Мила Атанасова - Златарева също сподели впечатленията си от перфектната организация на форума в Истанбул.

2.4. РОЛЯТА НА ДАМИТЕ ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕТО НА ЕДНА МЪЖКА ПРОФЕСИЯ

На пролетната среща (05.04.2023 г.) специален гост беше проф. Бойко Рангелов. Той презентира развитата през неговия житейски, научен, творчески и колегиален поглед темата: „БЪЛГАРКАТА - ОТ ДРЕВНОСТТА ДО ДНЕС“ (малко известни факти и мистерии).

Разказа за учението на богомилите и проповядването от тях равноправие между мъжът и жената – една от причините да бъде преследвано. Напомни за безценните съвети на мъдрата народна лечителка Преподобна Стойна и забележителна българка Баба Ванга, спомената беше и една от най-спорните и противоречиви личности в новата ни история – Людмила Живкова, с огромния ѝ принос за разпространението на българската култура по света.



Фиг. 9. На пролетната среща (05.04.2023 г.) специален гост беше проф. Бойко Рангелов.

Инж. Иванка Колева връчи на проф. Рангелов почетна грамота и значка на СГЗБ, послучай 100 годишнината на организацията и значителния му принос в дейността на професионалната и научна геодезическа дейност.

А на предколедната среща (13.12.2023 г) присъства зам. председателя на СГЗБ д-р Кирил Стоянов, и отново бе поканен и проф. Бойко Рангелов. Онлайн поздравление към присъстващите поднесе и секретарят на СГЗБ инж.Станимира Богоева.





Фиг. 10. Предколедната среща (13.12.2023 г).

Засегната бе темата за ролята на дамите при изпълнението на една мъжка професия каквато е маркшайдерство. Голям интерес предизвика и много въпроси бяха отправени към инж. Десислава Атанасова-Венкова – докторант към катедра „Маркшайдерство и геодезия“, МГУ „Св. Иван Рилски“ и главен маркшайдер на участък „Крушев дол“, „Горубсо - Мадан“ АД, гр. Мадан. Тя разказа как една млада прекрасна дама се справя с ежедневните предизвикателства на професията на десетки километри под земята.

2.5. ГЕОДЕЗИЯТА И ИЗКУСТВОТО В РАЗЛИЧНИТЕ АСПЕКТИ

Специален гост на срещата случила се на 10 април 2020 беше г-жа Росица Бакалова – с разказ за направените от нея изложби на български гоблени на много места по света, за сътворената от сръчната българка красота и въздействието ѝ върху посетителите.





Фиг. 11. Специален гост на срещата провела се на 10 април 2020 беше г-жа Росица Бакалова

Уникални подаръци с късмети (календари с репродукции на гоблени) често подарява г-жа Росица Бакалова, съпруга на нашия покоен колега и уважаван преподавател в УАСГ доц. д-р инж. Паско Бакалов и майка на двама геодезисти г-жа Бакалова.

Освен брилянтни професионалисти дамите в геодезията са добри колинаристи и артистично надарени в различни сфери на изкуството. Секретаря на СГЗБ Иванка Колева е талантлива художничка. Всички дами получиха безценен подарък от Ваня малки картини ръчно рисувани от нея 14 март 2019.



Фиг. 12. На пролетната среща проведена на 14 март 2019г. всички дами получиха безценен подарък от Ваня Колева малки картини ръчно рисувани от нея.

Инж. Катерина Чучева е не само отличен специалист геодезист, но е и талантива поетеса. Зад гърба си има издадени две стихосбирки. Автор на книгите "Любовта е съдба" (сборник поезия и проза, 2012 г.) и "Късче от детството" (стихотворения за деца, 2021 г.). Тя прочете малка част от новото си творчество на Дамската среща на жените геодезисти.

Специален гост на зимната среща 13.12.2023 г. беше художничката Мария Джонева от Арт ателие Нюанси. Срещата протече тематично с коледно настроение и внесена нотка на артистичност с рисуване на коледна картина.



Фиг. 13. Специален гост на дамския клуб по геодезия на зимната среща състояла се на 13.12.2023 г. беше художничката Мария Джонева от Арт ателие Нюанси.

Трябва да се отбележи и дарбата на доц. Нели Здравчева да улавя най-прекрасните моменти и документира всичко важно от пъстрия живот и случващото се в Клуба на дамите в геодезията.



Фиг. 14. Зад обектива доц. Нели Здравчева в опита да улови най-прекрасните моменти

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показателно за ролята на жената в геодезията, като фактор на развитие и утвърждаване в тази считана преди години за мъжка професия е факта, че на тези срещи участват три поколения дами-геодезисти. Дами наши преподаватели, от които сме се учили, които са ни били за пример в професията, които са ни поткретяли в трудни моменти в професионалното ни развитие. Втората група са моите състудентки, с които заедно сме тръгнали от студенските банки да покоряваме света на геодезията. Интересни теми откриват и младите дами геодезисти, които сега стартират своята кариера - студенти и докторанти, на които се надявам да бъдем и подкрепа и пример.



Фиг. 15. Пролетна среща 15. 23.04.2025 г.

Вместо заключение ще завърша с едно писмо на доц. Венета Коцева (публикуваме го с нейно разрешение) което е показателно за ролята и смъсъла на Клуба на дамите в геодеята за всяка една от нас.

„Тръгнах изморена от работа и си мислех: “не можеше ли срещата да бъде някой друг ден”, но в унеса по пътя не усетих как вече бях там. Срещнах познатото и мило лице на Ванчето и сякаш вече не усещах умората. А то беше едно такова хубаво начало със празнична украса, мило коледно подаръче, а да не говорим за прекрасната домашно приготвена питка, която Мила беше приготвила. Когато се спомня и ми се похапва отново, въпреки че уж не съм чревоугодник. Всички тези мили неща ми вдигнаха настроението и не усетих как се изнизаха 3 часа, та чак забравих че в къщи ще ме чакат и после доста побързах на връщане. Как изтекоха тези 3 часа ли не знам, просто времето летеше от един разказ изпълнен с много преживявания и емоции на друг разказ, от една държава в друга държава, от едни впечатления, усещания и емоции към други. Темата за мен лично беше много интересна „пътешествия“. Всеки разказваше в захлас преживяванията си в чужбина, но добавяше и емоция нещо лично от себе си, усещането си когато е бил там, изпълнените го емоции и чувства и сякаш ние забравяхме къде се намираме и се потапяхме заедно с него в неговата приказка. Имаше и весели и забавни истории, каквито г-н Николов винаги разказва, но когато си тръгнах усетих, че ме боли устата от смях. Но хората казват че смяха е здраве и аз като че ли оздравях от умората. Отдавна не бях се смяла толкова много. Имаше и моменти когато изтръпвахме при разказите за пътешествия в опасни страни като Казахстан, но бързо се връщахме към приятните преживявания. Чувствах се добре, беше ми приятно и спокойно както човек обикновено се чувства у дома. Благодаря на

всички за хубавото преживяване. И се надявам, че и на следващата среща ще продължим в същия дух“.

*доц. Венета Коцева
Дамска среща 2016г*

Тази доклад е изготвена благодарение на предоставените материали и личния архив на:

- Секретарят на СГЗБ - инж. Иванка Колева
- Секретарят на СГЗБ - инж. Станимира Стоянова
- Председател на комисията - доц. Венета Коцева
- Използвани са отчети и доклади публикувани в списание „Геодезия Картогеафия и Земеустройство“

АДРЕС НА АВТОРА

1. Проф. дн инж. Мила Атанасова-Златарева
Национален институт по геофизика, геодезия и география
Българска академия на науките
Тел.02 979 3354
mila_at_zl@abv.bg.

2. СЕСИЯ ГЕОДЕЗИЯ – ОБРАЗОВАНИЕ (II), ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

10. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ДИДАКТИЧЕСКИ ТРУДНОСТИ ПРИ ОБУЧЕНИЕТО ПО ПРОФЕСИОНАЛНИ ПРЕДМЕТИ В СТРОИТЕЛНИТЕ ГИМНАЗИИ

**Инж. Васил Димитров, СГСАГ „Христо Ботев“
инж. Владимир Владимиров, СГСАГ „Христо Ботев“**

РЕЗЮМЕ

Настоящото изследване разглежда актуалните предизвикателства, свързани с обучението по професионални предмети в гимназиите по строителство, архитектура и геодезия. Целта е да се анализират основните затруднения на учениците при усвояването на материала и да се предложат работещи решения за подобряване на учебния процес. Обект на изследването са ученици от 11. клас в различни специалности, а методологията включва анкетно проучване, наблюдение и дидактически анализ.

Резултатите показват, че основните затруднения произтичат от недостатъчни математически знания, слабо развити умения за пространствено мислене и ограничени технологични компетенции. Липсата на адаптирани учебници, отразяващи новите технологии и предназначени за съвременните учебни програми по общообразователните предмети, допълнително затруднява процеса. Учениците изразяват нужда от повече практически занятия, по-бавно и структурирано преподаване, както и работа със съвременни уреди и софтуер.

Заключението подчертава необходимостта от актуализиране на учебните планове и материали, въвеждане на интерактивни методи, увеличаване на практическите часове и интегриране на дигитални технологии. Предлага се изработване на нови, достъпни учебници и методически ръководства, съобразени с нуждите на съвременните гимназисти, както и свързване на учебния материал с реални професионални приложения. Прилагането на тези мерки ще подпомогне развитието на мотивация, пространствено мислене и практически умения у бъдещите специалисти.

Ключови думи: геодезия, професионално образование, трудности в обучението, мотивация, анкета

DIDACTIC CHALLENGES IN TEACHING VOCATIONAL SUBJECTS IN HIGH SCHOOLS OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY

Eng. Vasil Dimitrov, eng. Vladimir Vladimirov, HSACIEG “Hristo Botev”

SUMMARY

This study examines current challenges related to the teaching of vocational subjects in high schools specializing in construction, architecture, and geodesy. The aim is to analyze the main difficulties students face in mastering the material and to propose practical solutions for improving the educational

process. The research focuses on 11th-grade students from various specializations, and the methodology includes a survey, observation, and didactic analysis.

The results show that the main difficulties stem from insufficient mathematical knowledge, poorly developed spatial thinking skills, and limited technological competencies. The lack of modern and adapted textbooks that reflect new technologies and align with current general education curricula further hinders the process. Students express a need for more practical classes, slower and more structured teaching, as well as work with modern instruments and software.

The conclusion emphasizes the need to update curricula and teaching materials, introduce interactive methods, increase the number of practical lessons, and integrate digital technologies. It is proposed to develop new, accessible textbooks and methodological guides tailored to the needs of today's high school students, and to link the curriculum with real-world professional applications. Implementing these measures will help foster motivation, spatial thinking, and practical skills among future specialists.

Keywords: surveying, vocational education, learning difficulties, motivation, poll

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Обучението по геодезия в строителните гимназии играе ключова роля за формирането на бъдещи специалисти в областта на строителството, архитектурата и геодезията. Въпреки своята значимост, преподаването на този предмет често среща редица дидактически предизвикателства. Сложната терминология, необходимостта от прилагане на математически и пространствени умения, както и интегрирането на теоретични знания с практическа дейност, поставят високи изисквания както към учениците, така и към преподавателите. Целта на настоящата статия е да анализира основните трудности, с които се сблъскват участниците в учебния процес, и да очертае възможни подходи за тяхното преодоляване с цел повишаване на ефективността на обучението по геодезия в професионалното образование.

2. ОСНОВНА ЧАСТ

2.1. Мястото на геодезията в гимназиите по строителство, архитектура и геодезия

Учебните планове по геодезия в строителните професионални гимназии се следват съгласно утвърдените от МОН държавни образователни стандарти. Предметите в профила „Геодезия“ включват комбинация от задължителни и избираеми модули, както и учебни предмети, които осигуряват както теоретична, така и практическа подготовка.

За специалностите „Строителство и архитектура“, „Транспортно строителство“, „Водно строителство“ и „Парково строителство“ дисциплината „Геодезия“ се изучава в 11. клас като се състои от теория и учебна практика. В специалност „Геодезия“ профилиращият предмет се изучава от 9. до 12. клас и отново има часове по теория и по учебна практика, като е съпътствана и от други задължителни дисциплини (напр. инженерна геодезия, кадастър, фотограметрия и др.), но фокусът на настоящата статия е преподаването на обща геодезия (Land Surveying).

Общият хорариум на часовете по геодезия за специалност „Геодезия“ е 292 учебни часа теория и 350 учебни часа практика. За негеодезическите специалности – 36 учебни часа теория и 72 учебни часа практика (с изкл. „Транспортно строителство“ – 108 учебни часа практика).

В специалност „Геодезия“ материалът е разпределен тематично по класове – в 9. клас се изучават хоризонтални измервания, в 10. клас – вертикални измервания, в 11. клас – координатни изчисления, а в 12. клас – видовете снимки и трасиране. В останалите специалности същият материал е съкратен и обобщен за една учебна година в 11. клас.

Аналогично е и със специалност „Транспортно строителство“, където материалът отново е разпределен тематично по класове – започва се с изучаването на общи строителни дисциплини още от 8. клас, постепенно се преминава към избраното професионално направление в 9. и 10. клас, в 11. и 12. клас се изучават основно предмети от областта на инфраструктурното строителство. Спрямо действащите в момента учебни програми по специалността, най-важните предмети се изучават в 12 клас, което води до натрупване на голямо количество учебен материал за преподаване, доста на брой курсови проекти и голямо натоварване от страна на учениците и учителите с цел завършване на всички задачи в установените срокове. А както е известно, през последната година от обучението си

гимназистите се вълнуват от кандидат-студентски изпити, подготвят се за матури, посещават допълнителни курсове и т.н., а голямото количество учебен материал, курсови и дипломни работи допълнително утежняват ситуацията.

2.2. Затрудненията на учениците – през погледа на учителя

Действителните затруднения могат да се разделят на три основни групи – по математика, с пространственото мислене и технологични.

Ясно е, че геодезията, а и всички инженерни специалности, изискват добро владение на математически знания – тригонометрия, аналитична геометрия, изчислителни методи. Голяма част от учениците имат пропуски по математика още от основния етап, което затруднява разбирането на материала. Най-сериозните затруднения са в 11. клас, когато се изучават координатни изчисления. Тригонометричните функции, които са в основата, а също и геометрията са “препъникамъка” за учениците от втори гимназиален етап.

Според учебната програма по математика тригонометричните функции се появяват още в края на 9. клас, застъпват се в 10. клас и по-разширено се изучават в 11. клас. Следователно в средата на 11. клас учениците трябва да могат да ги използват успешно и да разберат, че те са приложими в практиката. Едно от възможните затруднения могат да бъдат обратните тригонометрични функции, тъй като те не се изучават в средното образование.

Пространственото мислене е ключово за правилното разбиране и работа с топографски планове и карти. Учениците често срещат затруднения при интерпретирането на триизмерните форми на релефа, представени чрез хоризонтали, които са основен елемент при визуализацията на височинните промени в терена. Линиите, които свързват точки с еднаква надморска височина, изискват от учениците да могат да си представят релефа като триизмерна форма, а не просто като набор от криви в една равнина.

Например, учениците често се затрудняват да разберат дали релефът е равнинен само по хоризонталите, особено когато липсват допълнителни символи като стрелки или знаци за низини и върхове. Освен това, правилното определяне на наклоните и ориентацията на терена също изисква усвояване на пространственото представяне и логическото свързване на дадените данни.

Други проблеми са разчитането на скала за линеен мащаб, прецизно позициониране на обекти в координатната система и др. Много ученици изпитват затруднения при трансформирането на двумерните изображения на една равнина в реални пространствени обекти.

В днешно време учениците са изцяло свързани с технологиите и ги използват ежедневно – компютри/лаптопи, смартфони, а сърфирането в интернет пространството е нещо съвсем обичайно за тях. Що се отнася до уменията им с основни софтуери като Excel и Word, то те изненадващо се оказват трудни за тях и работата е възпрепятствана.

За някои ученици се оказва предизвикателство да създадат типова заглавна страница в средата на Microsoft Word или да извършат изчисления по нивелачен карнет в Microsoft Excel. Тези затруднения се дължат на недостатъчни умения за работа с тези софтуери, а също и с неразбиране на компютърните алгоритми.

Работата с бази данни, която намира широко приложение в геоинформатиката и ГИС, също е неразбираема и сложна. През учебната 2024/2025 г. учениците в 10. клас, специалност “Геодезия” бяха запознати със софтуерите QGIS и ArcGIS Online, продукти на ESRI. Резултатите в края показват, че ArcGIS Online е по-разбираем за тях, тъй като се отличава с лесен и интуитивен уеб-базиран интерфейс за визуализация, който позволява бързо създаване и споделяне на интерактивни карти и уеб-приложения. С негова помощ учениците по-бързо и лесно успяват да пресъздадат дадено картографско съдържание и да използват голяма по обем пространствена информация.

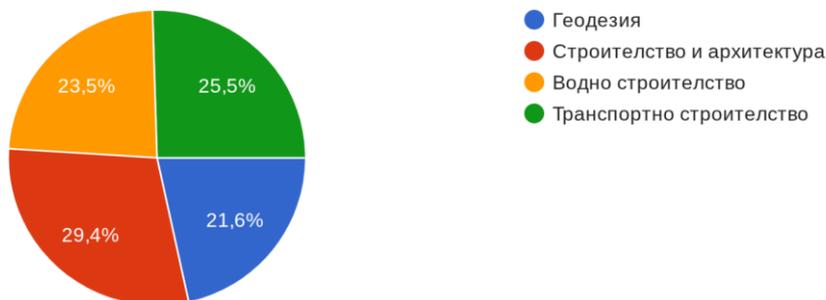
Затрудненията по информационни технологии донякъде могат да се обяснят с недостатъчния брой часове по дисциплината – според учебната програма от 2016 г. в професионалните гимназии от 8. до 10. клас общият хорариум по информационни технологии е 90 учебни часа, а предметът „Информатика” не се изучава.

2.3. Затрудненията на учениците според самите тях

В края на учебната 2024/2025 година бе проведена анкета сред ученици от 11. клас от специалности „Геодезия“, „Строителство и архитектура“, „Водно строителство“, „Транспортно строителство“, като участвалите ученици са 51 на брой.

Коя специалност сте?

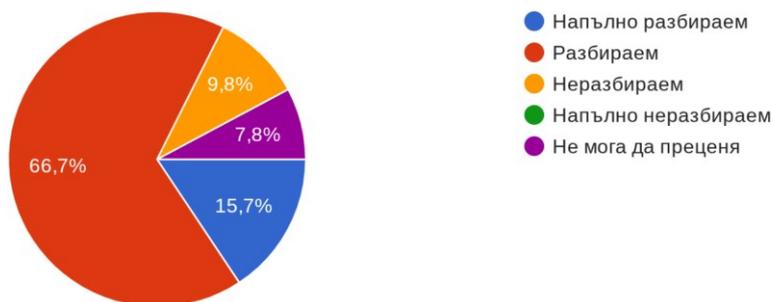
51 отговора



Фиг. 1 – Въпрос №1

Доколко разбираем беше материалът по Геодезия през тази година за Вас?

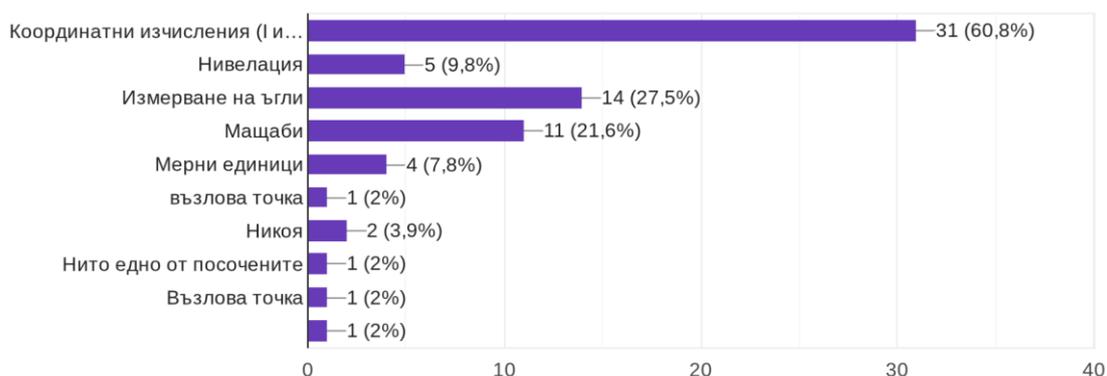
51 отговора



Фиг. 2 – Въпрос №2

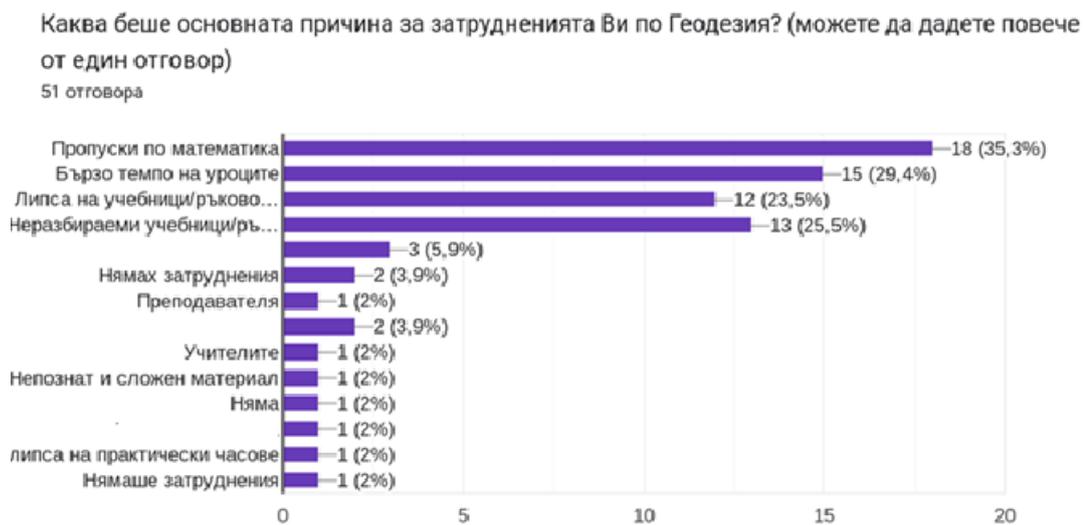
Коя от следните теми по Геодезия Ви се стори най-сложна? (можете да дадете повече от един отговор)

51 отговора



Фиг. 3 – Въпрос №3

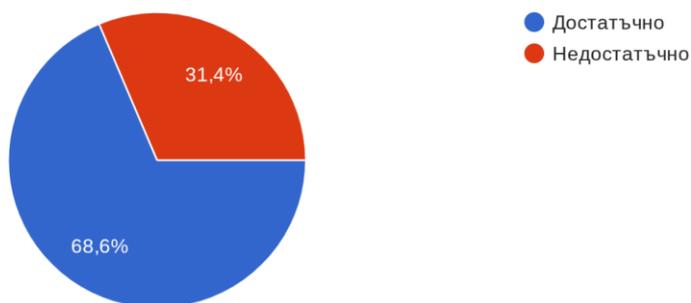
На Въпрос №3 учениците от специалност „Геодезия“ са отговорили предимно, че имат затруднения с координатните изчисления, а някои от тях са добавили и темата за изравнение на възлова полигонова точка, която е силно застъпена по теория и по учебна практика по геодезия.



Фиг. 4 – Въпрос №4

Как бихте оценили времето, отделено за практически упражнения?

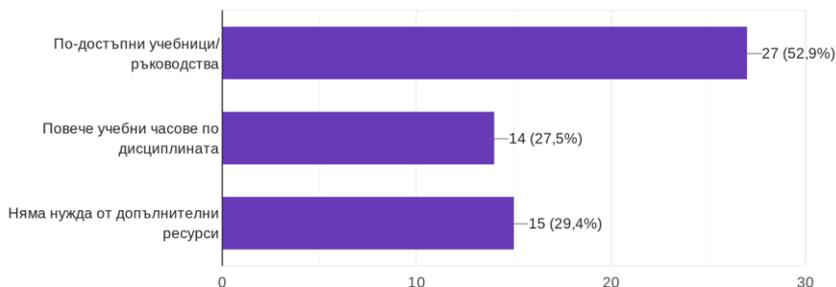
51 отговора



Фиг. 5 – Въпрос №5

Какви допълнителни ресурси биха Ви помогнали да разберете по-добре материала по Геодезия? (можете да изберете повече от един отговор)

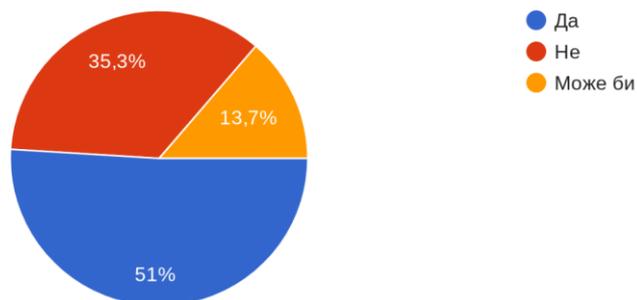
51 отговора



Фиг. 6 – Въпрос №6

Разбрахте ли какво е arctan и за какво се използва?

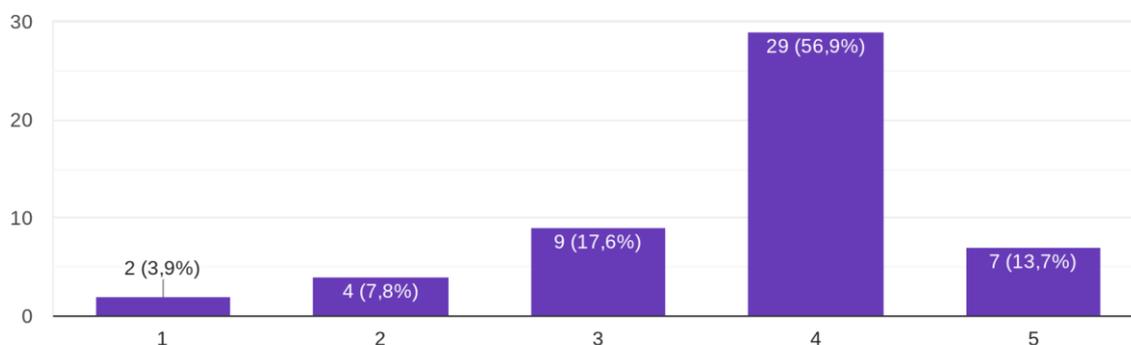
51 отговора



Фиг. 7 – Въпрос №7

Колко интересна Ви беше Геодезията? (1-напълно безинтересна, 5-много интересна)

51 отговора



Фиг. 8 – Въпрос №8

Средната оценка от Въпрос №8 е 3,69 от 5,00. Ако тази оценка се обърне в шестобалната система за оценяване, използвана у нас, то тогава оценката е „много добър”.

Имате ли предложение за подобряване на обучението по Геодезия?

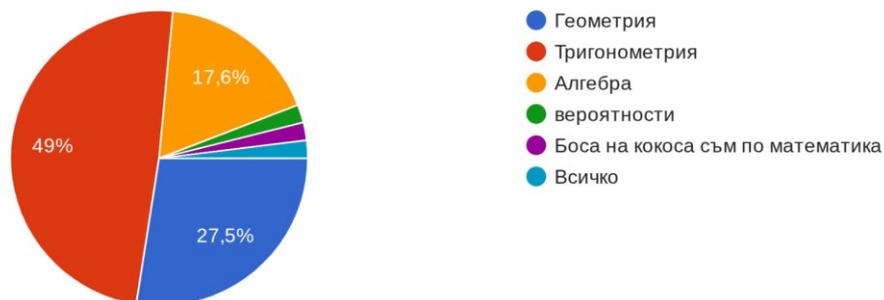
- Може би повече практически уроци
- Повече упражнения по вземаните уроци, по - лесни обяснения
- Повече учебни часове по практика, по-бавно темпо на преподаване на материала,
- Повече часове
- Да се използват нови уреди като GPS станции и лазерни ротационни нивелири
- повече практически часове
- В часовете по теория да има ясен план за темите, които ще се преподават.

Фиг. 9 – Въпрос №9

Единственият въпрос от анкетата, който не е със задължителен характер, е Въпрос №9. Седмина от анкетираните са отговорили в свободен текст на него.

Кой дял от математиката Ви е най-сложен и неразбираем?

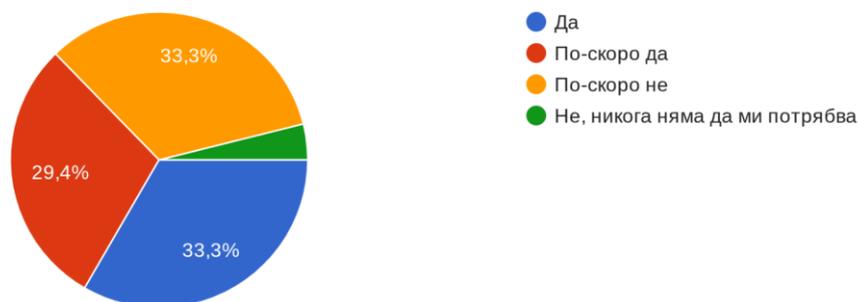
51 отговора



Фиг. 10 – Въпрос №10

Смятате ли, че Геодезията ще Ви бъде необходима в работата след време?

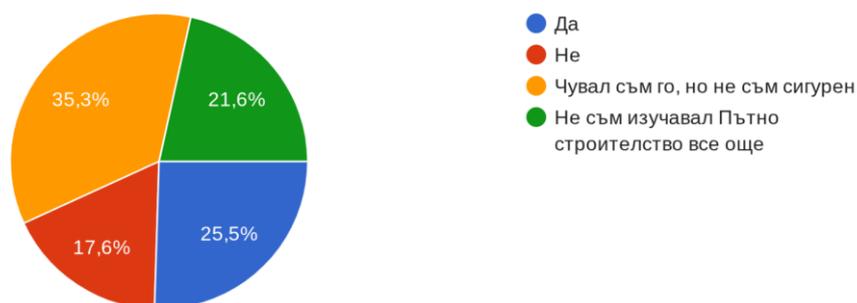
51 отговора



Фиг. 11 – Въпрос №11

Въпрос от пътното строителство: Знаете ли какво е серпентина?

51 отговора

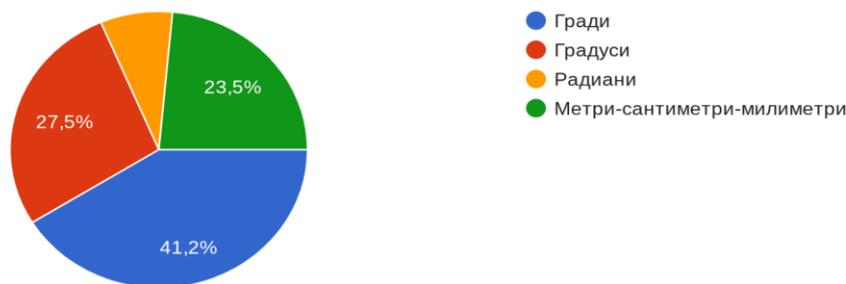


Фиг. 12 – Въпрос №12

При анкетирането, единият от възможните отговори за Въпрос №12 е, „Не съм изучавал Пътно строителство все още” – това е така, защото анкетираните от специалност „Строителство и архитектура” са от 11. клас, а „Пътно строителство” се изучава в 12. клас.

Коя е ъгловата мерна единица, използвана в Пътното строителство?

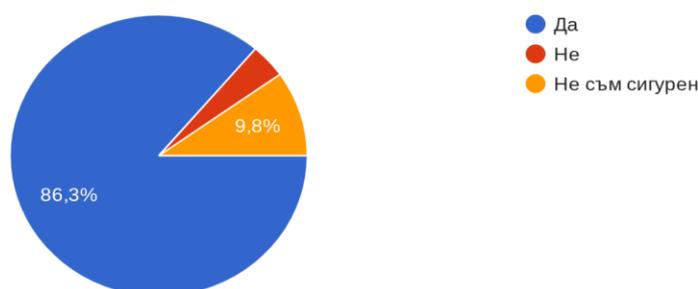
51 отговора



Фиг. 13 – Въпрос №13

Можете ли да направите разлика между хоризонтална и вертикална крива?

51 отговора

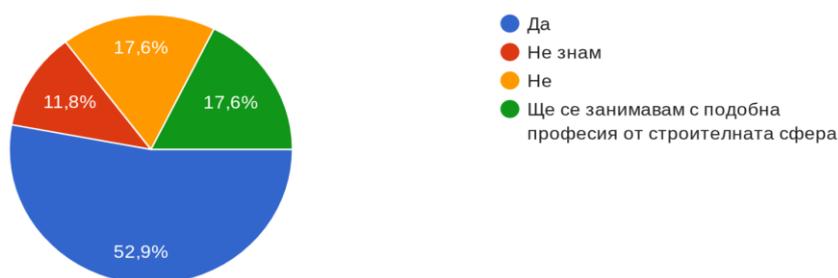


Фиг. 14 – Въпрос №14

На Въпроси №13 и №14 не са отговаряли учениците от специалност „Строителство и архитектура“, за да бъдат резултатите максимално обективни.

Имате ли намерение да се занимавате с професията, за която учите в момента?

51 отговора



Фиг.

15 – Въпрос №15

Отговорите на гимназистите повдигат въпроси за нивото на тяхната мотивация, за съществуващия набор от одобрени учебници по геодезия и за броя на учебните часове.

Към момента използваните учебници по геодезия са както следва: “Геодезия в строителството” – Г. Милев, Хр. Духовников (2009), “Геодезия – първа част” – Д. Станева, Ст. Станев (1993), които са с изчерпан тираж; “Геодезия за професионалните гимназии – част 2” – Б. Варадинов, С. Гонгалова и колектив (2004) и “Геодезия за професионалните гимназии – част 3” – В. Станев, И. Иванов (2004). По останалите дисциплини за специалност “Геодезия” учебниците също са оскъдни – “Картография” (2000) – Хр. Катранушкова и колектив,

“Фотография и фотограмметрия” (1989) – И. Кацарски и колектив, които също са с изчерпан тираж, а по “Кадастър” дори няма такъв учебник.

Фактът, че най-новият учебник по геодезия за професионални гимназии е на 16 години, е показателен за сериозния дефицит в обновяването на учебното съдържание. Въпреки авторитетността на споменатите учебници, те не отразяват развилите се в последното десетилетие технологии и методи като GNSS, лазерно сканиране, фотограмметрия, дистанционни методи, ГИС и др.

Поради тази причина често се налага използването на университетски учебници и ръководства по геодезия, например: “Геодезия” (2021) – Микренска-Чернева, К., Александров, Б., Павлов, П., София: УАСГ; “Ръководство за упражнения по геодезия” (2017) Бакалов, П. и др., София: УАСГ и др. Този метод не е най-ефективният, защото стилът и езикът на академичните учебници е прекалено висок, а също така има много материал, който не се преподава на гимназиален етап. Тогава се налага изцяло филтриране и адаптиране на материала от страна на учителя, което е времеемко и трудно.

Учебникът за специалност „Транспортно строителство”, предназначен за ученици е само един: “Пътно строителство за техникумите по строителство” (1992) – М. Цонев. По останалите учебни предмети няма учебници, предназначени за ученици, което налага използването на такива, предназначени за висшите учебни заведения със съответното преработване на материала с цел приравняването му на нивото на знанията на учениците от съответния клас.

Липсата на актуализирани учебни материали поставя учениците в неравностойно положение, а от педагогическа гледна точка, когато един предмет е неразбираем и се появяват много трудности, то той трудно може да предизвика интерес.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3.1. Изводи

Използван е индуктивен подход за анализиране на резултатите – изхожда се от опита и нуждите на учениците. Резултатите показват, че основните причини за трудностите при усвояването на материала по геодезия са свързани с липсата на съвременни и адаптирани учебници и помагала, както и с пропуски в базовите математически знания. Настоящите ученици значително се различават от предшествениците си по начин на учене, интереси и умения, което изисква обновяване на методите и средствата за обучение. Те са свикнали към дигиталните технологии и визуалните материали, което налага въвеждането на по-интерактивни и визуално ориентирани учебни ресурси.

Недостатъчните знания по математика и информационни технологии в комбинация с трудно достъпната учебна литература не помагат за възприемането на материала по геодезия. В този контекст е особено важно учебните материали да бъдат съобразени с нуждите на съвременните млади хора, като се включват дигитални инструменти и практически занимания, които подпомагат развиването на пространственото мислене и решаването на комплексни задачи.

3.2. Препоръки

За преодоляване на трудностите с пространственото мислене е препоръчително включването на интерактивни методи в обучението, като използване на триизмерни модели на релеф, ГИС, както и провеждането на практически упражнения на терен, където учениците могат директно да наблюдават и прилагат знанията си.

Необходима е и промяна учебните планове по класове с цел въвеждане на съвременни технологии в обучението на учениците, улесняване на възможността за възприемане на учебния материал и даване на възможност за извършване на повече практически занятия.

Въз основа на промяната в учебните планове следва да се разработят учебници и ръководства, които да бъдат на достъпен и разбираем език за съвременните гимназисти, а след това да се направят и методически разработки.

Също така е необходимо преразглеждане на броя на учебните часове по предметите от специфичната професионална подготовка в професионалните гимназии. Следва да се обърне внимание на нивото по математика, до което стигат гимназистите преди навлизането в

строителните дисциплини. Съотношението учебни часове по теория и по практика трябва да се прецизира, като се има предвид необходимостта от повече преговор, повече междупредметни връзки и нуждата от упражняване на натрупаните знания.

Има нужда от корекции на повечето учебни планове и програми, така че материала да бъде по-лесен за възприемане от учениците, както и да има възможност за достатъчно време за усвояване и най-вече развитие на мотивация у възпитаниците на строителните гимназии.

За да се повиши мотивацията на учащите, е важно учебният материал да бъде свързан с практиката. Когато учениците видят пряката приложимост на геодезията в измервания на терени, инфраструктурни дейности и други, те ще осъзнаят значимостта на професията, която са избрали. Практиката в реална среда би могла да засили интереса и ангажираността им.

Включването на съвременни технологии също ще допринесе за по-голямата атрактивност на професионалните предмети и ще покаже, че избраната професия е модерна и динамична. Освен това, поканите на гост-лектори – професионалисти от строителния бизнес или академичните среди – могат да вдъхновят учениците, като споделят своя опит и перспективи за кариерно развитие. Това ще помогне на младите хора да видят ясна връзка между изучаваното и бъдещата им професия.

Чрез прилагането на тези подходи ще се създаде мотивираща учебна среда, която да насърчи интереса към геодезията и другите инженерни специалности, а също ще подпомогне професионалното ориентиране на учениците.

3.3. Някои уточнения

Настоящата статия представя наблюдения и анализ, основани на опита на двама начинаещи преподаватели. Изложените констатации и предложения отразяват лично мнение и не претендират за изчерпателност или универсална приложимост. Авторите са изразили своята гледна точка с цел да споделят първоначалните си впечатления и да провокират дискусия, без да обременяват колегите си с категорични твърдения. Целта е да се постави началото на по-широк разговор за предизвикателствата и възможностите в преподаването на тези специализирани дисциплини.

4. ЛИТЕРАТУРА

1. Държавни образователни стандарти за придобиване на квалификация по направление "Архитектура, строителство и геодезия", професия "Геодезист", специалност "Геодезия" – Министерство на образованието и науката
2. Държавни образователни стандарти за придобиване на квалификация по направление "Строителство", професия "Строителен техник", специалност "Транспортно строителство" – Министерство на образованието и науката
3. Петкова И. Съвременни предизвикателства пред формалното професионално образование, - В: сб. „130 години университетска педагогика“. стр.380-385, https://www.researchgate.net/publication/335312937_SVREMENNI_PREDIZVIKATELSTVA_PRED_FORMALNOTO_PROFESIONALNO_OBRAZOVANIE
4. Учебни програми по специалности "Геодезия" и "Транспортно строителство" – Министерство на образованието и науката

АДРЕСИ НА АВТОРИТЕ

1. Инж. Васил Димитров
Софийска гимназия по строителство, архитектура и геодезия „Христо Ботев“,
Бул. „Евлоги и Христо Георгиеви“ № 34, София 1000, България
Тел. + 359 885 622 419
v.dimitrov@sgcag.info
2. Инж. Владимир Владимиров
Софийска гимназия по строителство, архитектура и геодезия „Христо Ботев“,
Бул. „Евлоги и Христо Георгиеви“ № 34, София 1000, България
Тел. + 359 883 308 265
v.vladimirov@sgcag.info

СПЕЦИФИКА НА ПРЕВОДА НА ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ТЕКСТОВЕ

Инж. Васил Димитров, СГСАГ

РЕЗЮМЕ

Статията изследва предизвикателствата при превода на геодезически текстове на български език, като в частност е разгледан проблемът с превода от руски език. Основната теза е, че научно-техническият превод изисква съчетание от лингвистични умения и дълбоко познаване на геодезическата терминология и концепции. Ключовите проблеми са свързани с необходимостта от еднозначност и точност на термините, граматичните различия (напр. членуване и словоред) и спазването на стилистичните норми на научния стил (яснота, обективност).

Подчертава се ролята на международните стандарти ISO за унифициране на терминологията. За успешен превод се препоръчват някои преводачески прийоми, които са разгледани в статията. Качественият превод е критичен за международното сътрудничество и точния обмен на научна информация.

Ключови думи: геодезия, превод, терминология, руски език, български език, научно-технически превод, ISO, стандартизация.

SPECIFICITY OF TRANSLATION OF GEODESIC TEXTS

Eng. Vasil Dimitrov, HSACEG “Hristo Botev”

SUMMARY

The article examines the challenges in translating geodetic texts into Bulgarian, specifically addressing the problems encountered when translating from Russian. The main argument is that technical and scientific translation requires a combination of linguistic skills and a deep understanding of geodetic terminology and concepts. Key issues are related to the need for unambiguity and accuracy of terms, grammatical differences (e.g., use of articles and word order), and adherence to the stylistic norms of academic writing (clarity, objectivity).

The role of international ISO standards in unifying terminology is highlighted. Certain translation techniques, discussed within the article, are recommended for successful translation. High-quality translation is critical for international cooperation and the accurate exchange of scientific information.

Keywords: Geodesy, translation, terminology, Russian language, Bulgarian language, scientific-technical translation, ISO, standardization.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Преводът на специализирани текстове е сложна задача, която изисква не само познаване на двата езика, но и дълбоко разбиране на терминологията и концепциите в конкретната област.

Геодезията, като наука, която изучава формата, размерите и гравитационното поле на Земята, включва множество сложни термини и понятия, които трябва да бъдат преведени точно. Преводът в тази област на знанието трябва не само да предава възможно най-достоверно смисъла на оригинала, но и да бъде разбираем за адресата.

Целта на тази статия е изследване на спецификата на превода на геодезически текстове от руски на български език и анализ на преводаческите решения при предаването на термините въз основа на вече създаден, но непубликуван, превод на руски учебник по геодезия за ВУЗ – [Геодезия, З.М. Карабцова, 2002, Владивосток].

Актуалността на темата на изследването се дължи на нарастващата нужда от обмен на научна и техническа информация между Русия и България, както и на развитието на международното сътрудничество в областта на геодезията. Правилният превод на геодезически текстове е от голямо значение за осигуряване на точността и яснотата на предаваната информация.

В хода на изследването ще бъдат разгледани основните проблеми, възникващи при превода на геодезически текстове, и ще бъдат предложени методи за тяхното решаване. По-конкретно, ще бъдат анализирани лексикалните, терминологичните и стилистичните особености на рускоезичните геодезически текстове и начините за тяхното адекватно представяне на български език.

1.1. Методи на изследването

1. Сравнителен анализ на терминологията в руски и български геодезически текстове.
2. Лингвистичен анализ на текстове за идентифициране на техните лексико-стилистични особености.
3. Практически превод на подбрани текстове с последващ анализ на преводаческите решения.

1.2. Теоретична и практическа значимост

Изследването допринася за задълбочаване на знанията в областта на теорията на превода, по-специално в областта на превода на научно-технически текстове от сферата на геодезията. Резултатите от работата могат да се използват за разработване на методически указания и учебни материали за превод на специализирани текстове.

Получените резултати ще помогнат на преводачи и специалисти в областта на геодезията да превеждат ефективно и точно професионални текстове, както и ще повлияят на подобряването на качеството на превода на научна и техническа литература, което от своя страна ще улесни международното сътрудничество и обмена на знания.

По този начин настоящата работа ще бъде полезна както за професионални преводачи, работещи с научни текстове, така и за инженери-геодезисти, на които често се налага да използват рускоезична геодезическа литература, непреведена на български език.

2. ЛЕКСИКАЛНИ И ГРАМАТИЧНИ ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПРЕВОДА НА ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ТЕКСТОВЕ ОТ РУСКИ НА БЪЛГАРСКИ ЕЗИК

Преводът на геодезически текстове от руски на български език представлява сложен процес, изискващ внимание към детайлите и дълбоко разбиране както на геодезическата терминология, така и на спецификата на всеки език. В този контекст преводачът се сблъсква с няколко важни лексикални особености, които трябва да бъдат отчетени за осигуряване на точността и адекватността на превода. Една от тези особености, без съмнение, е наличието на особена терминологична система.

Както е известно, на първо място, терминът трябва ясно и точно да описва реален обект или явление, да осигурява еднозначно разбиране на предаваната информация от специалистите, т.е. да има строго утвърдено определение, разкриващо и максимално пълно предаващо съдържанието на обозначаващото от него понятие или явление в системата на конкретната област на науката и техниката. Освен това, терминът трябва да има не повече от едно значение в рамките на дадената област на науката и техниката. Всичко това е особено важно по отношение на научната и научно-техническата литература. Именно стриктното

спазване на изброените по-горе изисквания ще позволи на преводача достатъчно точно да определи в кой от възможните смисли се използва в дадения конкретен контекст терминът.

Тъй като предаването на друг език на текстове, принадлежащи към научно-техническата и научно-учебната литература, изисква особена точност и яснота на тяхното възприемане от адресата, преводачът трябва да използва специализирани речници и справочници. Трябва обаче да се отчита обстоятелството, че терминологията на всяка наука, както и самата наука, винаги се развива, а това затруднява съставянето на терминологични речници [4: стр. 23]. Затова, освен използването на специализирани речници и справочници, преводачът трябва да бъде в крак с последните промени и постижения в съответната научна област. Това изисква постоянно обновяване на знанията и проследяване на нови публикации, научни статии и терминологични бази данни. Преводачът също така трябва да отчита контекста и специфичните особености на термините в конкретната научна дисциплина, а при необходимост да се консултира с експерти в дадената област. Важно е също така да може да адаптира терминологията в съответствие с езиковите норми и традиции на целевия език, за да избегне недоразумения и неточности в превода.

Геодезията е наука с обширна и специализирана терминология. Преводът на геодезически термини изисква точно съответствие между руската и българската специална лексика. Например, такива термини като „кривизна Земя“ (кривина на Земята) или „поперечный масштаб“ (напречен мащаб) трябва да бъдат преведени, като се отчита тяхното научно значение и използване в геодезическия контекст. Грешките в превода на такива термини могат да доведат до изкривяване на смисъла на текста и недоразбиране на важна информация.

В геодезическите текстове често се среща специфична лексика, която може да няма преки аналози в българския език, на първо място – това са термините. В такива случаи преводачът трябва да използва описателни конструкции или заемки, за да предаде смисъла на оригиналния текст. Например, терминът „Прямая геодезическая задача“ (Първа основна задача в геодезията) може да бъде непознат на широка аудитория и изисква допълнително пояснение в превода.

В процеса на превод на геодезически текстове често се прилагат лексикални заемки и калкиране на термини. Калкирането представлява „превеждане“ на отделни части на думата (напр. *небостъргач* на руски се превежда като *небоскреб*).

Важно е обаче да се отчита, че не всички заимствани термини се възприемат еднакво в руския и българския език. Преводачът трябва да бъде внимателен при използването на калкирани термини, за да избегне недоразумения и да запази яснотата на текста. Например, терминът „геодезический пункт“ (геодезична точка) може да бъде преведен директно, но неговото значение и приложение трябва да бъдат напълно разбираеми в българския контекст.

Преводът на геодезически текстове от руски на български език представлява сложен процес, който изисква внимателен подход към терминологията и особеностите на двата езика. Основното внимание трябва да бъде насочено към точността и еднозначността на термините, които трябва ясно да описват реални обекти или явления и да имат строго утвърдено определение в контекста на науката и техниката. Използването на специализирани речници и справочници е важно, но също така е необходимо да се следят последните постижения в научната област и да се консултира с експерти, за да се отчита контекстът и да се адаптира терминологията съгласно езиковите норми. Специфичната лексика и липсата на преки аналози изискват използването на описателни конструкции или заемки. Важно е да се избягват недоразумения, запазвайки яснотата и точността на превода, което се постига чрез дълбоко разбиране както на геодезията, така и на особеностите на двата езика.

3. ГРАМАТИЧНИ И СИНТАКТИЧНИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА

При превода от руски на български език е необходимо да се отчитат редица граматически различия, които могат съществено да повлияят на точността и яснотата на предаваната информация.

Например, едно от ключовите граматически различия между руския и българския език е наличието на определителни и неопределителни членове в българския. Неправилното използване или пропускане на членове може да доведе до двусмислие или изкривяване на смисъла на изречението.

Морфологията на научно-техническия подстил на научния стил има редица специфични черти. Когато става въпрос за съществителни, характерно е използването на съществителни на

-ост, обозначаващи качество (напр. съчетаемост, последователност и др.), а също и отглаголни съществителни и прилагателни (напр. нивелиране, разглеждане).

При превода от руски на български език трябва да се отчитат важните граматически различия, за да се осигури точност и яснота на информацията. Българският език използва определителни и неопределителни членове, за разлика от руския, което може да повлияе на смисъла на превода. Падежната система на руския език, изразяваща отношенията между думите чрез окончания, изисква преобразуване в предложни конструкции на български. Времената на глаголите също се различават и изискват точно съгласуване за запазване на смисъла. Причастията и деепричастията в руския език могат да наложат реструктуриране на изреченията на български. Отчитането на тези различия е критично важно за правилния и ефективен превод на научно-технически текстове.

В крайна сметка може да се каже, че при превода на геодезически текстове от руски на български език следва да се отчитат синтактичните особености, влияещи на яснотата и точността на информацията. Словоредът в българския език е по-фиксиран в сравнение с руския, което изисква коригиране на структурата на изреченията за естествено звучене и разбиране на текста. Също така българският език е склонен към опростяване на сложни изречения, замествайки ги с по-прости конструкции, което се различава от склонността на руския към сложноподчинени изречения. Освен това българският език изисква точност на синтактично ниво, с преобладаване на съюзи за ясно изразяване на смислови връзки, за разлика от руския, където се използват сложни синтактични конструкции и обособени определения.

4. СТИЛИСТИЧНИ ОСОБЕНОСТИ

Научно-техническият подстил е разновидност на научния стил, използвана в техническата и инженерна документация, изследвания, инструкции и други текстове, свързани с науката и техниката. Той има няколко ключови стилистични особености:

4.1. Точност

Точността (както и яснотата) на научния стил се постига чрез употребата на голям брой термини – думи, които са еднозначни, строго определени в своите значения в рамките на конкретната наука.

4.2. Терминология

За всички области на знанието са разработени специализирани терминологични речници и именно термините са ключовите елементи при написването на научни трудове [2: стр. 201].

Терминът задължително се основава на точно научно определение на понятието и се класифицира като тясно специализиран или общоупотребим. Тясно специализираните термини се използват изключително от специалисти в конкретна област, например в геодезията, където те имат строго определено значение и се използват за описване на специализирани понятия и процеси. Тези термини изискват задълбочени познания в предметната област за тяхното правилно разбиране и прилагане. Докато общоупотребимите термини могат да бъдат познати на широка аудитория и да имат по-общо значение, не задължително свързано с конкретна дисциплина.

В научната реч замената на термините със синоними е нежелателна и дори недопустима. Научният стил изисква минимизиране на използването на синоними, както и ясно определяне на нововъведените понятия. Всички думи трябва да бъдат еднозначни, а изказванията — ясни и недвусмислени, тъй като многозначността на думите не отговаря на изискванията на научния стил. В текста могат да се използват въвеждащи думи и изрази, както и въвеждащи и вмъкнати конструкции за уточняване [3: 297].

4.3. Логическа структура. Обективност

Научно-техническите текстове обикновено имат ясна и логически структурирана организация. Често те са разделени на раздели, като въведение, методи, резултати, обсъждане и заключение, или включват структурирани списъци и схеми, които често се срещат в геодезическите текстове.

Текстът трябва да бъде свободен от лични оценки и емоции. Използваните изрази трябва да бъдат обективни и основани на фактически данни и изследвания.

Научно-техническите текстове често съдържат препратки към източници, данни, изследвания и диаграми. Цитирането и използването на данни трябва да бъдат точни, а препратките оформени в съответствие с установените стандарти.

4.4. Яснота

Стилистиката предполага използването на прости и ясни конструкции. Дългите и сложни изречения могат да затруднят разбирането, затова се предпочитат кратки и преки формулировки. Научно-техническите текстове, особено от областта на геодезията, често включват графики, диаграми, чертежи и други визуални елементи, които помагат за по-добро разбиране и илюстриране на представения материал.

Спецификата на структурата на научния текст, неговата композиция и принципи на разгръщане се определят от неговата екстралингвистична основа, която включва комуникативно-познавателната дейност и характера на знанието. Това означава, че структурата и оформлението на научния текст зависят от целите на общуването, изискванията към представянето на научната информация и особеностите на предметната област. Комуникативно-познавателната дейност предполага, че текстът трябва да бъде структуриран по такъв начин, че ефективно да предава знания и да съдейства за неговото разбиране от аудиторията. Природата на знанието определя как точно трябва да бъдат организирани и изложени данните, хипотезите, резултатите и изводите за постигане на максимална яснота и точност.

4.5. Изводи

Научно-техническият подстил, използван в техническата и инженерна документация, се отличава с няколко ключови особености. Първо, той изисква висока точност и яснота, което се постига чрез използването на еднозначни термини и строги определения. Терминологията играе критична роля, тъй като изисква точно и специфично използване на думи, изключвайки замяната със синоними и многозначност. Второ, научно-техническите текстове имат ясна логическа структура, включваща раздели и визуални елементи, което допринася за обективността и улеснява възприемането на информацията. Трето, текстовете трябва да бъдат обективни и основани на фактически данни, избягвайки лични оценки и емоции. Яснотата на формулировките са важни за осигуряване на разбираемост, а структурата на текста трябва да съответства на неговата екстралингвистична основа, поддържайки целите на общуването и характера на знанието.

5. ЗА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЯ ПРЕВОД

Научно-техническият превод е специализиран вид преводаческа дейност, ориентиран към превода на научно-техническа литература. Този процес съществено се различава от превода на художествени текстове. В техническата литература основното внимание е съсредоточено върху предаването на информация, а не върху изразяването на чувства или емоции. За разлика от художествените произведения, техническите текстове не се стремят да предизвикат естетическо или емоционално въздействие върху читателя. Затова в научно-техническият превод акцентът се поставя върху точността на съдържанието, а не върху формата на неговото представяне.

Преводът на научни и технически текстове играе ключова роля в съвременния стремително променящ се технологичен свят. Ежедневно се появяват нови технически и научни идеи, концепции и термини. Според Лондонския институт по лингвистика, за да стане успешен научен преводач, е необходимо да се притежават широки познания в областта на превеждания предмет, развито въображение за визуализиране на описаното оборудване или процеси, умение да се попълват празнини в изходния текст, както и способност да се изразяват мислите на родния език с яснота, краткост и точност. Практическият опит в превода в сродни области също е изключително важен. С други думи, добрият технически преводач трябва да бъде едновременно учен или инженер и лингвист.

Особеностите на научно-техническите текстове изискват внимателно отчитане. Основната цел на такива текстове е да се донесат до адресата резултатите от научни изследвания, да се опишат технически разработки, да се обосноват научни хипотези, да се представят нови концепции или идеи, както и да се обучи използването на научни данни и технически инструменти.

Езикът на научно-техническите текстове трябва да бъде пределно точен и ясен, за да се осигури пълно и правилно изразяване на фактите и мислите. Следователно, главните критерии за качествен превод са точността и яснотата. Основната функция на научно-техническия стил е информативна. Предаването на логическа информация, нейната новост и значимост е основна задача на автора на всеки научно-технически текст.

В научно-техническия подстил могат да се открият черти на същинския научен, техническия и инструктивния (образователния) подстил. Всеки от тях обхваща определени жанрове, като монографии, ръководства, учебници, статии, отчети, технически описания и други. Отличителни черти на научно-техническия подстил са точността, логичността, сбитостта, обективността и формалността.

Основните лингвистични особености на текстовете на научния дискурс включват: използване на голям брой термини, съкращения и абривиатури, характерни за конкретната област на знанието; активно прилагане на неологизми и заимствани думи; обезличен стил на изложение; преки препратки към други автори; както и включване на цитати, бележки под линия и кръстосани препратки [6: стр. 148].

Научно-техническият превод е специализирана област на превода, съсредоточена върху предаването на информация без емоционално или естетическо влияние. Основната задача на научно-техническата литература е точното и ясно донасяне на факти и идеи. За успешен превод на такива текстове е необходимо съчетание от дълбоки познания в предметната област и умения за точно изразяване на мисли. Качественият научно-технически превод изисква отчитане на спецификата на езика, включително използването на терминология, съкращения и специфични подстилове, като същинския научен, техническия и инструктивния.

6. РОЛЯТА НА МЕЖДУНАРОДНИТЕ СТАНДАРТИ ISO В ГЕОДЕЗИЯТА И СТАНДАРТИЗАЦИЯТА НА ТЕРМИНОЛОГИЯТА

Международният стандарт ISO (International Organization for Standardization) е глобална организация, която разработва и публикува международни стандарти за различни отрасли. Стандартите ISO обхващат широк спектър от области, от качеството на продукцията и услугите до управлението и екологичната безопасност.

В областта на геодезията стандартите ISO играят ключова роля за осигуряване на точност, надеждност и съвместимост на геодезическите данни и инструменти. Стандартите ISO определят методи за измервания, обработка на данни и използване на геодезическо оборудване, което позволява на специалистите по целия свят да работят със съгласувани и признати методики. Това е особено важно в международни проекти, където геодезическите данни трябва да бъдат съпоставими и интегрируеми независимо от региона или използваното оборудване.

В Русия работата по систематизиране на терминологията се извършва от техническия комитет (ТК) по стандартизация на Росстандарт. На международната сцена тези въпроси се курират от техническия комитет на ISO. От 1 март 2012 г. влизат в сила препоръки, определящи реда и съдържанието на работата по стандартизация на научно-техническата терминология на всички етапи от разработването на стандарти за термини и определения, предвидени във Федералния закон. Положенията на тези препоръки се прилагат на цялата територия на Русия, включително от техническите комитети по стандартизация, юридически и физически лица, участващи в разработването на стандарти за термини и определения, както и подготвящи заключения по проекти на такива стандарти.

Разработването на национални стандарти за термини и определения в областта на геодезията, картографията, топографията, фотограмметрията, геоинформационните системи и геопространствените данни се осъществява в рамките на техническите комитети на Росстандарт: ТК 404 „Геодезия и картография“, ТК 394 „Географска информация / геоматика“, както и подкомитет 7 „Радионавигационни средства за геодезически, хидрографски и земеустройствени работи“ на комитета ТК 363 „Радионавигация“. Следва да се отбележи, че

подкомитет 051 „Геоинформационни технологии“ на комитета ТК 22 „Информационни технологии“ в момента е разформиран.

Терминологичните речници се създават на основата на уникална база данни „Руска терминология (БД РОСТЕРМ)“, съдържаща над 140 хиляди терминологични статии от ГОСТ, ГОСТ Р, стандарти на ISO и Международната електротехническа комисия, а също и от терминологични приложения към тях. В допълнение към това, в БД РОСТЕРМ са включени най-актуалните термини от речниците на КНТ РАН и тематичните речници на руски и международни научни дружества и асоциации. Всички термини и определения са представени на руски език с техните еквиваленти на английски [5: стр. 7].

Извод: Стандартите ISO играят важна роля в геодезията, осигурявайки глобална точност, надеждност и съвместимост на данните и инструментите. Те установяват международно признати методи за измервания и обработка на данни, което е особено критично за международни проекти. В Русия стандартизацията на терминологията в геодезията и сродните области се извършва от Росстандарт, който разработва национални стандарти въз основа на препоръките на ISO и други международни организации. Националните стандарти и терминологични речници се опират на уникални бази данни, осигурявайки еднообразие и точност в използването на термини.

7. ПРИНЦИПИ И МЕТОДИКА НА ПРЕВОДА

Преводът на геодезически текстове, както и на други научно-технически документи, изисква използването на определени принципи и методи, осигуряващи точност и адекватност на предаваната информация.

7.1. Принципи на превода

Еквивалентност: Означава постигане на максимално възможно съответствие между оригиналния текст и превода. Това е особено важно в научно-техническите текстове, където значението на всеки термин трябва да бъде точно предадено, за да се избегнат изкривявания и недоразумения. В геодезическите текстове е необходимо да се отчита спецификата на терминологията и да се използват аналогични по значение термини в българския език.

Адекватност: Предполага запазване на функционалното предназначение на текста при превода. Адекватен превод е превод, в който преводачът, ориентирайки се към целта на превода и особеностите на аудиторията, предава само денотативната еквивалентност (т.е. равностойността на изходния и преводния текст на ниво предметно-логическо съдържание), като другите типове еквивалентност могат да бъдат игнорирани [7: стр. 179].

Точност на терминологията: В научно-техническите текстове е изключително важно да се спазва точността на терминологията. Използването на неверен термин може да доведе до неправилно разбиране на текста, което е особено критично в техническата документация. Затова преводачът трябва да използва проверени и общоприети термини, съответстващи на българския научен дискурс.

7.2. Методи на превода

Калкиране: Предполага буквален превод на елементите на оригиналния текст със запазване на тяхната структура. Този метод може да бъде полезен при предаване на термини, които нямат точен аналог в българския език. Например, някои геодезически термини могат да бъдат преведени чрез калкиране от руски език, за да се запази тяхното значение.

Транскрипция и транслитерация: Прилагат се, когато преводачът се сблъсква с термини или собствени имена, които нямат еквиваленти в целевия език. В такива случаи термините могат да бъдат пренесени в българския текст с минимални изменения или в оригиналната им форма. Това често се прилага при превода на наименования на оборудване или софтуер, използван в геодезията.

Адаптация: Използва се в случаите, когато термин или конструкция в изходния език няма точно съответствие в езика-реципиент. В такъв случай преводачът може да адаптира текста, използвайки близки по смисъл термини или изрази, които ще бъдат по-разбираеми за целевата аудитория. Този метод е важен за запазване на функционалността на текста при неговата адаптация към българския езиков контекст.

Описателен превод: Използва се в случай на липса на пряко съответствие на термина в езика-реципиент. Преводачът прибегва до обяснение или описване на значението на термина, за да предаде смисъла на оригинала. В такъв случай не се използва транскрибиране, а реалиите или термините се предават със собствени думи [1]. В геодезическите текстове този метод може да се прилага за обяснение на специализирани понятия или процеси, които нямат аналози в българския език.

Преобразуване на структурата: Преобразуване на структурата на изречението или на текста като цяло е възможно при превод на сложни синтактични конструкции от руски на български език. Този начин може да включва опростяване на сложни изречения, промяна на словоредата или преструктуриране на изречението за съответствие с нормите на българския език.

7.3. Спомагателни средства

При превода на геодезически текстове важна роля играят специализираните речници, терминологичните бази данни и софтуерът за превод. Използването на такива ресурси помага на преводача да осигури точност и еднообразие на терминологията в целия текст.

Също така могат да бъдат полезни консултациите с експерти в областта на геодезията, за да се уточнят значенията на специфични термини и понятия. Съвременните системи за автоматизиран превод, като инструментите CAT (Computer-Assisted Translation), също могат да се използват като помощни средства, но тяхната употреба трябва да бъде внимателно контролирана от преводача, за да се гарантира точността и адекватността на крайния текст.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преводът на геодезически текстове от руски на български език е специализирана дейност, която изисква съчетание от дълбоки познания в областта на геодезията, лингвистични умения и познаване на специфичните преводачески методи. Основните предизвикателства са свързани с точната терминология, граматичните различия като членуването и словоредата, както и със стилистичните особености на научно-техническия стил. Качественият превод, който отчита тези аспекти, е от съществено значение за улесняване на международното сътрудничество и за осигуряване на точността и яснотата на научната информация.

9. ЛИТЕРАТУРА

1. Влахов, С., С. Флорин. Непреводимото в превода, Наука и изкуство, София, 1990, 356
2. Вьюгина С.В. Научный стиль – лексические особенности, 2020, труды Международного симпозиума «Надежность и качество», том 1, с. 201-203
3. Кожина М.Н., Дускаева Л.Р., Салимовский В.А. Стилистика русского языка, 2011, учебник, 4-е издание, стереотипное, М., изд. «Наука»
4. Комарова А.И., И.Ю. Окс. Особенности перевода географических контекстов на английский язык. Вестн. Моск. ун-та. Сер. 19. Лингвистика и межкультурная коммуникация. 2013, № 4, с. 18-31
5. Плешков В.Г., Побединский Г.Г. О терминологии в области геодезии, картографии и геоинформатики: Геопрофи 6', 2015, с. 4-8
6. Сигачева Н.А., Маршева Т.В. Проблемы перевода англоязычных научных текстов в сфере геодезии: Казанский лингвистический журнал, 2018, том 1, № 4 (4), с. 143-153
7. Шамова, О. Г. Адекватность и эквивалентность перевода. Вестник Вятского государственного гуманитарного университета, 2005, 1, 179-182.

АДРЕС НА АВТОРА

1. Инж. Васил Димитров – инженер геодезист, бакалавър и магистър по „Руска филология“ с преводачески профил
Софийска гимназия по строителство, архитектура и геодезия „Христо Ботев“,
Бул. „Евлоги и Христо Георгиеви“ № 34, София, 1000, България
Тел. + 359 885 622 419
v.dimitrov@sgcag.info.

РЕДУКЦИОНЕН МОДЕЛ ЗА ТЕОРЕТИЧНИ СТАНДАРТНИ ОТКЛОНЕНИЯ НА ЛИНЕЙНИТЕ ВЕЛИЧИНИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ИЗМЕРВАНИЯ ОТ ТОТАЛНА СТАНЦИЯ

Захари Стоянов, СГСАГ „Христо Ботев“

РЕЗЮМЕ

Теоретичните стандартни отклонения на измерванията и величините, изведени от тях, са използвани в тяхното осредняване и определянето на техните тежести в геодезически изравнения. Съществуващият български софтуер за изравнение не отразява реалистично начинът по който грешките при центриране и грешките във височината на инструментите трябва да са редуцирани. Също така не предлага начин за включване на измервания, извършени от различни инструменти с варираща точност, в един проект. В тази статия ще бъде разгледан по-теоретично коректен редукиционен модел за грешките в центрирането, както и софтуерна имплементация на него, която също така позволява включване на измервания, извършени с варираща точност.

Ключови думи: изравнения, тежести, теоретически стандартни отклонения, редукия.

REDUCTION MODEL FOR THEORETICAL STANDARD DEVIATIONS OF LINEAR QUANTITIES DERIVED FROM TOTAL STATION OBSERVATIONS

Zahari Stoyanov, SGCAG “Hristo Botev”

SUMMARY

Theoretical standard deviations are used in averaging observed and derived quantities, as well as determining their weights in network adjustments. Existing Bulgarian adjustment software does not accurately reflect the way centering and height errors should be reduced. It also provides no way of correctly averaging and weighing measurements made with instruments of varying accuracy within the same project. This paper will cover a more theoretically sound reduction model for centering errors in linear quantities, as well as a software implementation of it, which also allows for including measurements of varying accuracy.

Key words: adjustments, weights, theoretical standard deviations, reduction.

1. ГРЕШКИ ПРИ ЦЕНТРИРАНЕ И ВИСОЧИНА НА ИНСТРУМЕНТА ПРИ ЛИНЕЙНИТЕ ВЕЛИЧИНИ

Грешката в центрирането на инструмента присъства във всички измервания извършени от него. Правейки няколко отчета от една независимо поставена станция намаля случайно проявилите се грешки в измерваните величини, но грешката от центрирането няма как да бъде редуцирана по този начин [2, стр. 109]. Единственият начин тя да е намалена в крайната

осреднена стойност за разстоянието е чрез няколко независими поставяния на инструмента. Същото важи и за грешката при центрирането на сигнала.

Но моделът за определяне на ТСО (теоретични стандартни отклонения), имплементиран в българския софтуер за изравнения не рефлектира това. Най-общо, за линейните величини (превишения и хоризонтални разстояния) той е определен като

$$(1) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{отчет}}^2 + \sigma_{\text{ст.}}^2 + \sigma_{\text{сиг.}}^2}{n}}$$

където: n е общият брой отчети, от които са определени стойности за съответната линейна величина, $\sigma_{\text{отчет}}$ е ТСО, породено от случайните грешки в отчитането на зенитния ъгъл и наклоненото разстояние, $\sigma_{\text{ст.}}$ е грешката в центрирането или във височината на станцията, $\sigma_{\text{сиг.}}$ е грешката в центрирането или във височината на сигнала [3].

Вижда се, че грешките от центрирането са редуцирани за всеки отчет, което е некоректно. Редуцирането на ТСО трябва да се извършва на стъпки.

1.1. Изчисляване хоризонтални разстоянията от отчетените стойности

Определя се стойността на измереното хоризонтално разстояние за всяко отчитане

$$(2) \quad D_{\text{отчет}} = S \sin \zeta$$

където: S е измереното наклонено разстояние, а ζ е зенитният ъгъл.

Тогава, ТСО се определя като

$$(3) \quad \sigma_{\text{отчет}} = \sqrt{(k_{\zeta} \sigma_{\zeta})^2 + (k_S \sigma_S)^2}$$

където: σ_{ζ} е ТСО на измерения зенитен ъгъл в радиани, σ_S е ТСО на измереното наклонено разстояние, определено с константите на електродалекомера, а k_A са коефициенти, определени като частните диференциали на функцията от измерените величини, спрямо A [2, стр. 91].

$$(4) \quad k_{\zeta} = -S \cos \zeta$$

$$(5) \quad k_S = \sin \zeta$$

$$(6) \quad \sigma_{\text{отчет}} = \sqrt{(-S \cos \zeta \sigma_{\zeta})^2 + (\sin \zeta \sigma_S)^2}$$

1.2. Редуциране грешките в отчетените разстояния и прибавяне грешките от центриране

Формулата за изчисляване на ТСО на величина, осреднена с вариращи тежести (ако тежестите са определени по формула (13)) има следния вид [1, стр. 159]

$$(7) \quad \sigma_{\text{ред.}} = \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2}} \right)^{-1}$$

В това се състои процеса на редуциране на стандартните отклонения. В частният случай, в който всички ТСО от този ред са идентични, формулата може да е опростена. [1, стр. 156]

$$(8) \quad \sigma_{\text{ред.}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Следва грешките от отчетите да бъдат редуцирани за двойката станция-сигнал, с които са направени измерванията, след което се прибавят съответните им грешки от центрирането [2, стр. 154]. Понеже отчетите са извършени от една тотална станция с едни параметри на точността, ТСО на изчислените от тях разстояния трябва да са на практика идентични. Съответно може да се ползва формула (8). Нека с индекс „центр.“ да бъдат означени ТСО, в които са включени грешки при центрирането и от станцията, и от сигнала.

$$(9) \quad \sigma_{\text{центр.}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{отчет}}^2}{n} + \sigma_{\text{ст. центр.}}^2 + \sigma_{\text{сиг. центр.}}^2}$$

Разстоянията измерени от тази станция са осреднени с еднакви тежести, отново поради идентичните им ТСО.

$$(10) \quad D_{\text{центр.}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_{\text{отчет},i}$$

В частния случай, в които станцията е поставена веднъж, но са направени отчети към щок, който е бил вдиган и поставян независимо няколко пъти (няколко пъти се проявява грешката от центрирането му), следва стъпково да бъдат редуцирани първо грешките от отчетите към всяко поставяне на сигнала, и след това грешките от центрирането му.

$$(11) \quad \sigma_{\text{сиг}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{отчет}}^2}{n} + \sigma_{\text{сиг. центр.}}^2}$$

Понеже е възможно сигналите да са дефинирани с различни грешки при центрирането, формула (8) не е подходяща и следва да е използвана формула (7).

$$(12) \quad \sigma_{\text{центр.}} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_{\text{сиг},i}^2}\right)^{-1} + \sigma_{\text{ст. центр.}}^2}$$

Аналогично, в осредняването съответните грешки за всеки сигнал са използвани в определянето на тежестите.

$$(13) \quad p_i = \frac{1}{\sigma_i^2}$$

$$(14) \quad D_{\text{центр.}} = \frac{\sum_{i=1}^n D_{\text{сиг},i} p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

В още по-редкия случай, в който за едно поставяне на щока няколко пъти независимо е центрирана станцията, изчислителният процес е обърнат.

$$(15) \quad \sigma_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{отчет}}^2}{n} + \sigma_{\text{ст. центр.}}^2}$$

$$(16) \quad \sigma_{\text{центр.}} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_{\text{ст},i}^2}\right)^{-1} + \sigma_{\text{сиг. центр.}}^2}$$

1.3. Крайно осреднение на величината и редуциране нейните ТСО

След като са изчислени средните стойности за разстоянието от всяка станция и са намерени техните ТСО в които са включени грешките от центриране, крайното разстояние е осреднено с тежести по (13), а грешката е редуцирана по (7).

$$(17) \quad D = \frac{\sum_{i=1}^n D_{\text{ст},i} p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

$$(18) \quad \sigma = \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_{\text{ст},i}^2}}\right)^{-1}$$

σ е окончателното ТСО на това хоризонтално разстояние и ще се използва в определянето на неговата тежест в изравнението.

Процесът на редуцирането на грешките във височините на инструмента и сигнала при превишенията е почти идентичен. Грешките във височините на инструментите се проявяват за всяко независимо определяне на височина. При станцията това измерване съвпада и с нейното поставяне, правейки грешката в нейната височина изчислително идентична с тази от нейното центриране. Но височината на сигнала не е измерена всеки път, когато той е поставен. Има възможност дори за целия проект да е измерена само веднъж. Тогава формулите (15) и (16) са най-подходящи.

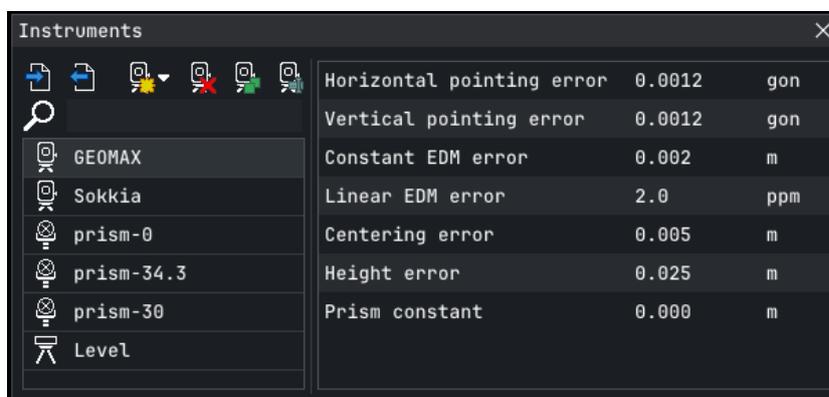
2. ИЗМЕРВАНИЯ ИЗВЪРШЕНИ ОТ ИНСТРУМЕНТИ С ВАРИРАЩА ТОЧНОСТ

В геодезическата практика често се случва в един проект да са използвани инструменти с различни параметри на точността (параметри на далекомера, грешки при насочването, грешки при центрирането и др.) Логично е измерванията, извършени от инструменти с по-висока точност да получат по-ниско ТСО, и съответно по-високи тежести. Горноописания редукиционен модел коректно осреднява измерванията в този случай по формулите (13) и (14) и редуцира крайното ТСО с (7).

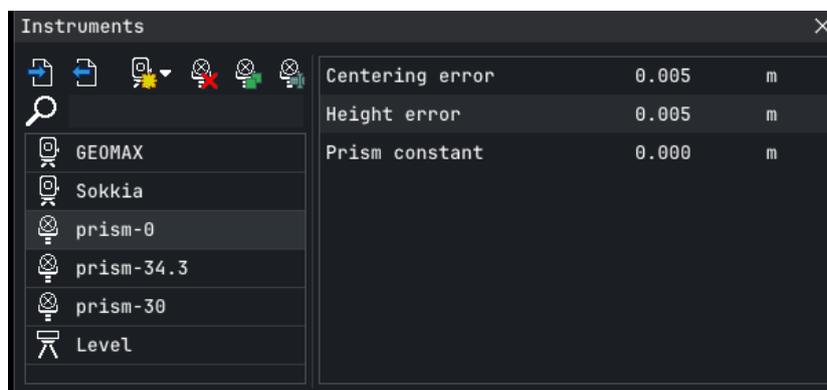
3. СОФТУЕРНА ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ НА ГОРЕОПИСАНИТЕ МОДЕЛИ

Geolyth (Геолит) е софтуерна разработка за изравнения на геодезически мрежи и анализ и обработка на геодезически измервания. По-долу са показани части от програмата, касаещи темата на тази статия.

Параметрите на точността са зададени в отделен интерфейс (фиг. 1, фиг. 2), като всяка група от параметри представлява отделен инструмент от определен тип (тотална станция, призма, нивелир). Освен параметри на точността, в инструментите от тип тотална станция и призма може да бъде зададена призменията константа, понеже се случва тя да е забравена, в който случай иначе ще трябва ръчно да се нанасят корекции върху всяко измерено разстояние.

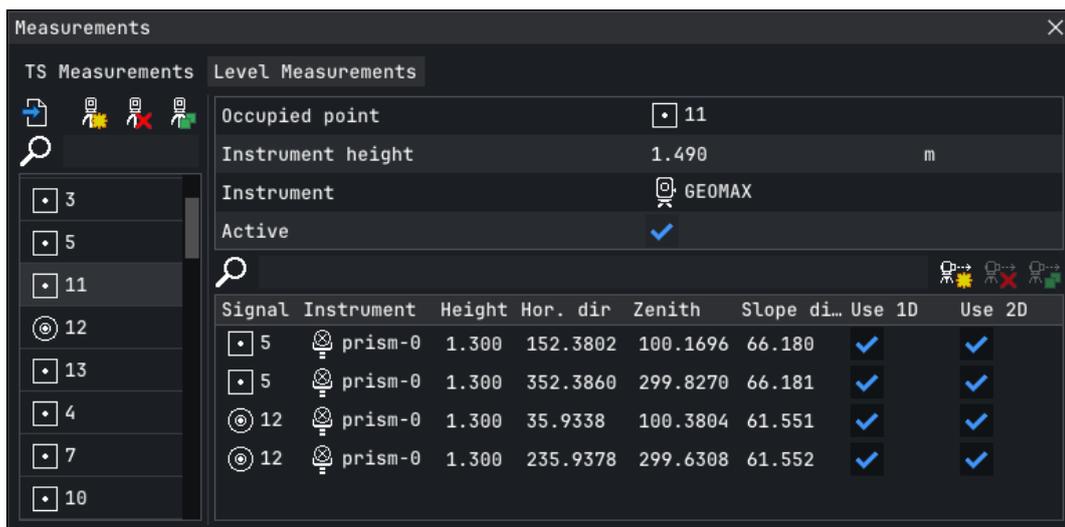


Фиг.1. Параметри на точността за тотална станция „GEOMAX“



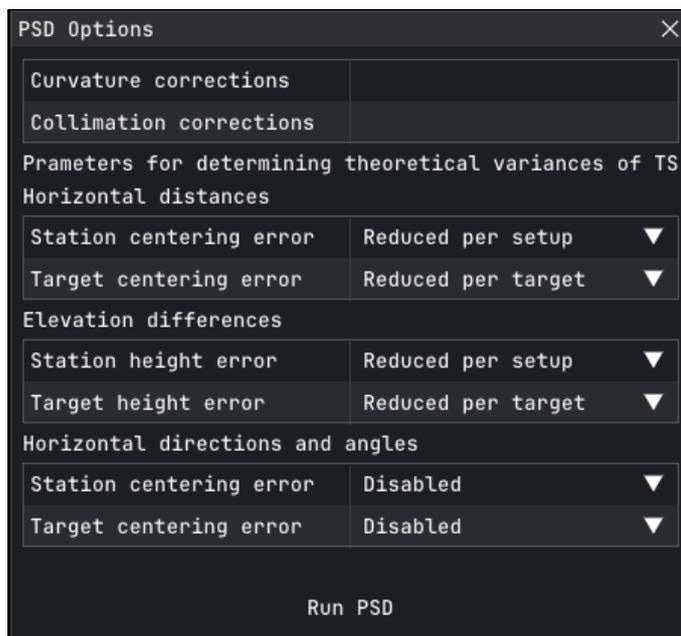
Фиг. 2. Параметри на точността за призма „prism-0“

От регистъра на измерванията (фиг.3) може да се зададе съответно използвания инструмент. В случая се вижда, че върху пт. 11 е поставена станция Геоматх, и че всички измервания извършени от нея са към отразител „prism-0”.



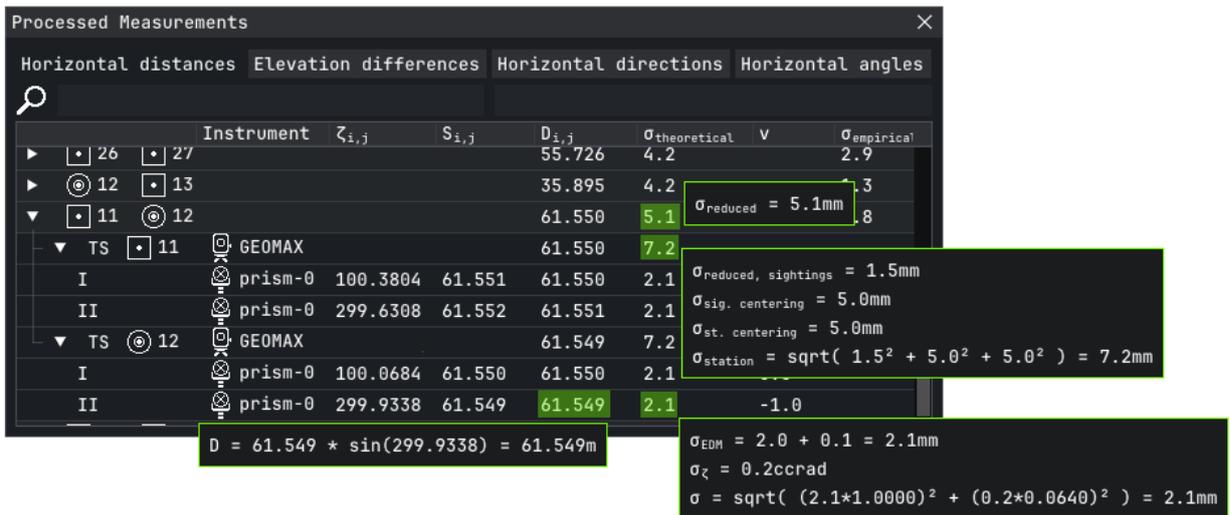
Фиг. 3. Регистър на измерванията

След като са зададени използваните инструменти в измерванията, може да бъде пуснат модул ПОГИ (предварителна обработка на геодезически измервания), който изкарва осреднени стойности за определени величини, техни ТСО и ЕСО (емпирични стандартни отклонения). Преди всеки модул могат да бъдат избрани съответно неговите настройки (фиг. 4), като в този случай може да се зададе редукиционния модел на грешките от центриране (по подразбиране, той е какъвто е описан в т. 1).



Фиг. 4. Настройки за ПОГИ

Интерфейса на ПОГИ (фиг. 5) показва отделните стъпки на осредняване и редуциране на грешките от центриране. Поставяйки мишката върху която и да е стойност дава информация за това как е изчислена. Също така има информация за ЕСО, груби грешки, и други емпирично определени статистически величини, но това не влиза в темата на този доклад.

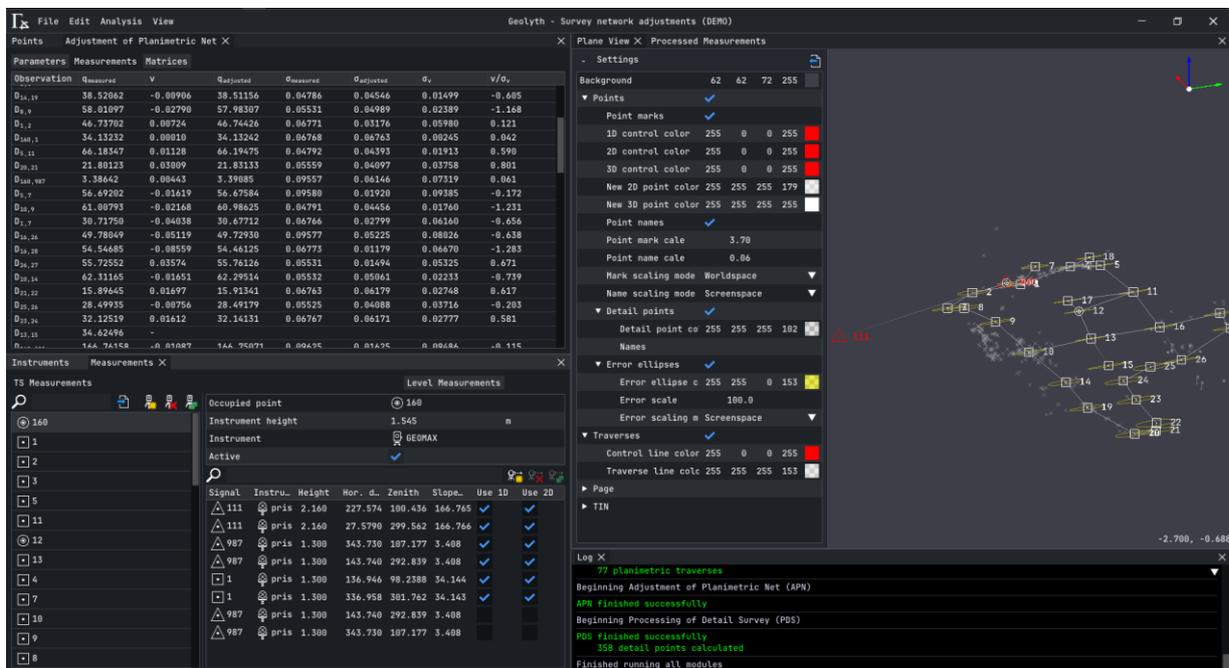


Фиг. 5. Резултати от ПОГИ (елементите са маркирани в зелено за да се повиши вниманието към тях)

ТСО от грешките в отчетите за всяко измерване е 2.1mm. ТСО за всяка двойка станция-сигнал с добавени техните грешки от центриране е 7.2mm. Крайното ТСО за разстоянието между точки 11 и 12, което ще е използвано в изравненията, има стойност 5.1mm, а самото разстояние е осреднено до 61.550m.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За да бъдат осигурени правилно избрани тежести в изравнения по МНМК трябва коректно да бъдат определени ТСО на величините, използвани в него. За целта в програмата Геолит са имплементирани нови редукционни модели и възможността за добавяне на много инструменти в един проект.



Фиг. 6. Общ изглед на Geolyth

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Костадинов, К., В. Вълчинов, Математическа обработка на геодезически измервания. София, УАСГ, 2012, 156-159
2. Charles D. Ghilani: Adjustment Computations, Spatial Data Analysis, <https://engineering.purdue.edu/~bethel/adjcmp.pdf>
3. Geolyth Documentation – Математически модел за изравнение на нивелачни мрежи, използван в TPlan, https://geolyth.org/bg/tplan_level_net.html

АДРЕС НА АВТОРА

1. Захари Стоянов
Софийска гимназия по строителство, архитектура и геодезия „Христо Ботев“,
Бул. „Евлоги и Христо Георгиеви“ № 34, София, 1000, България
Тел. + 359 87 711 7275 E-mail dev.geolyth@gmail.com

РАЗРАБОТВАНЕ НА УЕБ-БАЗИРАНА ГЕОИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА ЗА ВОДОПАДИТЕ В БЪЛГАРИЯ

**Гл. ас. д-р инж. Тамара Илиева-Цветкова, ас. инж., Боряна Николова-Тодорова,
УАСГ, инж. Магдалена Бояджиева, спец. ГеоИС - УАСГ, инж. Гергана Петрова,
спец. ГеоИС – УАСГ, инж. Виолина Атанасова, спец. ГеоИС – УАСГ, Ния
Стефанова, спец. ГеоИС – УАСГ, инж. Димитър Николов, спец. ГеоИС – УАСГ**

РЕЗЮМЕ

Настоящата публикация има за цел да представи разработената уеб-базирана геоинформационна система (ГИС) за водопадите в България, която надгражда проектираната и реализирана по проекта специализирана пространствена база данни (ПБД). Системата използва технологии с отворен код, включително OpenStreetMap, Leaflet и GeoServer. Водопадите са визуализирани върху базова карта с добавени функционалности за търсене и филтриране, геолокация на потребителя, извличане на справки, достъп до допълнителна информация и сваляне на маршрути във формат *.kmz. Уеб приложението е реализирано чрез двуслойна архитектура, като сървърът предоставя пространствени данни посредством OGC стандарти (WMS/WFS), а клиентската част осигурява интерактивна визуализация чрез Leaflet. Разработката е с отворен модел и има възможност лесно да се надгражда в бъдеще.

Ключови думи: Уеб-базирана ГИС, разработване на геоинформационна система, водопадите в България

DEVELOPMENT OF A WEB-BASED GEOINFORMATION SYSTEM FOR THE WATERFALLS IN BULGARIA

**Chief Assist. Prof. PhD Eng. Tamara Ilieva-Tsvetkova, Assist. Prof. Eng. Boryana
Nikolova, UACEG, Eng. Magdalena Boyadzhieva, GeoIS – UACEG; Eng. Gergana
Petrova, GeoIS – UACEG; Eng. Violina Atanasova, GeoIS – UACEG; Niya Stefanova,
GeoIS – UACEG; Eng. Dimitar Nikolov, GeoIS – UACEG.**

SUMMARY

This publication aims to present the developed web-based geographic information system (GIS) for the waterfalls in Bulgaria, built on the specialized spatial database (SDB) designed and implemented under the project. The system uses open-source technologies, including OpenStreetMap, Leaflet, and GeoServer. The waterfalls are visualized on a base map with additional functionalities for search and filtering, user geolocation, retrieval of reports, access to additional information, and routes in kmz format. The web application is implemented by using a two-layer architecture, with the server providing spatial data using OGC standards (WMS/WFS), and the client part providing interactive visualization using Leaflet. The development has an open model, which will allow easy future upgrades.

Keywords: Web-based GIS, geoinformation system development, waterfalls in Bulgaria

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Водопадите са едни от най-привлекателните природни туристически обекти в страната, като някои от най-известните и посещаваните са Райското пръскало, Врачанска скакля, Бовска скакля, Крушунските водопади и др. За част от тях има добра реклама, изградени екопътеки и маркирани туристически маршрути, докато други са труднодостъпни и добре скрити в природните паркове и резервати.

При предварителните проучвания за настоящия проект е установено, че към Министерство на туризма и Министерство на околната среда и водите няма наличен регистър с данни за водопадите и няма информация за характеристиките на тези обекти. В интернет може да бъде открита разнообразна информация, включваща приблизителни координати на различни водопади, както и данни за височините им, като не става ясно обаче кой, по какъв начин и с каква точност е извършил измерванията. В тази връзка, се счита, че разминаванията в данните за височината на водопадите се дължат основно на това, че преди този проект не е била налична ясна дефиниция за това как да се определят най-високата и най-ниската им точка, а също няма и официално приет достатъчно надежден метод за определяне височината на водния пад.

Предвид написаното до тук с настоящият проект се цели разработването на систематизирана пространствена база с данни за водопадите в България, която да бъде достъпна за по-широк кръг от потребители чрез интерфейса на уеб-базирана геоинформационна система, в която характеристиките на обектите са определени от преки геодезически измервания.

По време на изпълнението на проекта са дадени основни дефиниции, свързани с елементите на водопадите, разработена е и комплексна система за класификацията им [3]. Проведени са теренни геодезически измервания на множество обекти [6], включително Дяволско пръскало, който официално е установен като най-висок водопад в България и на Балканите – 202,5 m [2]. Измерванията са извършени със специализирано оборудване за осигуряване на надеждни резултати [1], като в някои случаи е търсено и съдействието на служители от националните паркове.

За всеки от водопадите са извършени минимум двукратни, но в общия случай трикратни или четирикратни измервания и изчисления за проверка и сигурност в получените резултати. При набирането на данните на терен са използвани карнети за запис на резултатите, като за целта на по-късен етап е създадена и мобилна форма [4] с цел улесняване последващото въвеждане на информацията в специално разработената за целта база данни [5]. Пространствената база данни е реализирана чрез използването на система за управление с отворен код PostgreSQL/PostGIS [12, 13] през интерфейса на pgAdmin [11], а графично данните са визуализирани в среда на QGIS [14]. Тази ПБД стои в основата на описаната в настоящата публикация разработка на геоинформационна система, която осигурява визуализация на обектите върху интерактивна карта, както и достъп до основни данни като височина, приблизителни координати, тип и други, също и свързана допълнителна информация за водопадите с възможност за сваляне на проверени маршрути в *.kmz формат.

2. КОНЦЕПЦИЯ ЗА РЕАЛИЗАЦИЯ НА УЕБ ГИС

Концепцията за реализация на уеб ГИС е представена на фиг. 1 и 2. Решено е да има основна страница с наименование и обща информация за проекта, базова карта с водопадите и легенда към нея (фиг. 1). При селекция на маркера на даден водопад за него се отваря прозорче (pop-up), в което е дадена основна атрибутивна информация за обекта (т.нар. „визитка“). Към основните атрибути има и хиперлинк, водещ към втора страница с данни за конкретния водопад – текстово описание, снимки и маршрут за сваляне (фиг. 2).

Тази концепция е приложена при реализацията на уеб ГИС, но с някои малки промени, предвид наличните данни и някои техни специфични особености. В окончателния вариант е интегрирана допълнителна клиентска логика, позволяваща динамично извличане на атрибутивни данни чрез WMS GetFeatureInfo, както и функционалности за търсене, геолокация и експорт на данни във формат GeoJSON.

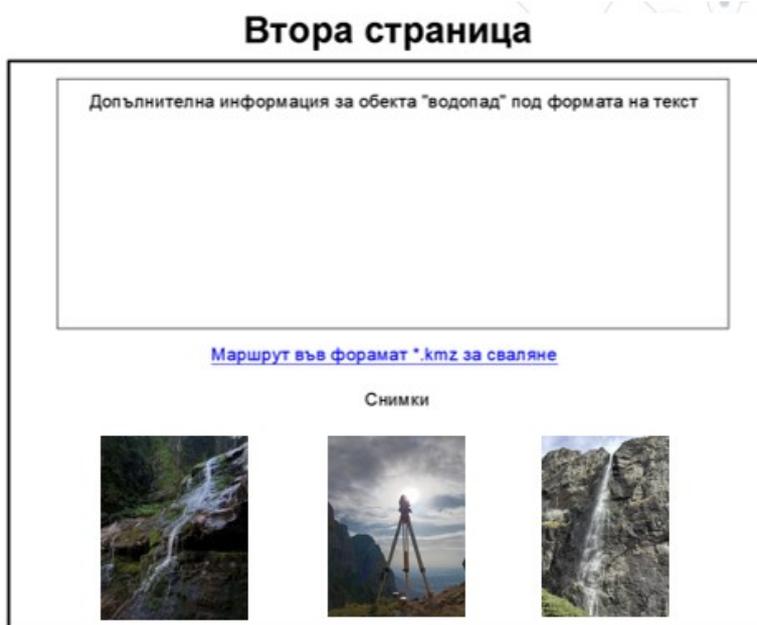
Концепцията предвижда имплементация на програмен слой, който управлява потребителските взаимодействия чрез JavaScript – включително обработка на събития при клик върху картата, автоматично формиране на заявките към GeoServer, визуализация на резултатите и управление на временни слоеве. Включени са и оптимизации за филтриране на

обекти чрез CQL заявки, както и механизми за автоматично центриране и мащабиране на картата спрямо резултатите.

Така разработената концепция обединява визуализация, динамично извличане на данни и интерактивни програмни модули в единна, последователно структурирана архитектура, която осигурява надеждна основа за реализацията на уеб ГИС системата.



Фиг. 1. Концепция за основната страница на уеб ГИС за водопадите

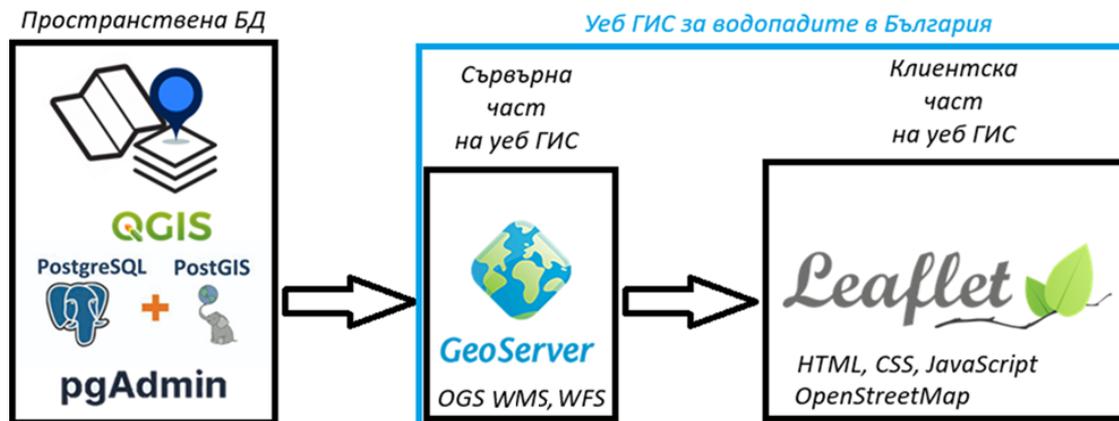


Фиг. 2. Концепция за страницата с допълнителна информация за водопадите

3. РЕАЛИЗАЦИЯ НА УЕБ ГИС

Разработката, която надгражда създадената PostgreSQL/PostGIS пространствена база данни до уеб ГИС, представлява интерактивна уеб платформа, чиято основна цел е да предостави лесен достъп до информация за водопадите в България, включително визуализация на обектите и интерактивна функционалност за потребителите. В базата данни предварително са зададени определени релации между водопадите и измерванията за тях, като извеждането на свързаните данни е валидирано в среда на QGIS.

Уеб ГИС е базирана на двуслойна клиент-сървър архитектура (фиг. 3), при която като сървърна страна се използва GeoServer за осигуряване достъп до пространствените данни чрез OGC стандартни услуги WMS/WFS [7, 8]. Потребителският интерфейс (клиентската страна) е реализиран чрез HTML, CSS и JavaScript с помощта на специализираната библиотека Leaflet.js [9] и базова карта OpenStreetMap [10].



Фиг. 3. Използвана двуслойна клиент-сървър архитектура на уеб ГИС

Клиентската част включва набор от програмирани функции, които управляват взаимодействието с картата, обработката на заявки към GeoServer, визуализацията на резултатите и извличането на допълнителна информация. Те са разработени така, че да осигурят бърз обмен на данни и интуитивна работа за потребителя.

Основният потребителски работен поток включва визуализация на WMS слой, извличане на данни чрез GetFeatureInfo и навигация към индивидуални HTML страници, съдържащи снимки, описание и проверени маршрути във формат KMZ.

Програмираните функционалности на клиентската част са следните:

- Локален брояч на посещенията на уеб страницата – използва LocalStorage API, който увеличава броя посещения при всяко зареждане на страницата и визуализира резултата в долната част на интерфейса. Това позволява базова статистика за ползваемост без външни услуги.

- Геолокация на потребителя – при натискане на бутона „Активирайте геолокация“ се изпълнява JavaScript функция, която чрез HTML5 Geolocation API определя текущите координати на потребителя, центрира картата върху местоположението и визуализира маркер с pop-up.

- Динамично търсене на водопади – при въвеждане на име в полето за търсене се създава WFS заявка със SQL филтър и се извличат само обектите, чиито атрибути съвпадат с въведения текст. С помощта на допълнително програмиран бутон за бързо изчистване на резултатите от търсенето се връщат на картата всички маркери;

- Интерактивна справка (GetFeatureInfo) за обекти върху картата – при клик системата изчислява позицията на пиксела, генерира WMS GetFeatureInfo заявка, получава атрибутни данни в JSON формат и ги визуализира ги в pop-up прозорец.

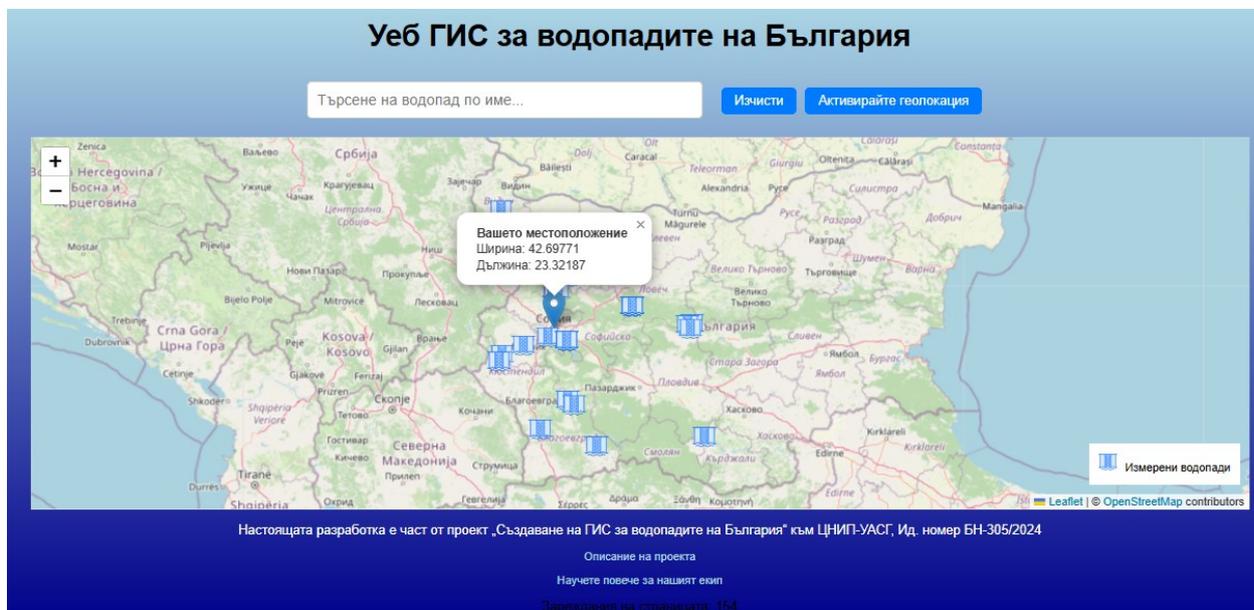
- Автоматично генерирана легенда – в системата е вграден WMS елемент „GetLegendGraphic“, който извежда символите, използвани в слоя с водопадите и има възможност да се обновява автоматично при промяна в GeoServer. Така легендата винаги е синхронизирана с актуалния стил на слоя.

Общият изглед на основната страница с базовата карта, въведени данни за част от измерените водопади, легенда и т.н. е представен на фиг. 4, при активирана опция за геолокация на потребителя. Предвид ограниченото място на основната страница, описанието и данните за екипа на проекта са отделени в допълнителни страници, които се достъпват с хиперлинкове от тази.

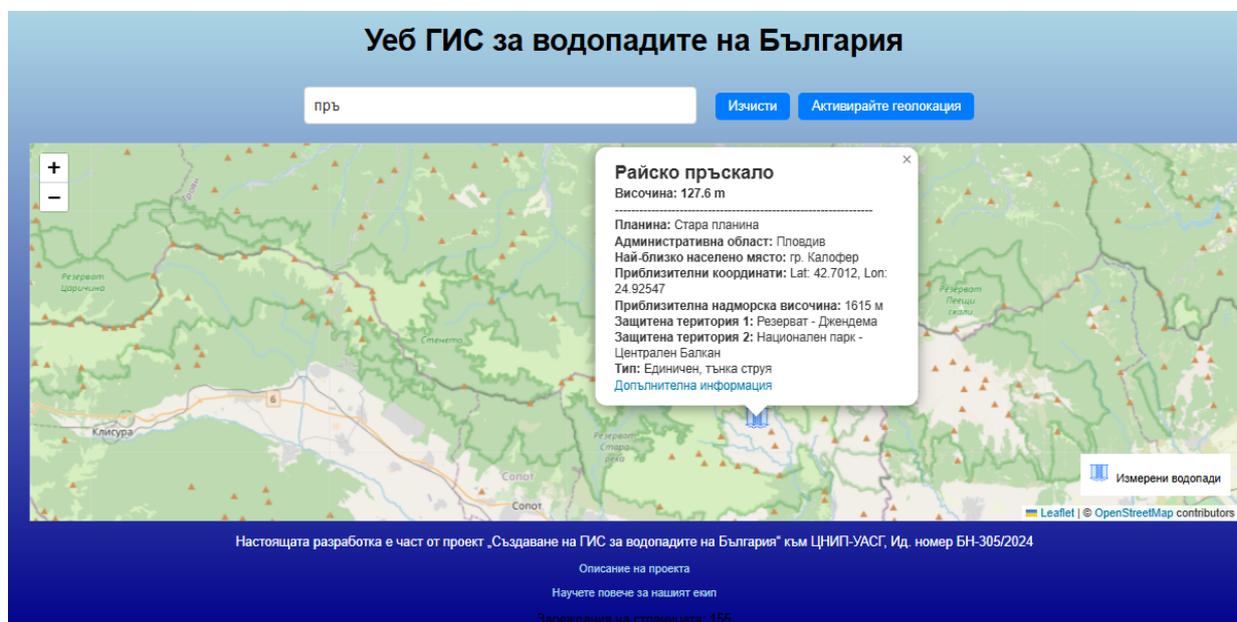
Основните данни за водопадите, които се виждат при избор на обект в системата (фиг. 5 и 6) са следните:

- Име на водопада – за идентифицирането му в системата;
- Височина на водопада – височина в метри, получена от измерванията на терен;

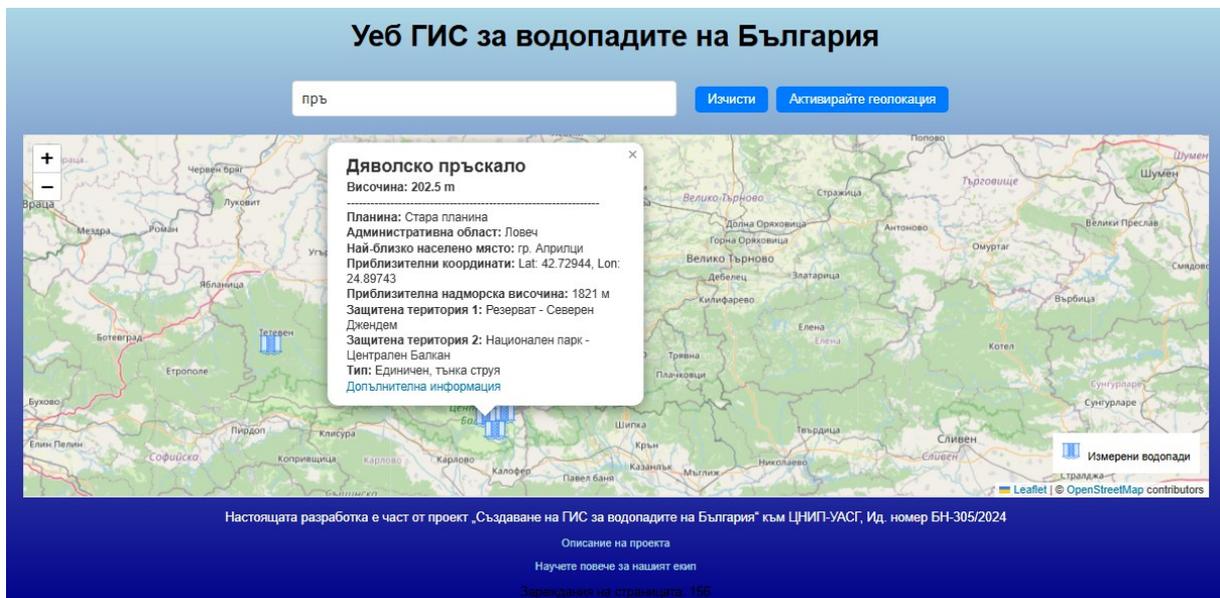
- Данни за местоположение – планина, административна област, най-близко населено място, приблизителни географска ширина, дължина и надморска височина;
- Данни за защитени територии – дали водопадът попада в защитени територии (до 2 такива едновременно, които се задават с техните тип и наименование);
- Тип на водопада – напр. единичен, стъпаловиден и т.н. (не всички водопади са класифицирани по тип, но това предстои да бъде направено през втората година на проекта);
- Допълнителна информация – тук за всеки водопад е добавена допълнителна страница (фиг. 7 и 8), която се отваря с хиперлинк, а в нея има допълнително текстово описание, снимки и други, като за някои от обектите има добавени и *.kmz файлове за изтегляне на вече проверени маршрути до тях.



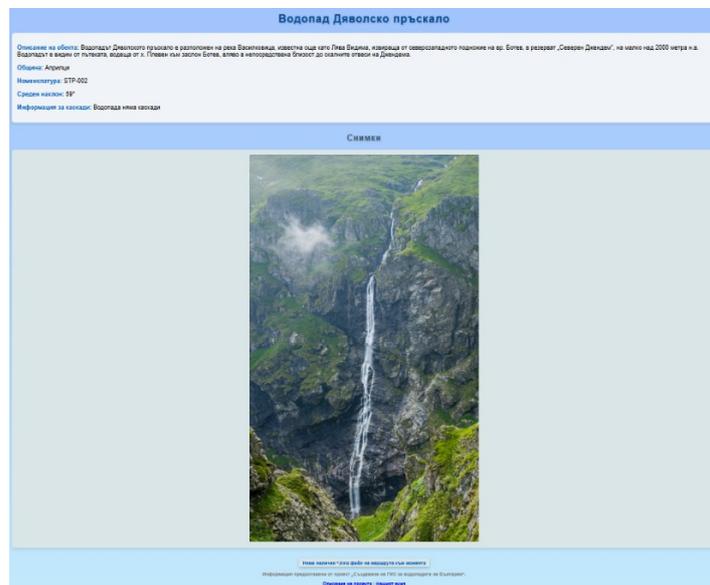
Фиг. 4. Общ изглед на основната страница с базовата карта с въведени данни за част от измерените водопади, при активирана опция за геолокация на потребителя



Фиг. 5. Справка on click за водопад Райското пръскало от основната страница на веб ГИС



Фиг. 6. Справка on click за водопад Дяволското пръскало от основната страница



Фиг. 7. Страница с допълнителна информация за водопад Дяволското пръскало



Фиг. 8. Страница с допълнителна информация за водопад Райското пръскало

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената уеб-базирана геоинформационна система представлява цялостно решение за достъп до събраната, структурирана и проверена информация за водопадите в България. Чрез интегрирането на пространствена база данни, основана на геодезически измервания, и използването на софтуерни технологии, програмни модули и библиотеки с отворен код, системата осигурява и лесна поддръжка.

Изградената архитектура, комбинираща GeoServer, OGC уеб услуги и интерактивен клиентски интерфейс, позволява ефективна визуализация, търсене, експорт и преглед на информация.

Интерактивният интерфейс, визуализацията върху картна основа, функционалностите за търсене, геолокация, достъп до допълнителна информация и възможност за сваляне на маршрути, правят платформата полезен инструмент както за туристи и природолюбители, така и за изследователи. Възможността за бъдещо разширяване на базата данни и функционалностите на системата я превръща в устойчива платформа с потенциал за развитие в контекста на популяризирането, опазването и научното изследване на водопадите в България.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящата научноизследователска разработка по договор БН-305/2024 е подкрепена финансово от Центъра за научни изследвания и проектиране при УАСГ. Ръководител на проекта „Създаване на географска информационна система за водопадите на България“ е доц. Борислав Александров от кат. Геодезия и геоинформатика. Авторите на тази научна публикация са част от екипа по проекта и изказват своята благодарност за възможността да работят по тази толкова интересна тема.

ПРИНОС НА АВТОРИТЕ

Гл. ас. д-р инж. Тамара Илиева-Цветкова – 40% (разработване на концепция и реализация на уеб ГИС, финализиране и структуриране на приложението, научно ръководство и редактиране на ръкописа);

ас. инж. Боряна Николова – 35% (участие в разработването на концепция и реализацията на уеб ГИС, систематизиране и обработка на пространствени данни, оформление на текстови и графични материали);

Магдалена Бояджиева – 5%, Гергана Петрова – 5%, Виолина Атанасова – 5%, Ния Стефанова – 5%, Димитър Николов – 5% (набиране и систематизиране на данни, изготвяне на HTML страници с допълнителна информация и съдействие при разработката на уеб съдържанието).

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, Б., Р. Николов, Експериментален анализ и сравнение на изчислени височини на обекти от измервания с тотална станция и лазерен далекомер SW-600A, сп. Геомедия, публикувано онлайн на 20.06.2024 г. в секция Геодезия, ISSN 1313-3365, 2024, достъпен към 28.11.2025 г.
2. Александров, Б., Р. Николов, М. Цветанов, Геодезически измервания за определяне височината на Дяволското пръскало - най-високият водопад в България, Сборник с доклади, Шеста научна конференция с международно участие „География, регионално развитие и туризъм“, 8-10 ноември 2024, ISBN 978-619-201-807-8, 2024.
3. Балтакова А., Б. Александров, Р. Николов, М. Цветанов, Морфология на водопадите и локализиране на техните елементи при прецизни геодезически измервания, Списание на Българското геологическо дружество, год. 85, кн. 3, 2024, с. 261–264, Baltakova_REV_BGS_2024-3.pdf, достъпен към 30.11.2025 г.
4. Илиева Т., Б. Николова, Р. Николов и колектив, Реализация на ГИС-базирана форма за набиране на данни за водопадите в България, Годишник на УАСГ, Том 58, брой 2, 2025.
5. Илиева Т., Й. Иванова, Б. Николова, Концептуален модел на пространствена база данни за водопадите в България, Годишник на УАСГ, Том 58, брой 2, 2025.

6. сп. Геомедия, рубрика „Геодезия и водопади“ <https://www.geomedia.bg/geodesia/geodeziya-i-vodopadi-novata-poreditsa-na-geomediya/>, достъпен към 30.11.2025 г.
7. GeoServer Services, <https://docs.geoserver.org/latest/en/user/services/>, достъпен към 30.11.2025 г
8. GeoServer. User Manual and Configuration Guide. <https://geoserver.org>, достъпен към 30.11.2025 г
9. Leaflet.js. <https://leafletjs.com>, достъпен към 30.11.2025 г.
10. OpenStreetMap <https://www.openstreetmap.org>, достъпен към 30.11.2025 г.
11. pgAdmin: PostgreSQL Tools, <https://www.pgadmin.org/>, достъпен към 30.11.2025 г.
12. PostGIS Documentation, <https://postgis.net/documentation/>, достъпен към 30.11.2025 г.
13. PostgreSQL, <https://www.postgresql.org/>, достъпен към 30.11.2025 г.
14. QGIS <https://www.qgis.org/>, достъпен към 30.11.2025 г.

АДРЕСИ НА АВТОРИТЕ

1. Гл. ас. д-р инж. Тамара Илиева-Цветкова,
 Университет по архитектура, строителство и геодезия
 Бул. „Хр. Смирненски“, №1, 1046 гр. София/ Bulgaria
ilieva_tamara@yahoo.com
2. ас. инж. Боряна Николова,
 Университет по архитектура, строителство и геодезия
 Бул. „Хр. Смирненски“, №1, 1046 гр. София/ Bulgaria
bnikolova_fgs@uacq.bg
3. инж. Магдалена Бояджиева
 Университет по архитектура, строителство и геодезия
 Бул. „Хр. Смирненски“, №1, 1046 гр. София/ Bulgaria
gfac.5131@uacq.bg
4. инж. Гургана Петрова
 Университет по архитектура, строителство и геодезия
 Бул. „Хр. Смирненски“, №1, 1046 гр. София/ Bulgaria
gfac.5102@uacq.bg
4. инж. Виолина Атанасова
 Университет по архитектура, строителство и геодезия
 Бул. „Хр. Смирненски“, №1, 1046 гр. София/ Bulgaria
gfac.5130@uacq.bg
4. Ния Стефанова
 Университет по архитектура, строителство и геодезия
 Бул. „Хр. Смирненски“, №1, 1046 гр. София/ Bulgaria
gfac.5062@uacq.bg
4. инж. Димитър Николов
 Университет по архитектура, строителство и геодезия
 Бул. „Хр. Смирненски“, №1, 1046 гр. София/ Bulgaria
gfac.5028@uacq.bg

ГЕОФИЗИКА И АРХЕОСЕИЗМОЛОГИЯ – НЯКОИ ПРИЛОЖЕНИЯ В АРХЕОЛОГИЯТА

Проф. д-р инж. Бойко Рангелов,

ARCHAEOSEISMOLOGY AND SHALLOW GEOPHYSICS – SUPPORT TO ARCHAEOLOGY IN BULGARIA

**Boyko Ranguelov, Prof. PhD, Space Research and Technology Institute – Bulgarian
Academy of Sciences**

SUMMARY

The extended review about the performance of the shallow geophysics and archaeoseismology for the archeology studies in Bulgaria is presented. The country is very rich with the archaeological sites, most of them not yet fully disclosed. During the last decade extensive application of various geophysical prospecting methods are performed before and during the archaeological diggings. Magnetometric and gravimetric measurement, electric tomography, radiometry and metal detector measurements are frequently used to solve emerging archeological tasks. The studied targets are of different type – ancient walls, buildings, fortifications and other constructions, necropolis and ovens, ancient metallurgy, metal and non-metal artefacts, tombs and graves, monetary treasures, etc. The archaeoseismology is performed for the documentation of ancient earthquakes, tsunami deposits, and other natural phenomena accompanying strong seismic events. The new discovered seismic effects on the ancient towns and temples, villages and building constructions, churches and bastions, ancient production factories (like salt extraction and masks' productions) are also among the established systematic seismic deformations. The investigated sites helped the scientists for the dating; discovery of new seismic events; multihazard's observed phenomena. The review is accompanied by examples, documented new discoveries and enrichment of the archaeology knowledge. The problems about the application and effectiveness of shallow geophysics and archaeoseismology are also mentioned. Bulgaria is famous country (together with Greece and Italy) with a rich archaeological heritage in Europe. More than 2000 archaeological sites have been discovered, most of them documented but still new ones are appeared especially in the cases of new roads and infrastructures are designed. In such cases new and emergency archaeological diggings must be performed to save the new discovered artefacts and objects.

Keywords: Shallow geophysics; Archaeoseismology; Archaeology, Support, Bulgaria

АДРЕС НА АВТОРА

1. Prof. Boyko Ranguelov, Prof. PhD
Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: branguelov@gmail.com

**МОРСКИ ДИСТАНЦИОННИ И ГЕОФИЗИЧНИ РЕШЕНИЯ ЗА АРХЕОЛОГИЧЕСКО
ПРОУЧВАНЕ НА МОРСКОТО ДЪНОТО НА ЦЕНТЪР ЗА ПОДВОДНА АРХЕОЛОГИЯ**

**Инж. Геофизик Магистър Кирил Велковски, КВ Солюшънс ЕООД,
Д-р Найден Прахов, ЦПА**

РЕЗЮМЕ

Центърът за подводна археология (ЦПА), национален културен институт към Министерството на културата, е държавната организация, отговорна за проучването и опазването на подводното културно наследство на България.

Основан през 1978 г., ЦПА, в тясно сътрудничество с множество партньорски организации и учени, успешно е реализирал редица научноизследователски проекти, включващи широк спектър от иновативни подходи и техники в областта на геодезията, геофизиката и ГИС. Някои от тези разработки са били пионерски за времето си и остават примерни пилотни проекти и до днес.

Благодарение на дългогодишния си опит и на законово установените си отговорности, ЦПА играе водеща роля в най-големите морски археологически и инженерни проекти, осъществявани в българските води на Черно море, включително прекратения проект „Южен поток“, както и мащабната морска археологическа експедиция „Морски археологически проект – Черно море (MAP Black Sea)“, наред с други.

По отношение на технологичните си възможности ЦПА е изключително добре оборудван съобразно международните стандарти. В много отношения той е лидер с дългогодишна експертиза в прилагането на утвърдени практики в морските проучвания.

ЦПА е водеща организация в Черноморския регион в областта на опазването, проучването и популяризирането на подводното културно наследство. Значимо признание за работата и постиженията на ЦПА е официалното одобрение, дадено на 43-тата Генерална конференция на ЮНЕСКО на 10 ноември 2025 г., с което Центърът за подводна археология е определен като регионален черноморски институт от категория 2 под егидата на ЮНЕСКО, отговарящ за прилагането на принципите на Конвенцията на ЮНЕСКО за опазване на подводното културно наследство.

Настоящата статия предлага кратък преглед на развитието на Центъра за подводна археология и на приноса в черноморските пространствени изследвания и демонстрира неговите технологични възможности чрез подбор от реализирани проекти и документирани резултати. Нейната цел е да представи ЦПА пред по-широката общност от специалисти в страната и в чужбина.

Ключови думи: морска геофизика, недеструктивно дистанционно проучване. подводна археология, Черно море.

MARINE REMOTE SENSING AND GEOPHYSICAL SOLUTIONS FOR ARCHAEOLOGICAL STUDY OF THE SEAFLOOR AT THE CENTER FOR UNDERWATER ARCHAEOLOGY

Eng. Geophysicist Master Kiril Velkovski, KV Solutions EOOD, Associate Head of the
Center for Underwater Archaeology – Sozopol.

Dr. Naiden Prahov, Director of the Center for Underwater Archaeology – Sozopol.

SUMMARY

The Centre for Underwater Archaeology, a national cultural institute within the Ministry of Culture of the Republic of Bulgaria, is the state organization in charge of the study and protection of the underwater cultural heritage of Bulgaria.

Founded in 1978, the CUA, working closely with numerous partner organizations and scientists, has successfully implemented numerous research projects, with involvement of wide range of innovative approaches and techniques of geodesy, geophysics, and GIS. Several of these developments were pioneering for their time and remain exemplary pilot projects even today. Drawing on its extensive experience and its legally mandated responsibilities, the CUA has played a leading role in the largest marine archaeological and engineering projects ever undertaken in the Bulgarian Black Sea waters, including the discontinued “South Stream” project, the major archaeological maritime expedition “Maritime Archaeological Project – Black Sea (MAP Black Sea), among others.

In terms of technological capacity, the CUA is exceptionally well equipped according to international standards. In many respects, it is a research leader, with long-standing expertise in applying widely recognized maritime research practices.

CUA is a leading organization in the Black Sea region in the protection, study and presentation to the public of the underwater cultural heritage. A significant acknowledgment of the CUA's work and achievements is the official approval, granted at the 43rd UNESCO General Conference on 10 November 2025, designating the Centre for Underwater Archaeology as a Category 2 institute under the auspices of UNESCO.

The article offers a concise retrospective of the development of the Centre for Underwater Archaeology and demonstrates its technological capabilities through a selection of completed projects and documented results. Its purpose is to introduce CUA to the broader community of specialists within the country and abroad.

Keywords: marine geophysics, non-destructive remote sensing, underwater archaeology, Black Sea.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Създаден през 1978 г., Центърът за подводна археология (ЦПА) е културен институт към Министерството на културата, който отговаря за проучването, опазването и популяризирането на подводното културно наследство на Република България.

От самото си основаване ЦПА работи усилено за изпълнение на своята мисия, в партньорство с множество научни български и международни организации и изтъкнати учени. ЦПА е сред водещите организации в Черноморския регион, които извършват високодетайлни морски изследвания. То е ключов партньор в най-големия до момента морски археологически проект в света – „**Морски археологически проект Черно море**“ (**Black Sea Maritime Archaeological Project (MAP)**), реализиран съвместно с Университета в Саутхемптън (Великобритания), Археологическия институт с музей при БАН и други международни университети и институти.

При развитието си през годините, ЦПА многократно е бил пионер в разработването, прилагането и усъвършенстването на иновативни решения за неструктивни дистанционни методи за проучване [13], [14], [11]. В тази посока Центърът традиционно разчита на дистанционни геофизични техники с висока степен на детайлност. Неоднократно ЦПА е

използвал находчиви подходи и експериментални методи за изследване на подводни райони или на разкрити археологически обекти [12], [15], [16], [17].

През годините ЦПА поддържа дългогодишно и активно партньорство с Института по океанология – БАН [8], Националния археологически институт с музей – БАН, Института за информационни и комуникационни технологии – БАН, Националния исторически музей и редица регионални музеи в България. Тези сътрудничества представляват важна част от научната и експедиционна дейност на Центъра.

2. ТЕХНОЛОГИЧНИ И МЕТОДИЧНИ ВЪЗМОЖНОСТИ

Воден от своя иновативен подход, през последните 15 години Център за подводна археология успява да окомплектова и изгради широк комплекс от морски геофизични, хидрографски и специализирани изследователски уреди, предназначени за детайлно проучване на морското дъно на дълбочини до 200 – 300 m. Комплексът включва разнообразни хидрографски и геофизични уреди за извършване на: многолъчева батиметрия, поддънно профилиране, сонарно сканиране, електросъпротивителни и магнитни изследвания.

Оборудването, използвано от ЦПА за дистанционни неинвазивни изследвания (Фиг. 1) включва:

- многолъчеви ехолоти с възможност за работа в широк честотен диапазон;
- еднолъчеви ехолоти с координиращи системи;
- странично сканиращи сонари, работещи на средни и високи честоти за постигане на висока детайлност;
- поддънен параметричен профилограф;
- магнитометър–градиент метър;
- електросъпротивителна апаратура, включително собствена разработка;
- Geo-coder системи за определяне на субстратните единици на дъното;
- набор от високоточни GPS приемници, осигуряващи RTK режим с функционалност за Heading и прецизно позициониране в морски условия.
- Извън строго хидрографските и геофизични системи ЦПА разполага още с:
 - оборудване за подводна фотограмметрия;
 - подводни дистанционно управляеми апарати (ROV), оборудвани със сонари, пробовземна апаратура и камери за дълбоководна фотограмметрия;
 - системи за въздушни огледи и въздушна фотограмметрия;
 - пълно водолазно оборудване в различни конфигурации, включително surface-supply системи;
 - инфраструктура за провеждане на подводни археологически разкопки, мащабни морски издирвания, компресори и поддържащо техническо оборудване.

ЦПА разполага и със собствени плавателни съдове с различни размери, пригодени за носене и интегриране на комплекс от уреди в различни конфигурации. Тези съдове служат като стабилни платформи както за подводни разкопки, така и за геофизични и хидрографски експедиции.

Комплексът е адаптиран за работа в широк дълбочинен диапазон – от 0 до 300 m – както в морски, така и във вътрешни водни басейни (реки и езера).



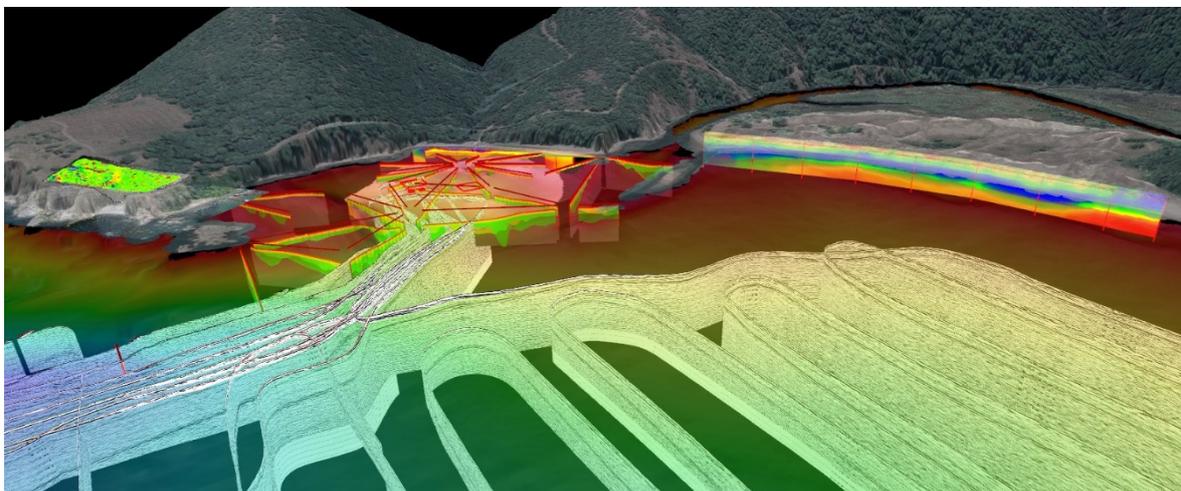
Фиг. 1. Част от геофизичната и хидрографска екипировка на ЦПА.

Особено внимание се отделя на методиките за използване на оборудването и обработката на събраните данни. От гледна точка на аналитични възможности ЦПА разполага с мощен изчислителен и софтуерен капацитет, базиран на съвременни индустриални стандарти за обработка, визуализация и интерпретация на данни.

Центърът поддържа богата собствена база данни за проучените през годините райони на българското Черноморие. Тя интегрира както хидрографска, така и различни видове геофизична информация, събрана с висока и свръхвисока детайлност. Особено ценни са данните от зони с дълбочина 0 – 20 m, които често са недостъпни за големи плавателни съдове и поради това са по-рядко изследвани от други институции.

През последното десетилетие е наложена практиката всички нови проекти да бъдат обработвани в 3D и 4D софтуерни среди, позволяващи интегрално моделиране на всички типове данни в единна пространствена структура. Този подход създава широки възможности за многопластов анализ както в геофизичен, така и във фактологичен аспект, водейки до резултати с висока степен на достоверност и информативност.

Не на последно място, ЦПА е изградила методически основи за организиране и провеждане на комплексни детайлни и свръхдетайлни проучвания на морското дъно за археологически, инженерни, геоморфоложки и екологични цели. Центърът разполага и с обучен екип от специалисти с дългогодишен практичен опит. В редица случаи ЦПА се е утвърдил като пионер в прилагането на специфични методи на изследване както на регионално, така и на международно ниво.



Фиг. 2. Интегрална 4D среда за комплексно представяне и интерпретиране на получени резултати от различни методи за проучване.

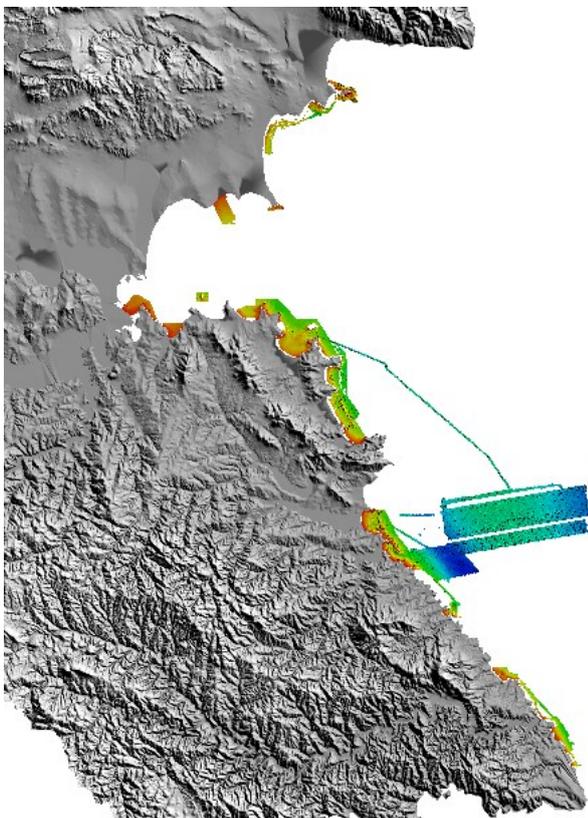
3. ПРАКТИКА И ОПИТ

Пространственото разпределение на дейностите, свързани с прилагането на дистанционни неструктивни изследвания, обхваща практически цялото българско Черноморско крайбрежие. Усилията са съсредоточени предимно в зони с висок археологически потенциал, но значителен брой райони са проучени и във връзка с проявен инвестиционен интерес.

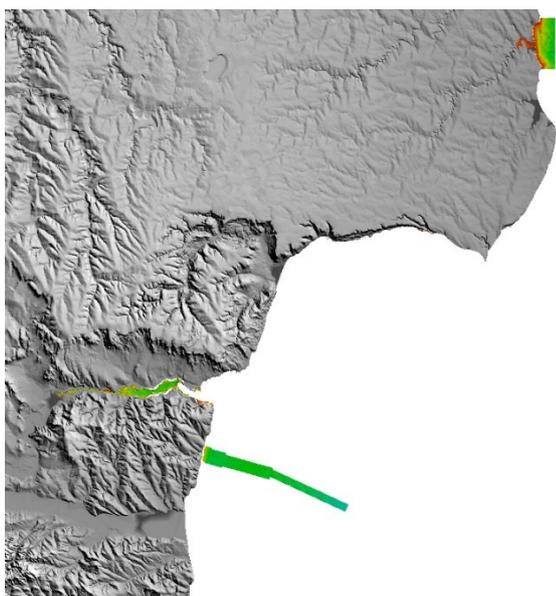
Най-висока концентрация на проучени площи се наблюдава по южното Черноморие – от Несебърския полуостров до гр. Ахтопол – където почти всички известни археологически обекти или потенциални зони са изследвани. Тук общото покритие на крайбрежната ивица до 20 m дълбочина надхвърля 60% (Фиг. 3). Батиметричните и геофизичните данни от тези райони са със свръхвисока детайлност, което значително увеличава тяхната научна стойност.

За редица мащабни райони е постигнато плътно покритие до 20 – 35 m дълбочина, включително:

- района от гр. Несебър до гр. Ахелой;
- зоната от гр. Черноморец – залив Вромос, до устието на р. Ропотамо и нос Св. Димитър;
- районите при гр. Приморско (н. Кюприя) – към в.с. Лозенец.



Фиг. 3. Постигнато покритие по южното Черноморие.



Фиг. 4. Постигнато покритие по северното Черноморие.

В северната част на българското Черноморие покритието към момента е по-малко по площ, но не по-малко съществено като археологически принос (Фиг. 4). Дейностите са концентрирани в ключови райони, включително:

- Варненско и Белославско езера, [10];
- крайбрежието в района на Каварна;
- езерото Дуранкулак [6] и прилежащата морска зона.

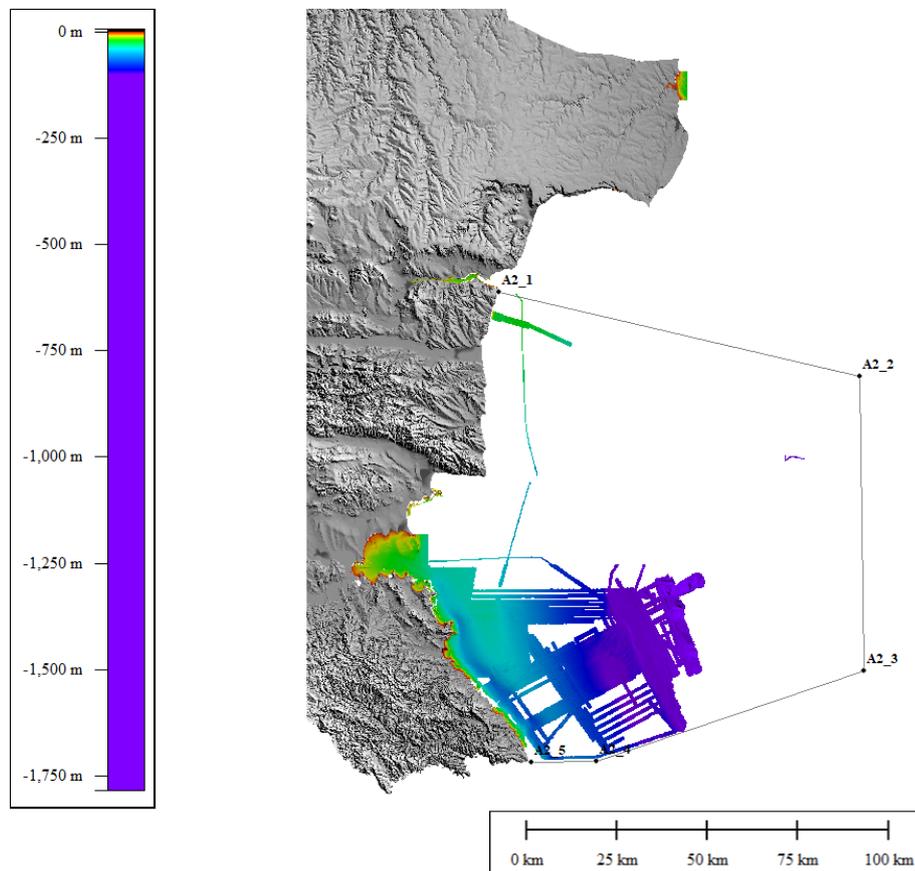
Общата площ на проучените райони в Черно море и в крайбрежните езера, включително тези, изпълнявани съвместно с партньорски организации, надхвърля **2800 km²**, картографирани чрез детайлно и свръхдетайлно сканиране с хидрографски и геофизични методи (Фиг. 5)

Към настоящата статистика са включени площите, проучени в рамките на най-големия морски археологически проект **MAP Black Sea**, както и зони, изследвани в партньорство с Института по океанология – БАН, Института за биоразнообразие и екосистемни изследвания – БАН и Националния археологически институт с музей – БАН.

От 2024 г. ЦПА, в партньорство с регионални музеи, осъществява и изследвания във вътрешните сладководни басейни на страната, като към момента основният интерес е насочен към поречието на р. Дунав.

От 2025 г. ЦПА разширява дейността си и към участие в международни експедиции извън черноморския регион. През същата година е проведена мащабна мисия в Хърватия, а за 2026 г. са в процес на подготовка експедиции в Малта и повторно в Хърватия.

Центърът получава все по-често покани за участие в международни научни издирвателни и изследователски проекти.



Фиг. 5. Площно покритие на всички изпълнени проекти от ЦПА самостоятелно и в партньорство в MAP Black Sea проекти и с Института по Океанология - БАН.

Въз основа на натрупания опит и високотехнологичното оборудване, екипът на ЦПА в партньорство с научни институти и частни фирми участва и в редица изследвания с инженерна и екологична насоченост, включително:

- проучвания в зоната на НАТУРА 2000 около гр. Созопол (с ИБЕИ – БАН), [7];
- предпроектни проучвания на корабни канали 1 и 2 във Варненските езера (2019), свързани с удълбочаването им;
- изследване на езерото Сребърна (2020);
- субстратно трасиране в района пред нос Маслен нос (с ИБЕИ – БАН).

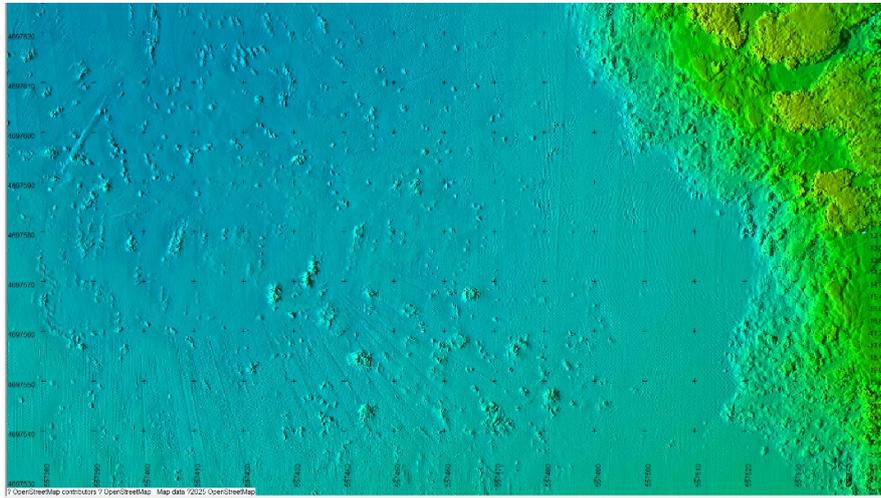
Общият брой експедиции по вода през последните над 10 години надхвърля **130**, като по-голямата част са с археологическа насоченост. Благодарение на високата детайлност на събраните данни, резултатите често се използват успешно и за инженерно-проектни цели.

Методологично, практиката на ЦПА включва цялостно прилагане на хидрографските и геофизичните методи. Това осигурява възможност обработката, представянето и съхраняването на данните да не се ограничават единствено до батиметрични резултати. Често се изграждат комплексни геоложки и геоморфоложки модели, включващи:

- субстратни характеристики на дъното;
- орто-фотограметрични изображения на открити археологически обекти;
- резултати от магнитометрични сканирания;
- резултати от електросъпротивителни методи на проучване;
- резултати и данни от поддънен профилограф.

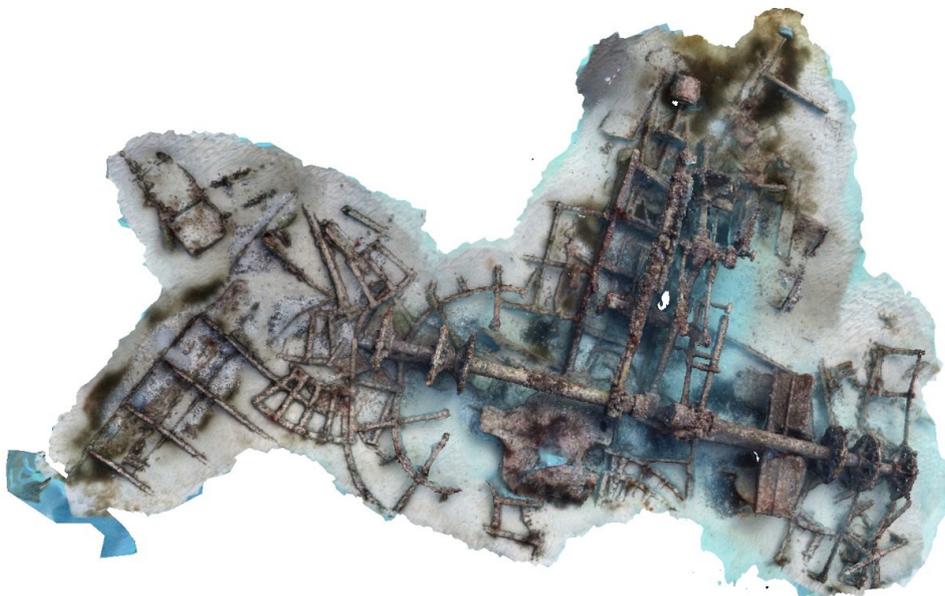
Тези интегрирани модели позволяват създаване на прогнозни анализи за потенциални райони на обитаване в миналото и наличие на археологически структури [19].

Друг ключов аспект е свръхдетайлният режим на придобиване на данни, при който, например, теренните модели за дълбочини под 15 m са с резолюция под 10–15 cm (Фиг. 6Фиг.). Геофизичните данни също се събират с висока гъстота — поддънният профилограф работи с хоризонтална резолюция под 10 cm, а магнитните измервания се извършват по профили на 5 – 10 m интервал – значително по-детайлно от стандартните геоложки и хидрографски практики. Причината за тази свръхдетайлност е малкият размер на много от археологическите обекти.



Фиг.6. Свръх детайлен теренен модел измерен с многолъчев ехолот с разделителна способност 20x20 см, дълбочина до 20 метра. Моделът е в района на потъналата вкаменена гора до гр. Созопол. Отчетливо се идентифицират останките от дървесни пънове, полегнали дървета и други обекти по дъното.

През последните 10 години ЦПА успешно внедрява в практиката си различни типове фотограметрия както на въздушни [20], така и на подводни платформи. Способността да се прилагат различни видове фотограметрични технологии значително повишава детайлността при документирането на подводни археологически обекти и подобрява пространствената интерпретация, а често това е и единствената възможна технология за документиране в цялост на обекти на голяма дълбочина и при ниска видимост. Докато хидрографските и геофизичните методи се използват основно за локализиране и картографиране на подводни обекти, **фотограметрията служи за тяхното високодетайлно документиране** в последващ етап на работа, (Фиг. 7).



Фиг. 7. Фотограметричен модел (фото мозайка) на потънал кораб с водни колела в района на гр. Созопол, 2025 г.

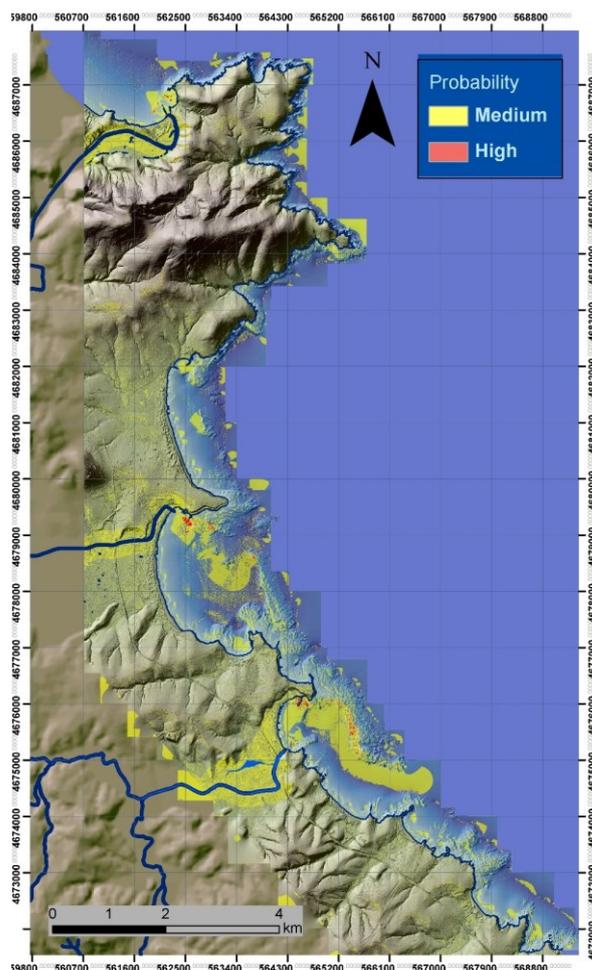
Фиг. 7. Фотограметричен модел (фото мозайка) на потънал кораб с водни колела в района на гр. Созопол, 2025 г.

Историята на морските геофизични и дистанционни проучвания на ЦПА обхваща десетки проекти. Първите експериментални опити са проведени съвместно с Лабораторията по

археометрия към Институт по Тракология на БАН в края на 80-те и началото на 90-те години на XX в. В залива при устието на р. Ропотамо и в Южния Китенски залив са осъществени пионерски в подводната археология геомагнитни проучвания с гео-магнитна глава. В залива при р. Ропотамо е установена и картирана геомагнитна аномалия – пристанищна акумулация от артефакти, основно керамика. От тогава датират и опитите за изграждане на палео-географски реконструкции на залети от морето ландшафти за различни райони на Българското Черноморие, базиращи се на анализ на придобита геофизична информация (магнитометрия, сонарно сканиране, геоелектрика, батиметрия) и геоложки данни [13], [14], [15], [16], [17].

Пионерски проект реализиран между 2008 и 2013 г. е „Прогнозно моделиране за идентифициране на праисторически селища по южното българско Черноморие“, Фиг. 8. При него за пръв път в България е изпълнено въздушно батиметрично лидарно сканиране на ивица от 100 кв. км. Максималната измерена дълбочина е около 22 m. Генерираният дигитален теренен модел е с пиксели от 1 кв. m за земята и 5 кв. m за морското дъно. Използването на батиметричен лидар и прогнозно моделиране са пионерски не само в българската, но и в световната подводна археологическа практика [12], [18].

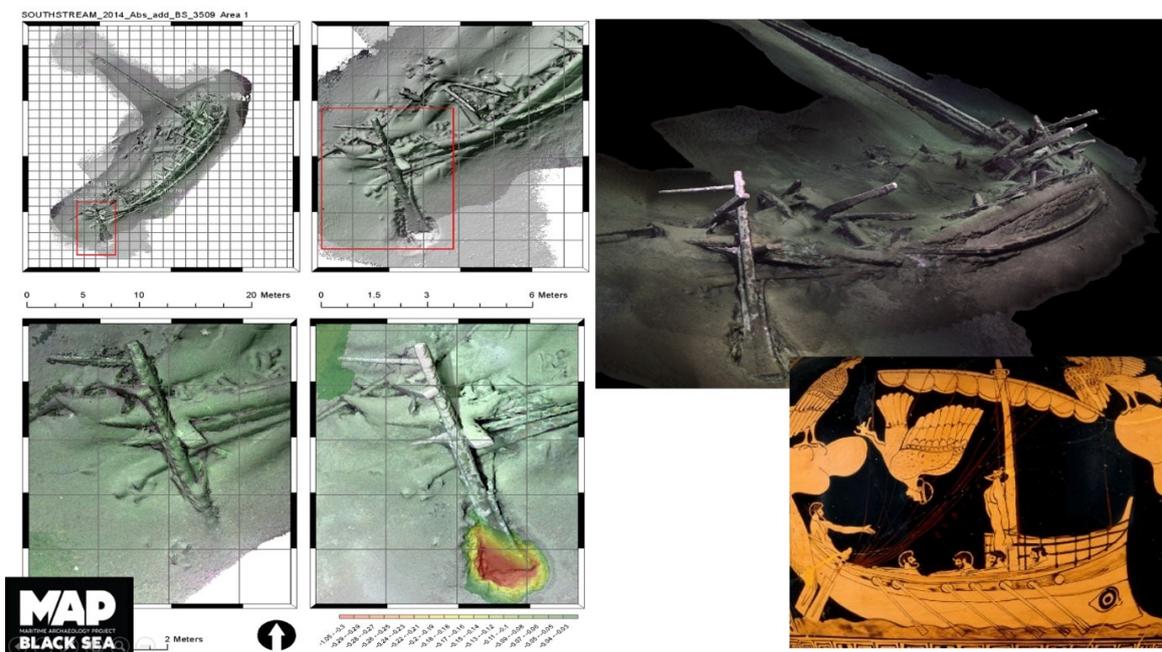
През 2014 г. ЦПА реализира първото мащабно свръхдетайлно сканиране и изследване с комплекс от геофизични и хидрографски методи в българската акватория на Черно море - проектното трасе с ширина над 1 km на нереализирания тръбопровод „Южен поток“ в 12-милната зона [1]. При този проект са приложени съвместно батиметрично заснемане с многолъчев ехолот, със странично-сканиращ сонар, поддънен параметричен профилограф, магнитометър и електро-съпротивителна система. Проекта е стратегически за ЦПА и пионерски по своята същност, тъй като е първия проект, при който се прилага свръх детайлен набор на комплексни данни едновременно, и ЦПА се утвърждава като капацитет да провежда мащабни проекти с археологическа насоченост в региона. С проекта ЦПА въвежда и практиката да бъдат използвани индустриални стандарти при набора и обработката на получените данни.



Фиг. 8. Широко обхванен теренен модел с изпълнено прогнозно моделиране за идентифициране на праисторически селища по южното българско Черноморие, 2008-2013 г.

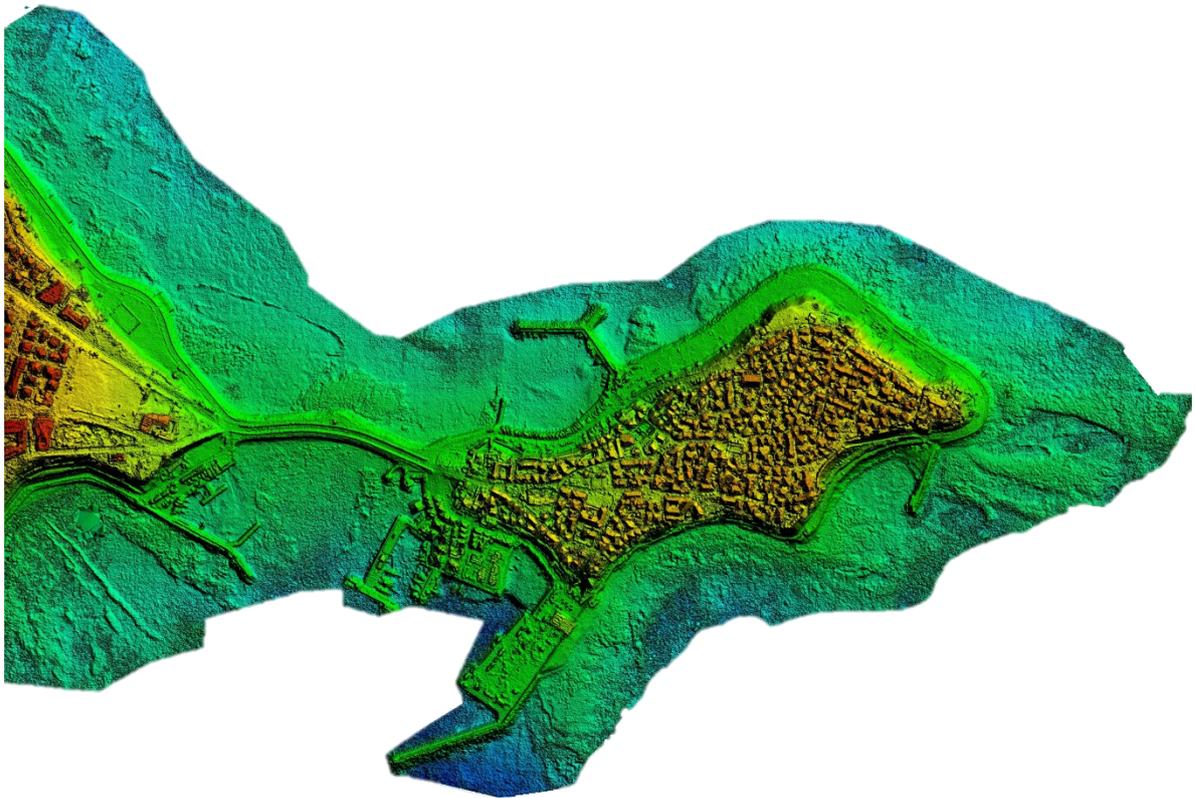
Изключително ценен и ключов в развитието на ЦПА се явява опитът, придобит по време на проект **MAP Black Sea** – един от най-значимите, мащабни и амбициозни морски археологически проекти в света, осъществен в периода 2015 – 2018 година [2], [3], [4], [5]. Проведен е в българската акватория на Черно море и прилежащата изключителна икономическа зона. Основна цел е картиране, изследване и документиране на подводното културно наследство, и на потъналите древни ландшафти. Проектът е финансиран от „Фондация за експедиции и образование“ (Expedition and Education Foundation), Великобритания, с основател шведско-британския магнат Ханс Раусинг. Партньори в проекта са Център за подводна археология, Център за морска археология към Саутхемптънския университет, Великобритания, Националният археологически институт с музей при БАН, Созопол, Университет Шьодертборн, Швеция, Гръцкият център за морски изследвания, Университет Кънектикът, САЩ. В проекта са използвани кораби от газодобивната и нефтодобивната индустрия, снабдени с подводни дистанционно управлявани апарати за геофизично изследване и фотографско и видео документиране. Сканирана е площ с геофизични и хидрографски методи от около 2000 кв. км от шелфа и континенталния склон. Взети са общо 112 геоложки седиментни проби чрез сондиране с цел проверка на получените данни, лабораторно анализирани впоследствие. Документирани по фотограметричен път са над 60 потънали кораба на дълбочини между 40 м и 2200 м, между които е регистриран и най-старият запазен познат към момента дървен кораб на дъното на морето.

За 4 години работа с 3 активни полета сезона „Морски археологически проект Черно море“ (Black Sea MAP) успя да пренапише част от историята на черноморското корабоплаване и коренно да промени в световен мащаб визията за морската археология.



Фиг. 9. MAP Black Sea – фотограметрични изображения на потънал кораб от ранната елинистическа епоха – дълбочина 2020 м. (фотограметрични модели – д-р Родриго Пачеко Руиз).

През 2020 г. съвместно със специалисти от ИО-БАН бе приложен пионерски подход при създаване на дигитален теренен модел на Несебърския полуостров и прилежащата акватория при които бяха успешно комбинирани батиметрични данни придобити посредством сканиране с многолъчев ехолот и фотограметричен теренен за района, създадени въз основа на въздушно фотографско заснемане [19].



Фиг. 10. Теренен модел на района около гр. Несебър (Стария Несебър), получен от сливане на данни от въздушна орто-фотограметрия и многолъчева батиметрия.

От 2023 г. ЦПА изпълнява ролята на национален координатор в проекта **BCThubs: Blue Culture Technology Excellence Hubs** (<https://bcthubs.eu/>), финансиран от програмата **HORIZON-WIDERA-2022-ACCESS-04**. Проектът обединява водещи институции от Гърция, Малта, Италия и други държави, което значително разширява международното сътрудничество и възможностите за трансфер на знания и технологии. Проектът е изцяло насочен към създаването и прилагането на иновативни технологични решения за морски изследвания, основно в областта на проучване и опазване на подводното културно наследство.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличната високотехнологична апаратура, комбинирана с натрупания през годините практически и научен опит, позиционира Център за подводна археология (ЦПА) като водеща и разпознаваема институция в морските пространствени изследвания не само на национално, но и на регионално и международно ниво. Чрез комплексното използване на хидрографски, геофизични и фотограметрични методи ЦПА утвърждава устойчив модел за високодетаилно, недеструктивно и научно обосновано проучване на морското дъно и подводното културно наследство.

На 10 ноември 2025 г., с решение на 43-та Генерална конференция на ЮНЕСКО, Центърът за подводна археология беше официално одобрен като регионален **институт от категория 2 под егидата на ЮНЕСКО** за черноморския и долнодунавския регион — признание, което отразява високото ниво на постигнатите научни резултати и международния авторитет на институцията. Това решение открива нов етап в развитието на ЦПА, осигурявайки предпоставки за разширяване на научноизследователската дейност, повишаване на аналитичния капацитет и задълбочаване на международните партньорства. С придобиването на международния статут ЦПА разширява ангажимента си да подготвя бъдещи специалисти в областта на подводната археология, морската геофизика, хидрографията и недеструктивните методи за изследване на морското дъно.

С многото реализирани изследователски проекти, прилагането на експериментални и иновативни методи, използвания широк набор от морски геофизични уреди и стремежът към

придържане към съвременните най-високи световни стандарти нареждат ЦПА сред водещите изследователски организации в областта на подводната археология.

Институтът е отворен за сътрудничество с научни организации, държавни институции, университети, музеи и частния сектор, което гарантира устойчив растеж и нови перспективи в научната и приложната дейност. **Пътят е отворен.**

В памет на

Христина Ангелова (1955 – 2016), дългогодишен директор на Центъра за подводна археология – Созопол, и Веселин Драганов (1956 – 2020), асоцииран член на Центъра за подводна археология,

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Ангелова, Х., В. Драганов, Н. Прахов, К. Велковски, Д. Стоев, Л. Трендафилова, Д. Гърбов. Спасителни археологически издирвания под вода в прилежащата акватория на Паша дере по трасето на газопровод „Южен поток“. Археологически открития и разкопки през 2014, 39. стр. 881-885, ISSN: 13130889
2. Вагалински и др. Морски археологически проект „Черно море“ Археологически открития и разкопки 2015, стр. 893-896, ISSN: 13130889
3. Вагалински и др. Морски археологически проект „Черно море“. Археологически открития и разкопки 2016, стр. 720-723, ISSN: 13130889
4. Вагалински и др. Морски археологически проект „Черно море“. Археологически открития и разкопки 2017, стр. 713-716, ISSN: 13130889
5. Вагалински и др., К. Димитров, К. Велковски, Д. Стоев, Н. Прахов. № 61. Подводно геофизично проучване на потопено селище в акваторията пред устието на река Ропотамо Археологически открития и разкопки 2017, стр.717-720, ISSN: 13130889
6. Вайсов и др. Подводни недеструктивни проучвания на „Дуранкулашкото езеро“. – Археологически открития и разкопки през 2021 г.
7. Велковски. К. Морско геофизично проучване в акваторията на НАТУРА 2000 – гр. Созопол, залива гр. Созопол - о. Св. Иван – Н. Хрисосотира, гр. Черноморец. X Национална конференция по геофизика, 04 юни 2021, DOI: 10.48368/bgs-2021.1.N9 ; <https://doi.org/10.48368/bgs-2021.1.N9>
8. Георгиев, П. № 35. Подводни недеструктивни и др. 2020: проучвания като част от проект за „Мултидисциплинарно изследване на Бургаски залив МИДБАЙ“. Археологически открития и разкопки 2020, Част 1, стр. 108-113, ISSN: 13130889
9. Димитров и др. 2017. № 33. Археологическо издирване под вода в акваторията на Канал 2, свързващ Варненско с Белославско езеро. Археологически открития и разкопки 2016, стр. 717-720, ISSN: 13130889
11. Драганов и др. 2011: №35. Издирване чрез хидролокатор за страничен обзор „HEMAN -ГБО 100“ на съветската подводница С-34, потънала през ноември 1941 в акваторията между н. Маслен Нос и н. Емина. Археологически открития и разкопки през 2010 г. София, 592-595
12. Попов и др. 2011. Алтиметрични и батиметрични данни от LiDAR за целите на изследването и опазването на археологическото наследство по Южното черноморско крайбрежие. География и регионално развитие: Научни конференции [Сборник доклади], Созопол, септември, 2010. – София: Фондация „Лопс“, 30-46
13. Georgiev et al. Prospecting of underwater archaeological sites using geophysics. Actes de simposium international Thracia Pontica IV – 6-12 October 1988, Sozopol, P. 451-470.
14. Georgiev et al. Processing the results of geophysical prospecting of underwater archaeological sites. Thracia Pontica V, 7-12 October 1991, Sozopol. 1994, p. 329-336.
15. Georgiev et al. Geomorphologic development of the bay of Sozopol. Proceedings of the conference Thracia Pontica VII, Sozopol, 10 - 14 September 1997, Bulgaria
16. Nenov, N. Side scan sonars and sub-bottom profilers in underwater archaeology (sum aspects of their application). Actes de symposium international Thracia Pontica IV – 6-12 October 1988, Sozopol, P. 471-476; 1991
17. Nenov et al. Digital acquisition, display and processing side scan sonar with application in

underwater archaeology. Actes de symposium international Tracia Pointica V, 7-12 October 1991, Sozopol. 1994, p. 297-302

18. Prahov, N. Archaeological predictive model for Late Chalcolithic and Early Bronze Age coastal settlements along the Southern Bulgarian Black Sea coast. In: International Conference "Where are the sites? Research, Protection and Management of Cultural Heritage", Ahtopol, 2013, p. 117 – 146
19. Prahov, N., H. Angelova, T. Stoyanov. Development of Predictive Models for the Identification of Archaeological Sites along the Bulgarian Black Sea Coast in GIS Environment (poster and abstract). -In: Vermeulen, F. & C. Corsi (Eds.) Non-destructive Approaches to Complex Archaeological Sites in Europe: (A Round-up), 2013, p. 92 – 93; E-Publication – ISBN 978-94-6197-109-8
- 20 Prahov et al. Application of Aerial photogrammetry in the study of the underwater archaeological heritage of Nesseber. 20th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference Proceedings SGEM 2020.

АДРЕСИ НА АВТОРИТЕ

1. Инж. Геофизик Магистър Кирил Велковски
КВ Солюшънс ЕООД
Център за подводна археология – Созопол, асоцииран член.
Тел. + 359 887 628 421
Kiril.Velkovsky@kvelkovsky.eu
2. Д-р Найден Прахов
Директор на Център за подводна археология – Созопол
Созопол, ул. Аполония 1.
Тел: +359 887 544 824
naydenprahov@gmail.com

3. СЕСИЯ НА КИИП (1) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

16. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

СЪВРЕМЕННИ ФОТОГРАМЕТРИЧНИ МЕТОДИ ЗА ГЕОДЕЗИЯ И КАДАСТЪР

Д-р инж. Иван Калчев, "ГЕО ПЛЮС" ЕООД,

*Докладът ще бъде отпечатан като статия през 2026 г. в списание „Геодезия,
картография и земеустройство”, брой 1-2*

Редакционна колегия на Списанието, 05.12.2025 г.

СПОСОБИ ПРИ УРЕГУЛИРАНЕ НА ТЕРИТОРИИ И ИМОТИ

Доц. д-р инж. Надежда Ярловска, УАСГ

РЕЗЮМЕ

Настоящият доклад разглежда нормативните способности за урегулиране на територии и имоти. В анализа му се разграничават особеностите, при които те са приложими и се обобщават резултатите, които се постигат при реалното им приложение в практиката. Дават се насоки кой способ да бъде подбран и кои да бъдат критериите на избор - икономически, административни, технически и т.н. Представени са практични предложения как да бъдат комбинирани действащите способности („градска комасация“ - чл. 16 от ЗУТ и „по имотни граници“ – чл. 17 от ЗУТ). Формулирани са конкретни практични насоки за устройствено планиране и препоръки за промени в нормативната уредба и устройствена практика.

Ключови думи: способности за устройствено планиране, подробен устройствен план, първа регулация, нормативна уредба

METHODS FOR REGULATING TERRITORIES AND REAL ESTATE PROPERTIES

Assoc. Prof. Dr. Eng. Nadezhda Yarlovskva, UACEG

SUMMARY

The present report examines the statutory methods of spatial planning. The analysis distinguishes the specific conditions under which these methods are applicable and summarizes the outcomes achieved in their practical implementation. Guidance is provided on the selection of an appropriate method, as well as on the criteria for such selection-economic, administrative, technical, and others. Practical proposals are presented for combining the existing methods (“urban land consolidation” under Article 16 of the Spatial Development Act and “boundary-based regulation” under Article 17 of the same Act). The report formulates concrete practical guidelines for spatial planning and offers recommendations for amendments to the regulatory framework and planning practice.

Keywords: methods of spatial planning, spatial development plan, first regulation, legislation.

АДРЕС НА АВТОРА

1. Доц. д-р инж. Надежда Ярловска

Университет по архитектура строителство и геодезия
Бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1164, България
Геодезически факултет, Кат. „Устойчиво земеползване
и управление на имоти“

jarlovskva_fgs@uacg.bg, njarlovskva@mail.bg

БГС2025 - МОДЕРНИЗИРАНА КООРДИНАТНА СИСТЕМА ЗА БЪЛГАРИЯ

Д-р. инж. Симеон Кателиев, геодезист, САЩ

РЕЗЮМЕ

През 2010 г. в България се въвежда използването на нова координатна система - БГС2005 [1]. Като основна картна проекция е дефинирана Универсална трансверзална проекция на Меркатор (UTM) и въведената чрез нея система от правоъгълни равнинни координати в две стандартни шестградусови зони (34N и 35N). През 2012 г. се въвежда Конформна конична проекция с два стандартни паралела, обхващаща цялата страна, наричана още „Кадастрална система“ (БГС2005-LCC) [2].

При подробни анализи направени по-рано тази година [3] се достигна до извода, че коничната проекция към система (БГС2005-LCC) има по-ниски линейни деформации, изчислени на физическата земна повърхност, спрямо UTM зоните. Въпреки това, беше установявано, че нивата на деформации при БГС2005-LCC остават относително високи в по-голямата част от страната и особено при населените места, вариращи от -480 ppm (-0.48 m/km) до 290 ppm (0.29 m/km) за цялата страна, като 41.8% от територията, 52.4% от населените места и 41.3% от населението попадат в зони на деформации между ± 100 ppm и ± 250 ppm (± 0.10 - ± 0.25 m/km).

Такива нива на линейни деформации може да бъдат недопустими за определени геодезически и инженерни дейности. Обследвана е възможността за тяхното намаляване. Изготвен е идеен проект за нова геодезическа референтна система за територията на България, включваща система от картографски проекции с ниско линейно изкривяване и тяхното привързване към най-актуалните към момента геодезически референтни системи (датиуми) в Европа. Предложено е тя да бъде именувана Българска геодезическа система 2025 (БГС2025).

Ключови думи: картография, карти, картни проекции, деформации, координатни системи.

BGS2025 – MODERNIZED COORDINATE SYSTEM FOR BULGARIA

Simeon Kateliev, PhD, USA

SUMMARY

In 2010, Bulgaria introduced the use of a new coordinate system — BGS2005. The main map projection defined for it is the Universal Transverse Mercator (UTM), and its system of rectangular plane coordinates, divided into two standard six-degree zones (34N and 35N). In 2012, a Lambert Conformal Conic Projection with two standard parallels was implemented, covering the entire country, also known as the “Cadastral System” (BGS2005-LCC).

Detailed analyses conducted earlier this year concluded that the conic projection of the BGS2005-LCC system has lower linear distortions, computed on the physical surface of the Earth, compared to the UTM zones. However, it was found that the distortion levels in BGS2005-LCC remain relatively high over most of the country, especially in populated areas, ranging from -480 ppm (-0.48 m/km) to 290 ppm (0.29 m/km). Across the entire country, 41.8% of the territory, 52.4% of populated areas, and

41.3% of the population fall within distortion zones between ± 100 ppm and ± 250 ppm (± 0.10 – ± 0.25 m/km).

Such levels of linear distortion may be unacceptable for certain geodetic and engineering activities. The possibility of reducing them has been investigated. A conceptual design for a new geodetic reference system for the territory of Bulgaria has been developed, including a system of map projections with low linear distortion, tied to the most up-to-date geodetic reference systems (datums) currently used in Europe. It has been proposed that it be named the Bulgarian Geodetic System of 2025 (BGS2025).

Keywords: cartography, maps, map projections, coordinate systems, map distortions.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

За да се намалят линейните деформации на проекциите до нива, при които разстоянията, отчетени в координатната система спрямо тези, измерени на физическата земна повърхност, са пренебрежимо малки, е необходимо да се създадат проекции с ниски линейни деформации (LDP). Обикновено критерий от ± 20 ppm (2 cm/km) задоволява изискванията за висока точност.

Линейната деформация може да се дефинира формално в дадена точка с помощта на безкрайно малки (диференциални) разстояния, като:

$$(1) \quad \delta = k \left(\frac{R_G}{R_G + h} \right) - 1,$$

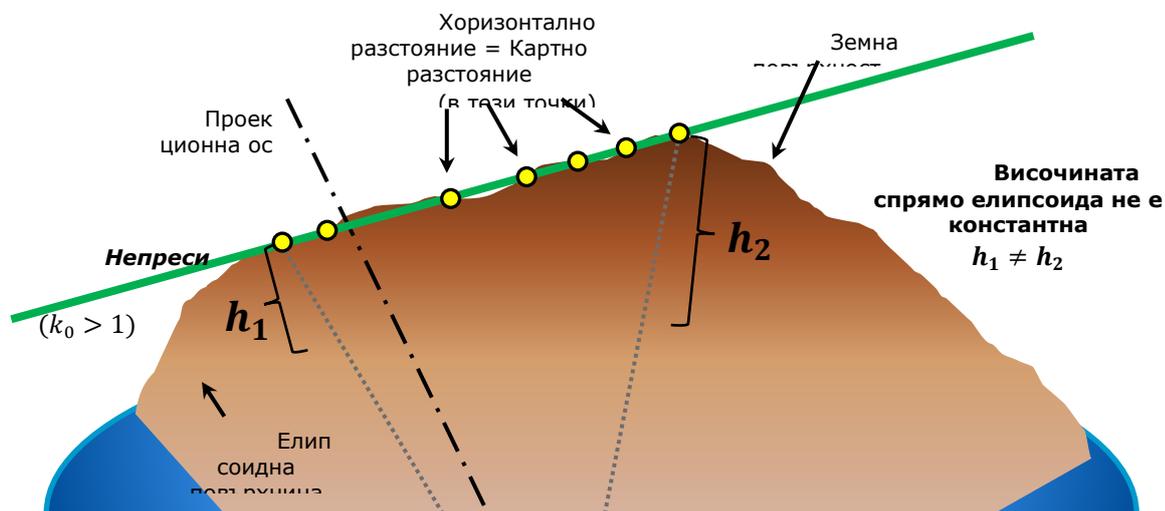
където k е мащабният фактор вследствие кривината на Земята, а уравнението в скобите е височинният фактор, получен вследствие на отдалечеността от елипсоида, и R_G е средногеометричен радиус на кривина (по Гаус). Стойността на k се получава от уравнения за мащабния фактор спрямо вида на използваната проекция за всяка избрана точка. [5].

1.1. Основни хипотези

- 1) Може да се създаде нова, оптимизирана Ламбертова конформна конична проекция за България, която да обхваща територията на страната и населените места с по-ниски нива на деформации спрямо съществуващата такава проекция към БГС2005;
- 2) Ако се въведе допълнителен слой с набор от конформни картографски проекции с по-малки зони на покритие, ще се постигне намаляване на деформациите в страната, спрямо използване на една зона за цялата ѝ територия.

2. МЕТОДИКА ЗА СЪЗДАВАНЕ НА НОВИ КАРТОГРАФСКИ ПРОЕКЦИИ С МИНИМАЛНИ ДЕФОРМАЦИИ СПРЯМО ЗЕМНАТА ПОВЪРХНОСТ

Съществуват различни методи за редуциране на линейните деформации. За да се намалят деформациите на конформна проекция спрямо физическата повърхност на Земята се използва метод при който се изменят параметрите на проекцията докато картната равнина се „напасне“, така че да описва максимално добре локалния терен на земната повърхност (Фигура 1) Това включва шестстепенен процес за проектиране [6].



Фиг. 1. Комбиниран метод за редуциране на линейните изкривявания спрямо земната повърхност [7].

2.1. Определяне на обхвата - ясно дефиниране на географската област, която ще бъде покрита от проекцията, в това число събиране на необходимите геопространствени данни и информация за топографията и инфраструктурата на региона. В тази стъпка се вземат предвид критериите за максимална деформация спрямо ширината на зоната на интерес и средна елипсоидна височина;

2.2. Избор на подходящ тип проекция – спрямо определената целева област се избира конформна проекция, която е най-подходяща за постигане на оптимални нива на деформациите. Могат да бъдат избрани за изследване един или повече видове проекции;

2.3. Избор на местоположение и мащаб за проекционната ос - централната проекционна ос се избира така, че картната равнина да е максимално близо до земната повърхност (Фигура 1) в целевият обхват. Проекционната ос се поставя приблизително в геометричния център на зоната и се избира мащабен фактор спрямо средната наделипсоидна височина;

2.4. Оценка на деформациите за цялата зона на проектиране - включва подробен анализ на деформациите в проекцията. Извършват се симулации и сравнения с алтернативни проекционни конфигурации за да се оцени степента на деформация в различни дискретни точки, като се правят корекции и оптимизации на проекционните параметри, докато се постигне най-ниска възможна деформация за конкретната територия на обхват. Създават се карти на деформациите и се извеждат статистически данни за всеки проектен вариант;

2.5. Прецизиране на параметрите - след като се избере окончателен проектен вариант на проекция се прави опростяване на параметрите ѝ с цел лесно въвеждане в софтуерни приложения. Избира се координатно начало със стойности на ординатата и абсцисата по централния меридиан и паралел;

2.6. Въвеждане на проекцията – посочват се мерни единици и геодезическа референтна система (датум). Изготвя се изчерпателно представяне на параметрите на проекцията с всички метаданни и карта на разпределение на деформациите.

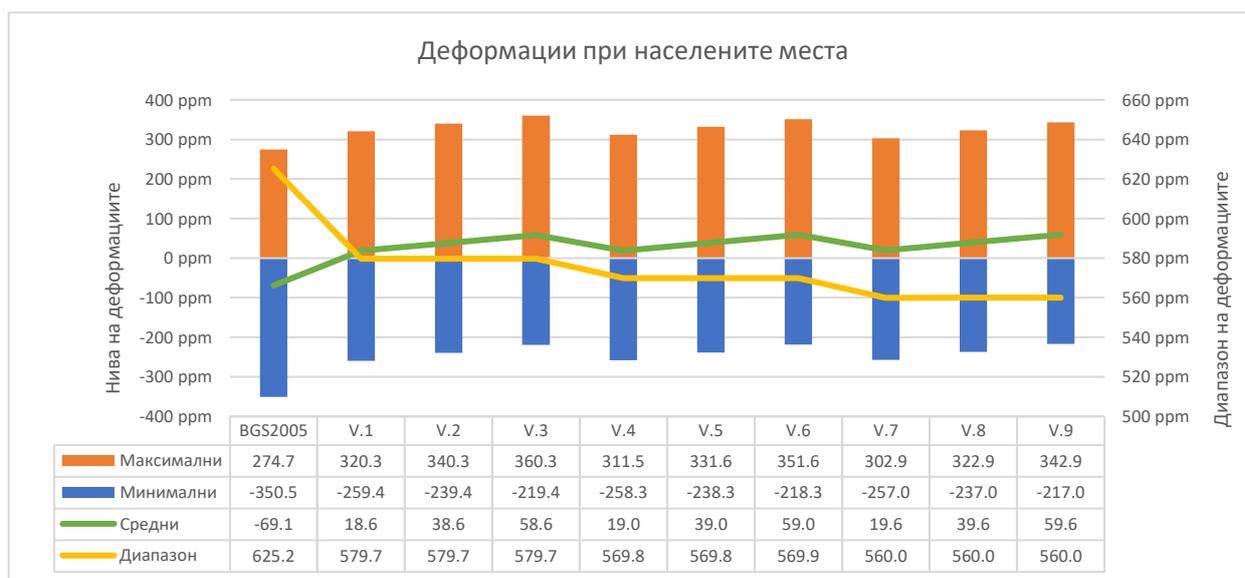
3. РАЗРАБОТВАНЕ НА НОВИ КООРДИНАТНИ СИСТЕМИ С НИСКИ ЛИНЕЙНИ ДЕФОРМАЦИИ ЗА ТЕРИТОРИЯТА НА БЪЛГАРИЯ

3.1. Проекция за цялата страна

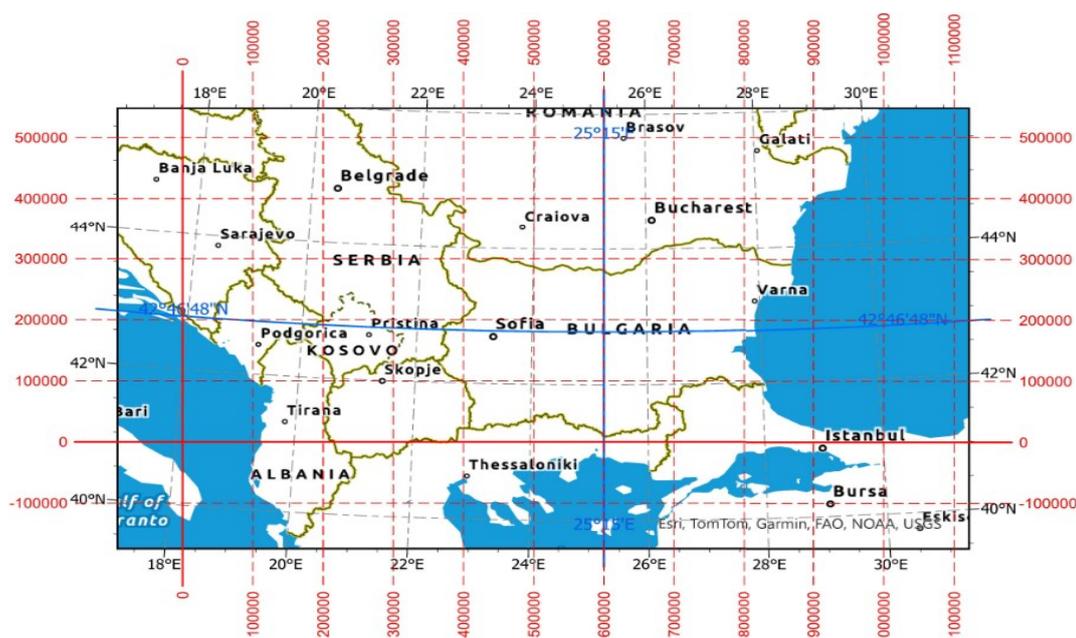
Разгледана е възможността за създаване на нова, оптимизирана единна конична проекция, която да осигурява по-ниски деформации за страната спрямо БГС2005-LCC и в частност при по-големите населени места. Първоначално са изследвани деформациите при градовете с по-голямо население.

Изследването показва, че с отместване на централния паралел в посока север, постепенно намалява диапазонът на деформациите и с увеличаване на мащабното число техните стойности се изменят към положителни числа. Извършен е сравнителен анализ (Фигура 2) на деформациите при девет различни варианта на LCC проекции с един стандартен паралел с карти на разпределение на деформациите и статистически оценки. В резултат е избрана нова Ламбертова конформна конична (LCC) проекция за цялата страна (Фигура 3) със следните параметри:

- Централен паралел: $\varphi_0 = 42^\circ 46' 48''$ (42.78°);
- Мащабно число: $k_0 = 1.00002$;
- Централен меридиан: $\lambda_0 = 25^\circ 15' 00''$ (25.25°);
- Условен изток: $E_0 = 600\,000$ m;
- Условен север: $N_0 = 180\,000$ m.



Фиг. 2. Деформации за населените места в България при различните варианти на проекции



Фиг. 3. Равнинни координати при новата LCC проекция

3.2. Проекции с ниски линейни деформации (LDP) за територията на България

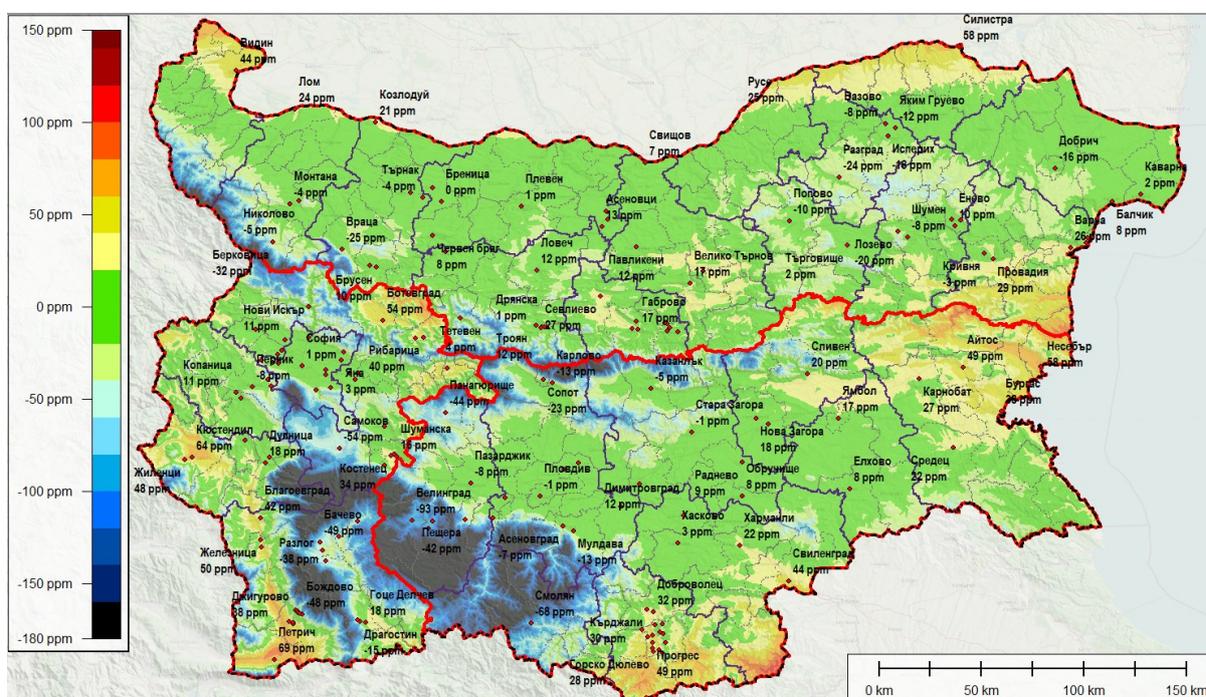
След като са намерени оптималните параметри за картографска проекция, която да обхваща цялата територия на страната, е разгледана и възможността за създаване на втори слой от картографски проекции, които да обхващат цялата страна, но с по-малки зони на покритие и съответно с по-ниски линейни деформации. За основна хипотеза е прието, че с намаляване големината на зоните могат да се достигнат по-ниски нива на изкривяване, които да са по-подходящи за инженерни и геодезически дейности.

За експеримент на изследване се зададе разработване на серия от картографски проекции с ниски линейни деформации с целеви критерий от ± 20 ppm (2 cm/km), който да покрива следните условия: 90% от населението; 75% от населените места (само въз основа на местоположението и размера им, независимо от населението) и 50% от цялата територия на зоната.

Разгледани са три различни варианта на слоевата система, които обхващат територията на цялата страна със съответно 3, 4 и 6 зони.

3.2.1. Вариант 1 – Слой с три картографски проекции (зони)

Първо е разгледана възможността на въвеждане на три нови проекции за страната, като тя се раздели на три географски зони (Фигура 4). За всяка зона са направени серии от анализи за различни проектни варианти.

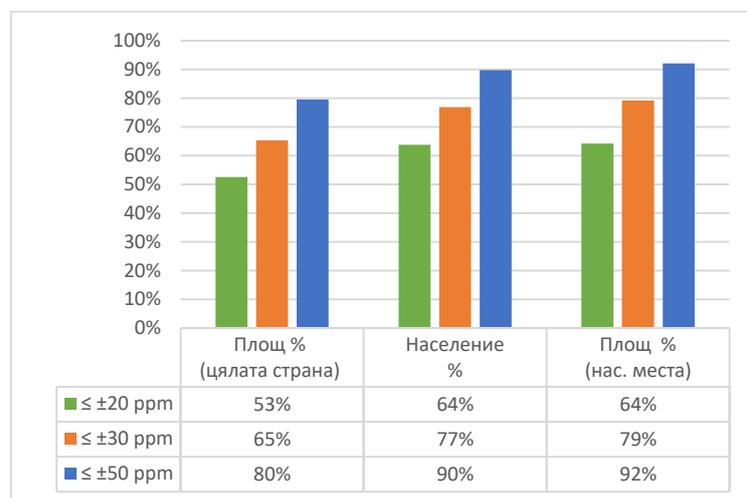


Фиг. 4. Комбинирана карта на деформациите при Вариант 1 (три LDP зони)

Първата, Югозападна зона се избра да съвпада с Югозападния район на развитие към МРРБ, а именно да обхваща областите София (град), София (област), Перник, Кюстендил и Благоевград.

Най-добро представяне се отчете при ТМ проекция с параметри $\lambda_C = 23.40^\circ$ и $k_0 = 1.0001$. За Северната и Югоизточната зона са обследвани вариации на Ламбертова конформна конична проекция (LCC) с един стандартен паралел. За Северната зона най-добро общо представяне се отчете при проекция с параметри $\varphi_C = 43.54^\circ$ и $k_0 = 1.000025$, а при Югоизточната зона $\varphi_C = 42.19^\circ$ и $k_0 = 1.000032$.

Фиг. 4 представя комбинирана карта на деформациите за цялата страна при Вариант 1 с трите LDP проекции. Фигура 5 дава комбинирана оценка за цялата страна при Вариант 1.



Фиг. 5. Оценка на деформациите за цялата страна при Вариант 1 (три LDP зони)

Направеният анализ доказва основната хипотеза, че с намаляване големината на зоните се достигат по-ниски нива на деформации спрямо използване на единна проекция за цялата страна.

3.2.2. Вариант 2 – Слой с четири картографски проекции (зони)

При втория вариант на проектиране е направен експеримент, при който се въвежда четвърта (Източна) зона, която да обхваща източните области в страната (област Силистра, Добрич, Шумен, Варна и Бургас). Запазва се Югозападната зона от Вариант 1, съответно Северната зона ставна по-къса в посока изток-запад и се образува още една нова Южноцентрална зона.

При всички зони (без Югозападната, която остава без промяна) са обследвани множество параметри на проекции. Запазена е същата методология на работа както при предходния вариант. За всяка зона са избрани по четири варианта с различни параметри, които дават добри резултати за деформации при населените места, след което за всяка от тези четири зони е извършен пълен статистически анализ и изготвена карта на деформациите.

След направена оценка и съпоставка на резултатите са избрани окончателни варианти на проекция за всяка една зона със следните параметри:

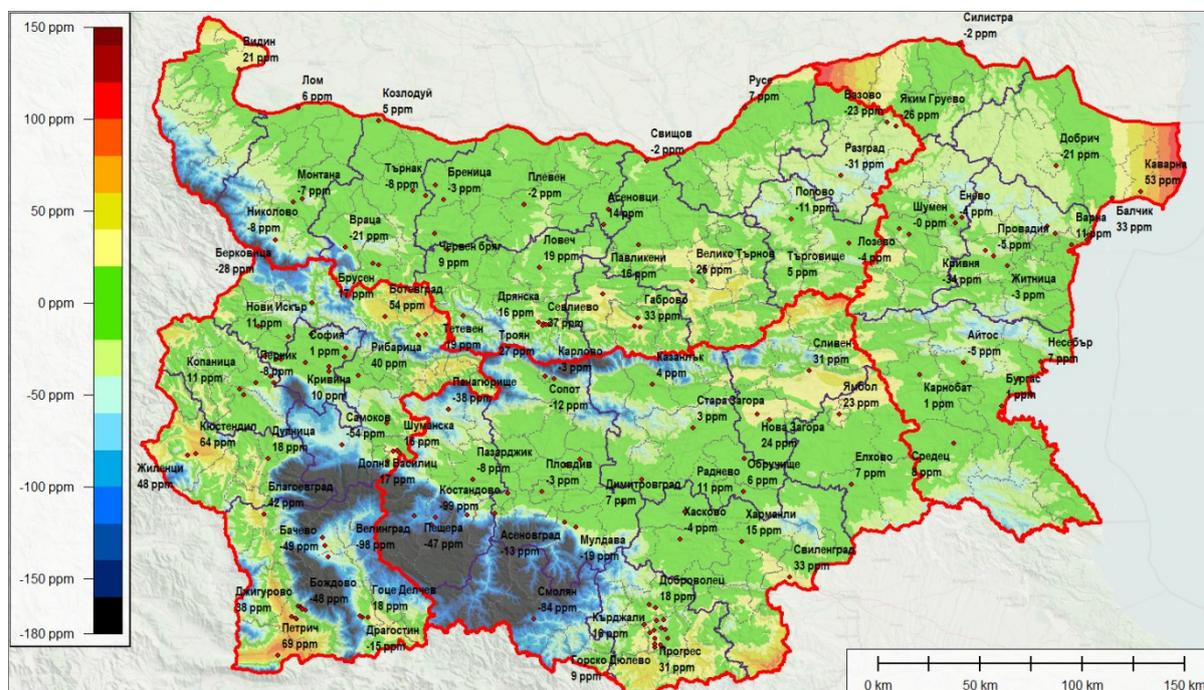
Югозападна: (ТМ) – $\lambda_c = 23.40^\circ$, $k_0 = 1.000100$

Северозападна: (LCC) – $\varphi_c = 43.65^\circ$, $k_0 = 1.000016$

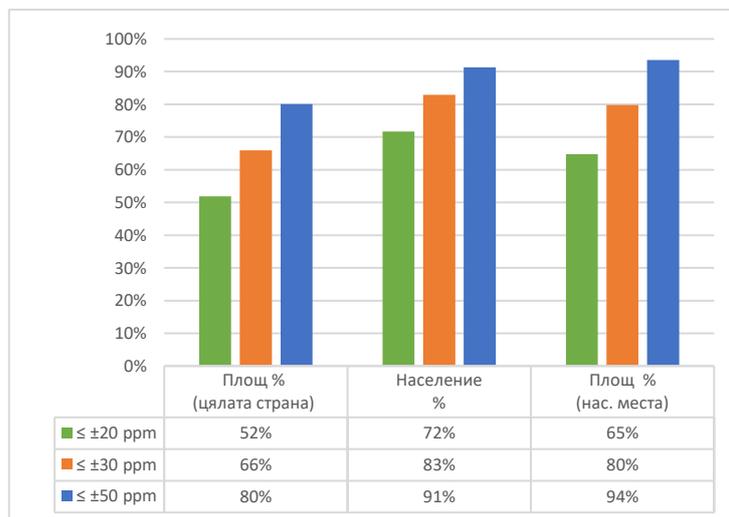
Южноцентрална: (LCC) – $\varphi_c = 42.11^\circ$, $k_0 = 1.000030$

Източна: (ТМ) – $\lambda_c = 27.51^\circ$, $k_0 = 1.000010$

Фиг. 6 представя комбинирана карта на деформациите при четирите зони на проектиране при Вариант 2. Обобщена статистика за деформациите при Вариант 2 за цялата територия на страната е показана на Фиг. 7.



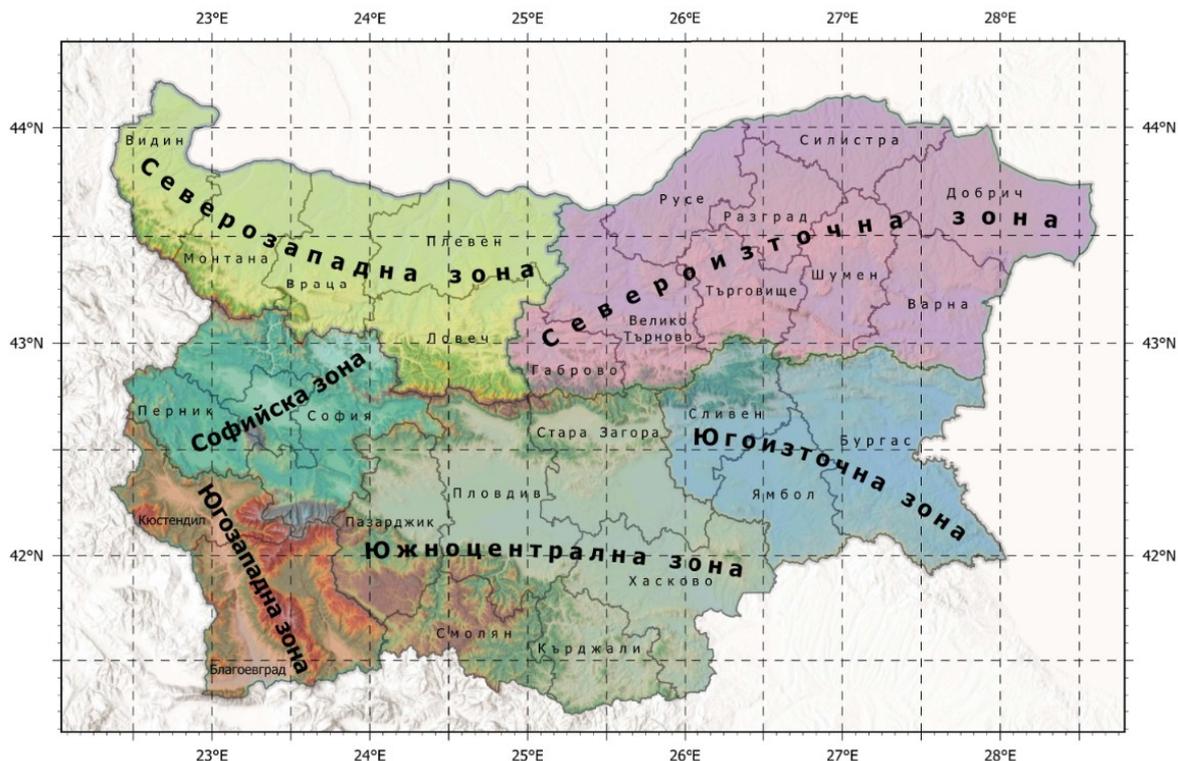
Фиг. 6. Комбинирана карта на деформациите при Вариант 2 (четири LDP зони)



Фиг. 7. Оценка на деформациите за цялата страна при Вариант 2 (четири LDP зони)

3.2.3. Вариант 3 – Слой с шест картографски проекции (зони)

При третия вариант за втори слой от проекции с ниско изкривяване (LDP) към новопредложената система БГС2025 е разгледана възможността за допълнително намаляване на проекционните зони с цел постигане на по-ниски нива на деформации и доближаване към целевите критерии на проектиране с диапазон на изкривяване от ± 20 rppm. Територията на държавата е разделена на шест зони (Фигура 8).



Фиг. 8. Зони на проектиране при трети вариант на LDP за България

При първата зона - „**Софийска координатна система**“, са обследвани различни параметри на Ламбертова конична (LCC) и Трансверзална Меркаторова (TM) проекции. За окончателен вариант в този експеримент се избра LCC проекция с параметри $\varphi_C = 42.86^\circ$ и $k_0 = 1.000105$.

За втората зона - „**Северозападна координатна система**“, първо са проучени различни варианти на Ламбертова конична (LCC) проекция, след което са тествани и параметри на Наклонена Меркаторова проекция (OM), която е избрана за окончателен вариант с параметри $\varphi_C = 43.60^\circ$, $\lambda_C = 23.46^\circ$, $\alpha_C = -76.40^\circ$ и $k_0 = 1.0001$.

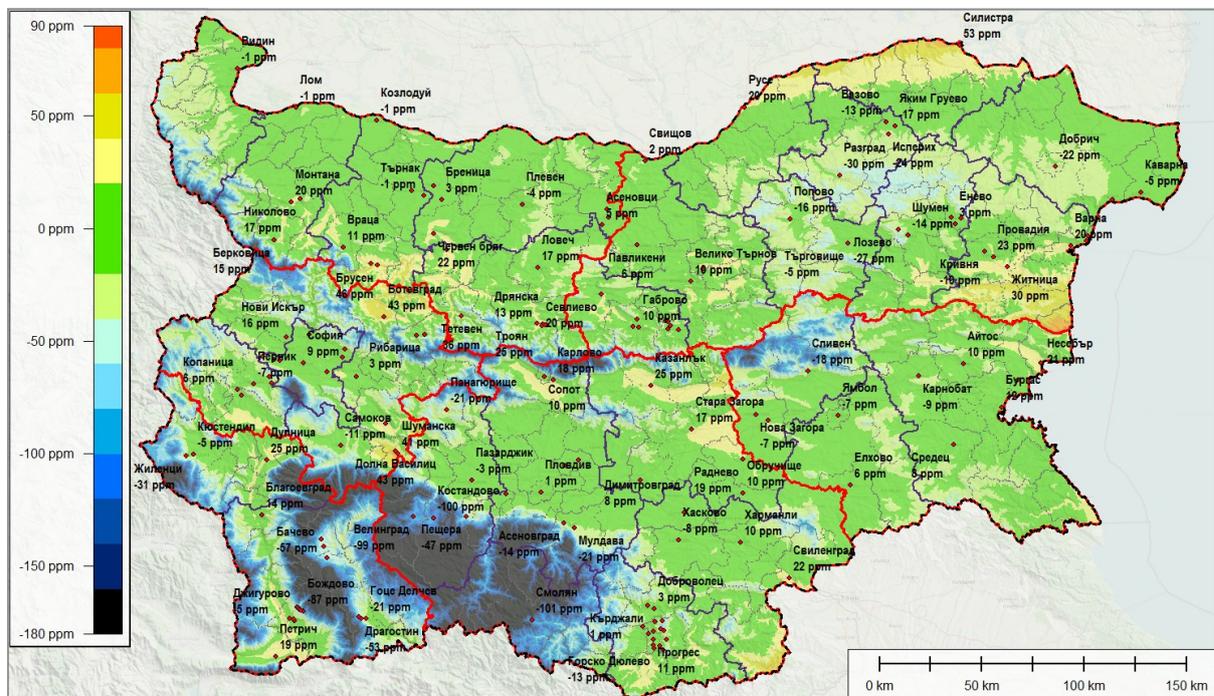
При третата зона - „**Североизточна координатна система**“, са проучени различни параметри на Ламбертова конична (LCC) проекция с вариации както в географската ширина на централния паралел (φ_C : $43.24^\circ - 43.60^\circ$), така и в мащабното число (k_0 : $1.000019 - 1.000031$). За окончателен вариант е избрана LCC проекция с параметри $\varphi_C = 43.53^\circ$ и $k_0 = 1.000019$.

При Зона 4 – „**Югозападна координатна система**“, въпреки че това е най-малката по площ зона, тя е и тази с най-пресечен релеф. Първоначално са изследвани серия от параметри на Трансверзална Меркаторова (TM) проекция, тъй като зоната е по-удължена в посока север-юг. Представянето на тази TM проекция обаче не достига желаните условия за целевия критерий на проектиране, поради това допълнително е изследвани LCC и Наклонена Меркаторова (OM) проекции с множество итерации, като най-ниски нива на деформации за населените места са регистрирани при OM проекция с параметри: $\varphi_C = 41.20^\circ$, $\lambda_C = 23.62^\circ$, $\alpha_C = -53^\circ$ и $k_0 = 1.000055$.

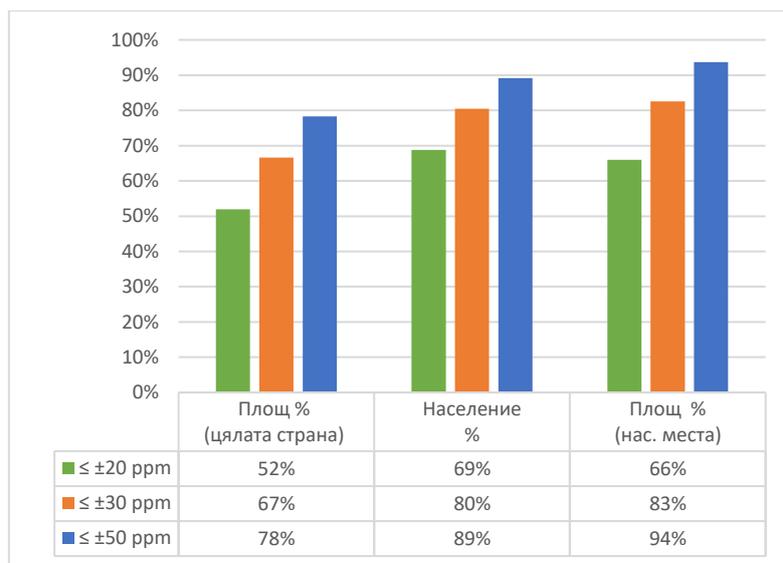
При петата зона - „**Южноцентрална координатна система**“, са изследвани различни параметри на Ламбертова конична (LCC) проекция с вариации както в географската ширина на централния паралел (φ_C : $41.78^\circ - 42.26^\circ$), така и в мащабното число (k_0 : $0.999990 - 1.000110$). За окончателен вариант е избрана LCC проекция с параметри $\varphi_C = 41.99^\circ$ и $k_0 = 1.000030$.

За Зона 6 – „**Югоизточна координатна система**“, отново са проучени различни вариации на Ламбертова конична (LCC) проекция с различни стойности за географската ширина на централния паралел (φ_C : $42.26^\circ - 42.74^\circ$), така и в мащабното число (k_0 : $1.000010 - 1.000070$). За окончателен вариант е избрана LCC проекция с параметри $\varphi_C = 42.42^\circ$ и $k_0 = 1.000020$.

Фиг. 125 представя комбинирана карта на деформациите за цялата страна при Вариант 3, а Фиг. 126 дава комбинирана оценка за цялата страна.



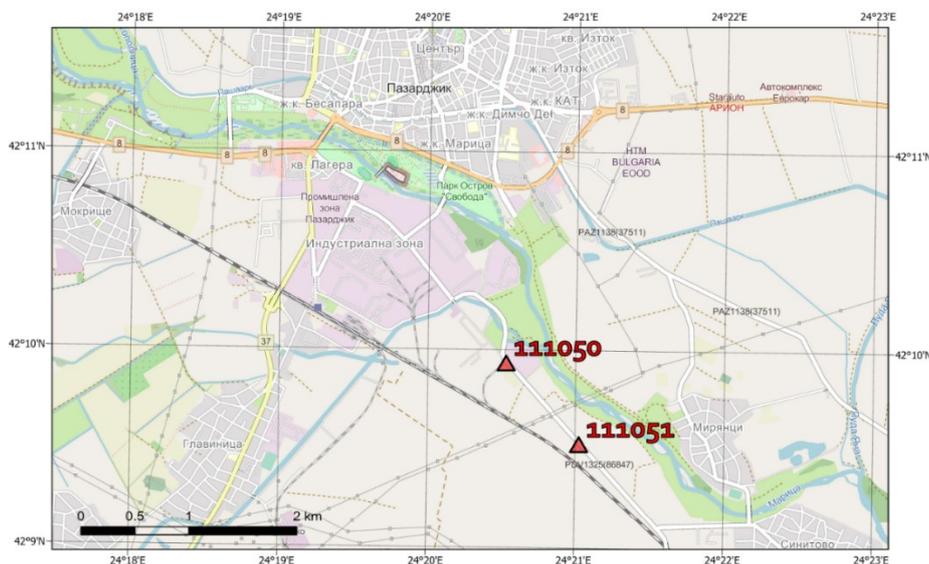
Фиг. 9. Комбинирана карта на деформациите при Вариант 3 (шест LDP зони)



Фиг.10. Оценка на деформациите за цялата страна при Вариант 3 (шест LDP зони)

4. АПРОБАЦИЯ

Направено е практическо изследване с помощта на реални измервания с геодезическа апаратура. Измерванията са направени на 4-ти февруари 2025 г. на територията на гр. Пазарджик. Измерени са две точки от работната геодезическа основа (РГО) на града, като е съпоставено хоризонталното разстояние, измерено между двете точки, с разстоянията между тях, отчетени в различните видове картографски проекции. Направена е оценка на получените резултати.



Фиг.11. Точки от РГО на гр. Пазарджик

С помощта на GNSS приемника са получени географски координати на двете точки, а с тоталната станция са направени ъглово-дължинни измервания между тях. Изчислено е осредненото хоризонтално разстояние между двете точки - 1019.710 m. Географските координати са наложени във всички предходно изследвани картографски проекции и съпоставени с физически измерените разстояния. Изчислени са и разстоянията между точките в системата KC1970 (Зона K9), както и разстоянието по елипсоида GRS80. Таблица 1 представя получените резултати.

Таблица 1. Грешки на разстоянията в различните картни проекции

Координатна система	Разстояние (m)	Разлика (m)	Грешка (ppm)
GRS80	1019.848 ¹	0.138	135.31
KC1970-K9	1019.665 ²	-0.045	-44.43
БГС2005-LCC	1019.643	-0.067	-66.20
БГС2005-UTM35N	1019.867	0.157	153.94
БГС2025	1019.751	0.041	40.30
БГС2025_Var1_SE	1019.705	-0.005	-5.30
БГС2025_Var2_SC	1019.703	-0.007	-7.06
БГС2025_Var3_SC	1019.707	-0.003	-2.94

От получените резултати може да се заключи, че при всички проектни варианти от новопредложената система БГС2025, в които попада територията на гр. Пазарджик, деформациите са по-ниски спрямо проекциите към системата БГС2005. Това означава, че новоразработените проекции са по-подходящи за използване за това населено място и биха допринесли за по-малки грешки при геодезически дейности.

Деформациите при трите проектни варианта с втори слой от LDP проекции са пренебрежимо малки. Може да се направи извода, че тези проекции са най-подходящи за този район, тъй като на практика линейните деформации са почти напълно елиминирани.

¹ Разстояние по елипсоида

² Изчислено от правоъгълните координати на двете точки, получени чрез софтуера BGSTrans

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

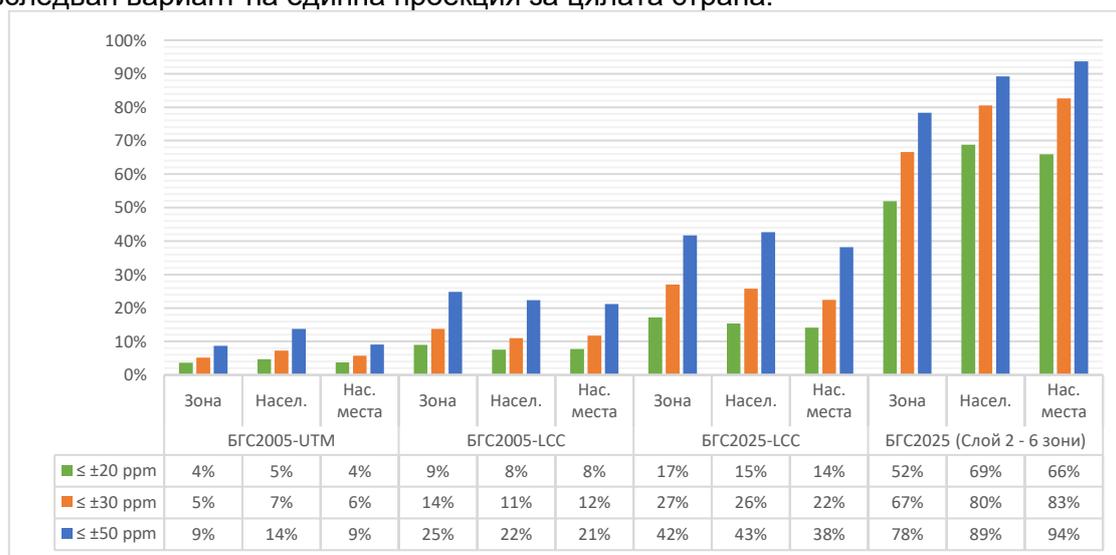
Обект на изследване са картните проекции, и по-специално тези, които са с най-широко приложение в практиката по геодезия, кадастър и инвестиционно проектиране. Основната цел е да се демонстрира иновативен подход за разработване на проекции, съдържащ методология за изследване на деформациите им спрямо физическата земна повърхност, както и тяхното визуално и статистическо представяне с помощта на съвременни ГИС приложения за работа с триизмерни пространствени данни.

В пилотно изследване е предложено въвеждането на нова геодезическа координатна система за България, условно именувана Българска геодезическа система 2025 (БГС2025). Върху нея е разработена нова оптимизирана конична конформна проекция, осигуряваща по-ниски нива на деформациите за цялата територия на страната спрямо съществуващата БГС2005-LCC.

Допълнително е изследвана и възможността за въвеждане на „слоеста“ система с втори допълнителен слой от картографски проекции, обхващащи цялата територия на България съответно с три, четири и шест зони. И при трите варианта са получени значително по-ниски нива на деформациите спрямо текущата БГС2005-LCC и новопроектираната БГС2025, както за цялата страна, така и за населените места

6. ИЗВОДИ

Фиг. 11 показва сравнение на статистическите данни за деформациите от ± 20 , ± 30 и ± 50 ppm при различните картографски проекции от БГС2005 и новите предложени варианти (БГС2025). Може да се заключи, че подобрените параметри за единна зона, покриваща цялата страна намалят линейните деформации спрямо земната повърхност. Също така, зоналното покритие на страната (Вариант 3 – шест проекции) е категорично в пъти по-добро от всеки един друг изследван вариант на единна проекция за цялата страна.



Фиг.12. Сравнение между статистическите данни за деформациите между различните картографски проекции за България

7. ПРЕПОРЪКИ

- 1) Да се въведе нова система от картографски проекции за България с по-ниски нива на деформациите спрямо текущата БГС2005;
- 2) Да се използват два слоя с картографски проекции за страната: първи - с единна проекция обхващаща цялата ѝ територия, и втори - с множество проекции с по-ниски деформации;
- 3) При новата система да се използват най-актуалните геодезически референтни системи (датиуми) в Европа, съответно да се преизмери или преизравни държавната GPS мрежа и създаде нов геоиден модел за страната;

- 4) Да се извършат последващи анализи и изследвания за проекции с ниски деформации с допълнително намаляване на техните зони на обхват и възможност за разделение по географски характеристики с цел да бъдат постигнати зададените целеви критерии на проектиране;
- 5) Да се заложат условия и приоритети на проектирането на нова координатна система в страната, които да се съгласуват със съответните административни органи и заинтересовани страни.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Наредба № 2 от 30-ти Юли 2010 г. за дефиниране, реализация и поддържане на българската геодезическа система. ДВ. 2010. МРРБ и МО
2. Инструкция № РД-02-20-12 от 03 август 2012 г. за преобразуване на съществуващите геодезически и картографски материали и данни в „Българска геодезическа система 2005“
3. Кателиев, С. „Приложение на иновативен метод за анализ на деформациите при картографските проекции от системата БГС2005“., Съюз на геодезистите и земеустроителите в България. Геодезия, Картография, Земеустройство. 2025, 18-23
4. Население на р. България към 31.13.2023 г. Националният статистически институт. (<https://www.nsi.bg/bg/content/2974/население>)
5. Dennis, M. L. Ground Truth: Low Distortion Map Projections for Engineering, Surveying, and GIS. School of Civil and Construction Engineering. 2016
6. Dennis, M. L. (2019). DISSERTATION: Map Projections and Differential Leveling in a GNSS-based 3D Geodetic Framework. Oregon State University.
7. National Geodetic Survey (NGS) – NOAA (<https://geodesy.noaa.gov/>)

АДРЕС НА АВТОРА

1. Д-р. инж. Симеон Кателиев
гр. Чикаго, САЩ
simeon.kateliiev@gmail.com

4. СЕСИЯ НА КИИП (2) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

19. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ

СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ

София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

АНАЛИЗ, РАЗВИТИЕ И УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ НА НОРМАТИВНАТА БАЗА В УСТРОЙСТВЕНОТО ПЛАНИРАНЕ И ИНВЕСТИЦИОННОТО ПРОЕКТИРАНЕ

Гл. ас. д-р инж. Емилия Илиева, УАСГ

РЕЗЮМЕ

В доклада са представени основни въпроси, свързани с нормативната уредба, регламентираща геодезическите дейности в устройственото планиране и инвестиционното проектиране, като представя анализ на нейното актуално състояние и очертава необходимостта от актуализация в съответствие с динамичното развитие на технологиите и потребностите на съвременната практика. Акцентира се върху важността от формулиране на съвременни, ясни и функционални изисквания, които да гарантират повишаване на качеството и надеждността на предоставяните геодезически услуги.

Ключови думи: нормативна уредба, устройствено планиране, инвестиционно проектиране.

ANALYSIS, DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF THE REGULATORY FRAMEWORK IN SPATIAL PLANNING AND INVESTMENT DESIGN

Chief Assistant Professor Dr. Eng. Emilia Ilieva, UACEG

SUMMARY

The report examines key issues related to the regulatory framework governing geodetic activities in spatial planning and investment design, presenting an analysis of its current state and outlining the need for its revision in line with the dynamic development of technologies and the requirements of current professional practice. The report highlights the importance of establishing modern, clear, and functional requirements that ensure high quality and reliability of the geodetic services.

Keywords: regulations, spatial planning, investment design.

АДРЕС НА АВТОРА

1. Гл. ас. д-р инж. Емилия Илиева
гр. София, бул. Христо Смирненски 1, УАСГ,
Геодезически факултет,
Катедра Приложна геодезия
e-mail: e.ilieva_fgs@uacg.bg

ДИГИТАЛИЗАЦИЯ И ЕЛЕКТРОНЕН ОБМЕН НА ДАННИ ОТ ПОДРОБНИ УСТРОЙСТВЕНИ ПЛАНОВЕ

Ас. д-р инж. Мариян Генчев, УАСГ

РЕЗЮМЕ

В статията се разглежда дигитализацията и електронния обмен на данни от подробни устройствени планове (ПУП) в България на фона на европейски практики. Описани са ползите: повишена прозрачност и проследимост, ускорени процедури чрез автоматизирани проверки, лесен достъп и повторна употреба на данни и др. Анализирани са основните предизвикателства: липса на изрична правна сила на „цифровия оригинал“, отсъствие на национален модел на данните и публичен валидатор, нееднородни формати и процедури, различен административен капацитет и нужда от оцифряване на наследени планове. Представен е референтен процес за дигитализация. Предложена е архитектура за съхранение и обмен на данни, както и файлов формат за трансфер, като процедурите осигуряват правна проследимост и публичност. Съпоставката с други страни очертава нуждата от централен портал или обща рамка и стандарти. Формулирани са предизвикателства пред процесът на дигитализация и оцифряване на вече приети подробни устройствени планове.

Ключови думи: устройствено планиране, дигитализация, обмен на данни.

DIGITALIZATION AND DIGITAL DATA EXCHANGE FROM DETAILED DEVELOPMENT PLANS

Asst. Dr. Eng. Mariyan Genchev, UACEG

SUMMARY

The article examines the digitization and exchange of data from detailed development plans in Bulgaria against the backdrop of European practices. The benefits are described: increased transparency and traceability, accelerated procedures through automated checks, easy access and reuse of data, etc. The main challenges are analyzed: lack of explicit legal force of the "digital original," absence of a national data model and public validator, inconsistent formats and procedures, varying administrative capacity, and the need to digitize legacy plans. A reference process for digitization is presented. An architecture for data storage and exchange is proposed, as well as a file format for transfer, with procedures ensuring legal traceability and publicity. A comparison with other countries highlights the need for a central portal or common framework and standards. Challenges to the process of digitization and digitization of already adopted detailed development plans are formulated.

Keywords: spatial planning, digitalization, data exchange.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Дигитализацията на подробните устройствени планове (ПУП) се превръща в ключова предпоставка за прозрачно управление на територията, съкращаване на срокове и намаляване

на административната тежест. Докато кадастралните данни и процеси у нас се извършват изцяло в цифрова среда, устройственото планиране остава основно на физически носител: процедурите са децентрализирани, а правната сила на „цифровия оригинал“ не е изрично уредена. Това ограничава автоматизираните проверки, междуинституционалния обмен и повторната употреба на данни.

Настоящата статия изследва актуалното състояние и очертава цялостен подход за цифров живот на приети ПУП – от сканиране и оцифряване на наследени планове, през структуриране и верифициране на геоданни, до стандартизиран обмен и публично публикуване. Акцентът е върху прилагането на отворени стандарти и устойчиви носители: GeoPackage (GPKG) като „всичко-в-един“ файлов формат за трансфер на векторни, растерни и атрибутни данни, както и OGC услуги (WMS/WFS) за уеб визуализация и достъп. Предлага се референтна архитектура „данни → база → геосървър → услуги/файлов пакет → клиентски приложения“.

Чрез сравнение с вече приложени и доказани добри практики в други страни и анализ на актуалното положение у нас, в статията са формулирани ключови предизвикателства и ползи от дигитализацията: нормативно признаване на цифровия оригинал, национален модел на данните за ПУП. Представено е как тези елементи, подкрепени от процес на стандартизация и целево финансиране, осигуряват проследимост, качество и прозрачност на данни и процеси и дават база за предоставяне на съвременни електронни услуги на администрация, проектант и граждани.

2. АКТУАЛНО ПОЛОЖЕНИЕ В ОБЛАСТТА

2.1. България

Предметът на устройственото планиране в България се регламентира от Закона за устройство на територията (ЗУТ), който определя реда за изработване, съобщаване, обществено обсъждане и приемане на подробните устройствени планове (ПУП) [1]. Конкретни изисквания към устройствени зони и правила за устройство се съдържат и в Наредба №7 към ЗУТ [2]. Публичността на процедурите се осигурява чрез публикуване на проектите и актовете на интернет страниците на съответните общини и чрез индивидуално съобщаване на заинтересованите лица по законов ред. За изменения с ограничен териториален обхват законодателството допуска уведомяване без обнародване в „Държавен вестник“, което на практика формира предвидим, но децентрализиран режим на публичност – всяка община носи отговорност за собствените регистри и публикуване на данни свързани с устройственото планиране.

Подаването и обработката на заявления и проектна документация може да се осъществи по два начина – изцяло физически или хибридно – физически и по електронен път. Системата за сигурно електронно връчване предоставя възможности за електронен обмен и проследимост на преписките, включително за услуги в сферата на устройственото планиране. Въпреки това, в значителна част от общините, водещ остава физическият метод за входирание и заверка на документи, като електронните ресурси функционират допълващо – уведомяване, публикуване на материали и обмен на файлове.

Основен инструмент за публичност са общинските сайтове. Столична община, чрез Направление „Архитектура и градоустройство“ (НАГ), поддържа публични регистри и страници по райони, където се публикуват текущи ПУП, визи за проектиране и съобщения. Сходни секции поддържат и районните администрации в Столична община, както и други големи общини. Тази практика повишава прозрачността и позволява на гражданите и професионалната общност да проследяват етапите на процедурите. Ограничение, често посочвано в практиката, е неравномерната честота на обновяване и поддръжка на регистрите свързани с устройствените планове.

Внедряването на общински географски информационни системи (ГИС) в подкрепа на устройствените дейности напредва неравномерно и е силно зависимо от капацитета на общините. София поддържа развит набор от публични услуги и регистри чрез НАГ и „ГИС–София“. Бургас, Стара Загора и други големи градове също поддържат свои информационни системи и регистри. В по-малките общини преобладава комбиниран подход – онлайн публикуване на PDF материали на общинските сайтове, съчетано с хартиени досиета на място.

Общата тенденция е към дигитализация на процесите и данните, включително разширена употреба на системата за сигурно електронно връчване за официални съобщения и по-широко интегриране на ГИС за публично представяне на плановете.

2.2. Турция

В Турция правната основа на устройственото планиране е Закон № 3194 за устройството [5], многократно изменян и актуализиран, който урежда изработването, приемането и правното действие на плановете. Към него се прилагат ключови подзаконови актове, сред които Наредбата за изработване на пространствени плановете [6], която формализира йерархията и мащабите на плановете, и Наредбата за планирани територии [7].

Процедурите по приемане и публичност се основават на чл. 8 от Закон № 3194, включително 30-дневно обявяване и разглеждане на възраженията, като в практиката уведомяването протича паралелно в цифрова и физическа форма, особено в големите общини. Дигитализацията е силно развита откъм кадастрални данни, докато поддръжката и публикуването на устройствени плановете са в значителна степен децентрализирани: на национално ниво e-Plan функционира като инфраструктура и портал на компетентното министерство, а големи общини като Истанбул поддържат собствени портали за преглед на устройствени плановете и текущи обяви.

Материалният носител варира според общината физически или хибриден. В по-малките общини е възможно предаване на хартиен носител според местната организация и степента на внедряване на електронни услуги. Следва да се отбележи, че уеб визуализациите имат информативен характер, докато правното действие произтича от одобрителния акт и утвърдените графични материали и план-бележки.

2.3. Гърция

Правната рамка на устройственото планиране в Гърция се основава на Закон 4759/2020 за модернизация на пространственото и устройственото планиране [8], който актуализира йерархията на плановете и процедурите по тяхното изработване, одобряване и обнародване в Държавен вестник. Към него се прилагат подзаконови актове и програми за ускоряване на планирането, като на национално ниво се развиват цифрови услуги в подкрепа на прилагането му. Йерархията на плановете включва Local Urban Plans (ΤΧΣ) и Special Urban Plans (ΕΧΣ) като основни инструменти на местно ниво, а практическото им внедряване се ускорява чрез програмата „Константинос Доксиадис“.

Към 2025 г. напредъкът е осезаем, но по-бавно от планираното, като значителна част от плановете остават в процес на изработване или одобрение. Процесът по одобряване и публичност комбинира електронни и физически етапи: след приемане от компетентния орган планът подлежи на публикуване и обнародване, като в практиката широко се използват дигитални канали за уведомяване и достъп до документите, правният ефект се консолидира чрез публикация в Държавен вестник по електронната процедура на правителствения портал.

Дигитализацията е особено напреднала при кадастралните данни, а в областта на устройственото планиране водещи са националната платформа e-Πολεοδομία (e-Poleodomia) и e-Άδειες (e-adeies), както и общински портали за публикуване на плановете и извлечения. На практика цифровото публикуване и достъп вече са налични за голяма част от градовете, но пълната национална дигитализация на плановете се изгражда поетапно.

2.4. Сърбия

Правната рамка на устройственото планиране в Сърбия се основава на Закона за планиране и изграждане [9], в сила от 2009 г. и многократно изменян (вкл. съществени изменения от юли 2023 г.), който урежда изработването, приемането и правното действие на плановете, както и процедурите по инвестиционно проектиране и строителство. Към закона се прилагат подзаконови актове и технически правилници [10], които конкретизират съдържанието, обmena на документи и сроковете по електронен път.

Проучванията показват устойчив растеж на електронните заявления, макар че на места се отчитат и забавяния спрямо законовите срокове. Паралелно, Агенцията за пространствено и градско планиране (APPURS) развива национална платформа за устройствени плановете и

документацията към тях, а през 2024 г. бе стартирана публичната платформа „Budi deo plana“ за електронни известия и подаване на възражения при изменения на планове.

В практиката големите общини, поддържат собствени портали за публикуване и достъп до планове, процедури и обяви, докато в по-малките процесът често е хибриден — комбинация от електронно подаване и хартиени планове и досиета, според капацитета на администрацията. Към момента дигитализацията на самите устройствени планове е в развитие: общинските ГИС и портали са водещи за публичност, а националният регистър и модулите eSpace/ePlan се внедряват поетапно.

Правното действие на устройствените планове и документи произтича от одобрителния акт и утвърдените графични материали, докато уеб визуализациите имат информативен характер. Тенденцията е към пълно електронно обслужване, но към 2025 г. хартиеният носител и заверените PDF сканирани документи продължават да съпътстват официалното досие и архив, особено извън големите градове.

2.5. Испания

Правната рамка на устройственото планиране в Испания е децентрализирана: държавата задава основите чрез Real Decreto Legislativo 7/2015 (консолидиран текст на Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana – TRLSRU) [11], а автономните области приемат детайлните нормативни изисквания към устройственото планиране. Общините изработват и одобряват местните планове. Паралелно, Ley 38/1999 – LOE и Código Técnico de la Edificación (CTE) [12] дефинират ролите и отговорностите в процеса на проектиране, строителство и техническите изисквания към сградите.

В областта на устройственото планиране цифровите услуги и публикуването са регионални и общински. Мадрид поддържа онлайн система за справки и геопортал за планова информация. Други големи градове (Севиля, Валенсия, др.) също предоставят публични данни и възможност за извличане на данни от тях (често в отворени формати). Барселона от своя страна, реализира програма за ускорена дигитализация с цел до 95% от общинските услуги да станат дигитални до 2027 г., като включва мерки за автоматизация на устройствени процедури. На практика носителят остава хибриден (електронни канали с архивни хартиени екземпляри), а степента на дигитализация варира според капацитета на автономната област и общината.

2.6. Чехия

Правната рамка се определя от новия Строителен закон № 283/2021 [13], в сила от 1 юли 2024 г., който интегрира правилата за пространствено планиране и строителен процес. Законът задава цели, инструменти и компетентности по веригата „държава–регион–община“. Йерархията на устройствените планове и документите е ясно формализирана: Политика за пространствено развитие на Чешката Република (национално ниво) → Принципи на пространственото развитие на регионално ниво → Общински пространствен план → Регулационен план. Като по закон плановете на местно ниво трябва да се съобразяват с предхождащите ги – национални, регионални и т.н.

Дигитализацията е силно напреднала и институционализирана чрез Националния геопортал за пространствено планиране (NGÚP) на Министерството за регионално развитие за съхранение, контрол по единните стандарти и публично достъпване на всички данни от устройствените планове, включително проекти след 01.07.2024 г. Порталът публикува текущо обсъждани и приети документи и предоставя инструменти за валидация на „единния стандарт на общински пространствен план“ и на „план за застрояване“.

Устройственото планиране в Чехия е централно управляван, нормативно обезпечен дигитален режим за пространствено планиране, като поддържат национален портал и единни стандарти, като запазват децентрализирани компетентности на региони и общини по изработване и приемане на планове. Това осигурява публичност и проследимост на всички данни и видимо ускорява интеграцията им.

2.7. Анализ на положението в областта

Съпоставката между разгледаните държави показва различни скорости на дигитална трансформация и различна степен на централизация в устройственото планиране. Чехия е най-

напред с нормативно установени правила, централизирано управляван дигитален режим: национален портал, единни стандарти и проследим жизнен цикъл на плановете и документите към тях. На противоположния полюс по отношение на централизацията са страни като Испания и Италия, устройствените планове, данни и процеси са децентрализирани. Налични са модерни общински и регионални платформи, но липсва единен национален портал за устройствени планове, което води до нееднакво качество и покритие.

В Турция актуалното положение е сходно с това у нас, децентрализирано публикуване на устройствени планове, като на местно ниво преобладава хибриден метод за работа. Гърция е нормативно модернизирана, с напреднали национални е-услуги, но реалното завършване на плановете се осъществява по-бавно от планираното. Сърбия показва бърз прогрес в електронните строителни разрешителни и поставя основи за национална платформа, но визуализацията на плановете и данни към тях все още се развива.

В България имаме силно развита национална кадастрално-административна информационна система, като нормативната рамка е ясно насочена към електронното обслужване. Дигитализацията на устройствените планове от друга страна е децентрализирана и неравномерна. Големите общини поддържат регистри, публикуват материали и частично предлагат електронни услуги, докато в по-малките процесът остава хибриден, даже много по-често изцяло физически. Липсва национален модел за данните, липсва централен портал за устройствени планове и възможност за предаване на цялостни проекти дигитално. Правната уредба допуска електронни канали, но не дава изрична „правна сила на цифровия оригинал“ и конкретен стандарт за обмен на данни, дигитален подпис и времеви печат – което държи физическият носител като водещ.

Какво е необходимо, за да се приближим до чешкия стандарт или други напреднали страни? Правна сила на цифровия оригинал – изменение на нормативната уредба. Сила на подпечатаният файл с пространствени и атрибути данни, както и в регистъра на актовете, така че хартията да стане архивен дублет, а не носител с приоритет. Национален модел на данните за ПУП (класове, атрибути, процедури и задължителни формати за обмен (напр. GeoPackage, DXF, WMS/WFS, или др.), придружени от публичен валидатор (геометрия, топология, атрибути и др.). Не по-малко важно, създаване на национален портал за устройствени планове със задължителен „минимум съдържание“ от всички общини (метаданни, статус, версии, услуги). Не на последно място, процесна стандартизация: унифицирани стъпки и описани процедури и техните срокове, дневници на измененията, механизми за обществено участие и др.

3. ДИГИТАЛИЗАЦИЯ НА ПОДРОБНИТЕ УСТРОЙСТВЕНИ ПЛАНОВЕ

3.1. Ползи от дигитализацията на подробните устройствени планове

Дигитализацията на подробните устройствени планове (ПУП) създава достъпна, прозрачна и проследима среда за достъп и работа с данни от ПУП. Точната и навременна информация за състоянието на дадена структура е изключително ценна [3]. Все пак, напредъкът в геодезията се характеризира с интеграция на съвременни технологии - Internet of Things (IoT), автономни системи, дроневи камери и LiDAR, изкуствен интелект и виртуална реалност, които правят процесите по-точни, ефективни и автоматизирани и намират приложение в градоустройството, управлението на инфраструктурата и строителството [14]. Тази трансформация е естествено продължение на вече утвърдената дигитализация в кадастъра и нарастващото използване на електронни административни услуги. Дигитализацията в областта на устройственото планиране, има редица ползи, като част от тях са:

-Прозрачност и отчетност на електронно публикуваните ПУП. Ясно представени, с възможност за поддържане на архив и различни версии (история на измененията). Това ограничава възможностите за неформални интервенции в съдържанието на плановете и улеснява достоверността на решенията – кой, кога и на какво правно основание е утвърдил дадена промяна. Публичните уеб прегледи, допълнени с регистър на актовете, правят информацията засягаща права и интереси достъпна за гражданите и бизнеса.

-Ускоряване на административните процеси, когато данните от ПУП се съхраняват в пространствена база данни, ще могат да се извършват автоматични анализи за съответствие с актуални планове (ОУП/ПУП), със зони на ограничение, с улично-регулационни линии и сервитути и др. Това редуцира времето за технически контрол,

намалява “лесно предотвратими” грешки и позволява на експертите да се фокусират върху съдържанието и оценката на проекта. Въвеждането на електронни контролни списъци и правила елиминира цикли на връщане на преписки за несъответствия, които могат бързо да се установят в цифрова среда.

-Лесен и бърз достъп до данни. Централизираното индексирание на планове и свързаните им документи (обяснителни записки, графични приложения, решения и др.) скъсява пътя от търсене до достъп. Електронните услуги позволяват търсене по номер на урегулиран поземлен имот (УПИ), идентификатор на имот, адрес, действаща зона или етап на процедура. Проектантите ще имат достъп до цифрови данни, при условие, че системата предоставя такава възможност за извличане на данни в цифров вид, което би спестило време за изработване на даден проект.

-Намаляване на разходи и административна тежест, макар дигитализацията да изисква начални инвестиции и не малко финансиране (оборудване, софтуер, обучение, миграция на наследени архиви), в средносрочен план тя намалява разходите за обработка, съхранение и предоставяне на информация. Автоматизираните проверки съкращават работното време на експертите, а електронната доставка и архивирането намаляват разходи за хартия, физическа логистика и др.

В обобщение, дигитализацията на ПУП в България не е само техническа модернизация, а структурна реформа на процесите по ЗУТ. Тя повишава прозрачността и доверието, ускорява административния цикъл, създава условия за автоматизирани проверки и интегрирани услуги, както и приближава общинската практика до европейските стандарти за данни и публичност. Именно поради тези ефекти тя следва да се реализира с ясно дефинирани национални стандарти, валидатори и устойчиво финансиране, за да донесе максимална полза на администрацията, професионалната общност и обществото.

3.2.Предизвикателства пред дигитализацията на подробните устройствени планове

Дигитализацията на ПУП в България изисква едновременно юридическа, организационна и технологична трансформация. Най-напред стои необходимостта от промени в нормативната уредба, които да придадат недвусмислена правна сила на „цифровия оригинал“ на плановете. Днес практиката широко използва цифрови данни, но хартиеният носител остава де факто водещ. Въвеждането на нормативно признат цифров оригинал (векторен геофайл с квалифициран електронен подпис и квалифицирано времево удостоверение) би позволило архивът „по закон“ да бъде именно цифровият запис, а хартиеният екземпляр – формалност. Това предполага и ясни процедури в електронен вид (стандартизирани стъпки, отговорности, срокове, електронни дневници на измененията), за да се гарантира процес на проследимост и еднаквост между общините.

Втората група предизвикателства засяга модела на данните и стандартите. Липсата на единни, нормативно утвърдени класове и атрибути за обектите в цифров вид за ПУП (зони, УПИ, улично-регулационни линии, сервитути, режими, текстови правила) води до проблеми, като различни формати за обмен на данни, различни кодирания, различни нива на подробност. Желателно е утвърждаването на национален модел на данните с минимален задължителен профил, утвърдени формати за обмен и публикуване (напр. GeoPackage за вектори; WMS/WFS за услуги; GeoTIFF за растери), както и публичен валидатор за геометрия, топология и атрибути. Едва тогава автоматизираните проверки (съответствие с ОУП, КККР, сервитути, параметри на застрояване) могат да бъдат надеждни и повторяеми.

Друго предизвикателство е стратегическите решения за архитектурата на системата или системите и съхранението на данните. Българският контекст предполага децентрализирано изработване и приемане на планове, но това не изключва централен портал с минимален задължителен пакет за публикуване (метаданни, версия, статут, пространствени слоеве и актове). Поставят се въпроси за дългосрочното съхранение (формати с гарантирана четимост от използвани софтуери в практиката; миграция на версии), информационна сигурност (контрол на достъпа, архив), както и за избягване на технологична зависимост от един доставчик (отворени стандарти, преносимост на данните, ясни API).

Не по-малко важни са правата върху данните. Плановете съдържат обществена информация с висок обществен интерес, но включват и авторски елементи и чувствителни

детайли, като защитени обекти. Необходимо е ясно разграничение между авторско право и лицензи върху изходните материали и правото на достъп и повторна употреба на официални планове. Липсата на единна политика може да възпрепятства публикуването на отворени формати и да свие потенциала за иновации.

Сложен и мащабен е процесът на обработка на наследените данни. Качеството и пълнотата на вече приети планове варира значително: има хартиени екземпляри със стареещи носители (пожълтяла хартия, деформации), многократно съгвани или съхранявани върху метални плочи, както и сканирани, но негеореферирани материали. За да се премине към функционална цифрова среда, е нужен систематичен процес на оцифряване и геореферирание с дефинирани допуски, контролни точки, процедури за векторизация и топологичен контрол, и ясно маркиране на точност в метаданните. Без тези параметри автоматизацията ще наследи и умножи грешки.

Една от водещите темпото на дигитализацията структури ще е капацитета на администрациите. Необходима е целенасочена програма за обучение, ръководства за добри практики и подкрепа за малките общини – чрез споделени услуги, регионални екипи и командировки с цел обучение и взаимна подкрепа.

В заключение, предизвикателствата са преодолими, но взаимно обвързани: нормативна яснота за цифровия оригинал, единни стандарти и валидатор, устойчива архитектура и права върху данните, оцифряване на наследените планове, капацитет и финансиране и други. Дигитализацията на устройствените планове и процесите свързани с тях, биха били правилна стъпка в развитието на електронното обслужване, както и стремеж да сме на едно ниво и дори по-добре от други страни.

3.3. Процес по оцифряване на приети устройствени планове

Процесът по дигитализиране на приети ПУП трябва да бъде организиран като последователна верига от дейности с ясно дефинирани правила, проверки на качеството и проследимост. Добрата практика е всяка стъпка да завършва с протокол за контрол и метаданни (кой, кога, с какъв метод/инструмент и при какви допуски е работил), за да може цифровият резултат да има доказуема стойност и да бъде интегриран в една система.

3.3.1. Сканиране на приети планове

Целта е създаване на архивен растер с максимална близост до оригинала. За планове в мащаб 1:500–1:2000 препоръчителната разделителна способност е 400–600 dpi (мин. 300 dpi), пълноцветно сканиране и формат TIFF. Файловете се именуваат по установена схема (идентификатор на плана/квартала, година, мащаб, версия или друг метод). При деформирани, многократно съгвани планове се прави предварително изправяне, за да се минимизира геометричното изкривяване при сканиране. Резултатът от стъпката е „архивен растер“ и метаданни (скенер, оптика, dpi, оператор, дата и др.).

3.3.2. Геореферирание на сканираните планове

Геореферирането свързва сканирания образ с официалната координатна система (напр. BGS2005/ETRS89 съгласно действащата наредба). Контролните точки се избират по стабилни, непротиворечиви обекти (улични оси, ъгли на квартали, трайни точки, съвпадащи с кадастралната карта), като се предпочитат точки по периферията и вътрешността за равномерност. Допустимите грешки се задават спрямо мащаба и предназначението. При надхвърляне на допуските се прилага локално подобрене със запис в метаданните. Изходът е геореферирани файл – GeoTIFF, отчет за точността на геореферирание, използвания трансформационен модел и контролни точки.

3.3.3. Оцифряване на графичните данни (Векторизиране)

Векторизацията превръща плановата **графика** в структурирани геоданни. Работи се в работно копие на пространствена база данни/GeoPackage/Shapefile или др., в приетата координатна система и с активирани топологични правила: без пресичания на вътрешно регулационни линии, без празнини или припокривания между полигони на зони и коректни

геометрии (валидни полигони). Слоевете се разделят по семантика: улично-регулационни линии, граници на УПИ, осови точки, линии на застрояване, специални режими и др. В края на стъпката се изпълнява автоматичен топологичен валидатор за проверка.

3.3.4. Попълване на атрибутни данни

Атрибутните данни се подчиняват на предварително проектирана и приета схема. Задължителните полета обикновено включват: вид обект (зона/УПИ/ линия/сервитут); правен статус (проект/влязъл в сила/частично отменен); връзка към идентификаторите в КККР; параметри (плътност, кинт, максимална височина, изисквания за озеленяване); референции към правни актове (№/дата на заповед/решение, публикация); версия/дата на влизане в сила; източник и точност. За свободни текстове (условия/ограничения) се използват контролирани полета, както и отделен документ с пълния текст, като в геоданните се пази кратко стандартизирано резюме.

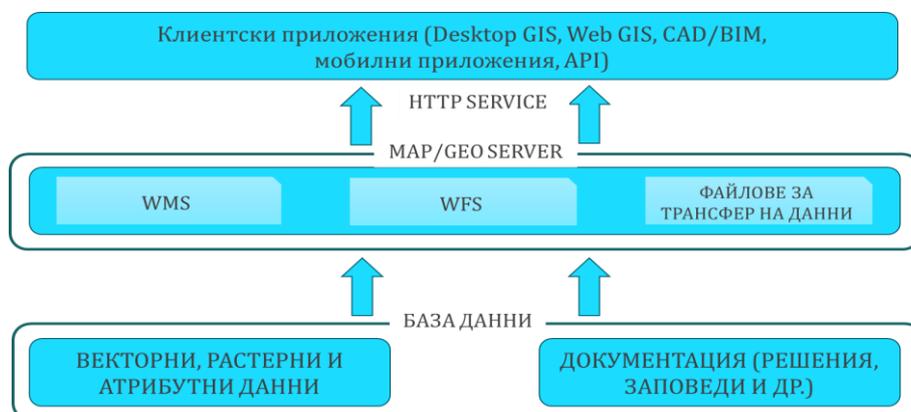
В обобщение, процесът по оцифряване на приети ПУП следва предвидима последователност – сканиране → геореферирание → векторизиране → попълване на атрибутна данни. Така полученият цифров запис е едновременно архивно устойчив (растер/GeoTIFF), оперативно съвместим (вектор/ GeoPackage) и правно проследим (идентификатори, версии, препратки към актове). Стандартизираните норми за точност, топологичните правила и атрибутни данни правят възможни автоматизирани проверки и интеграция с кадастрални данни и общинските ГИС, което пряко съкращава административния цикъл и повишава прозрачността за гражданите и професионалната общност.

4. ОБМЕН НА ЦИФРОВИ ДАННИ ОТ ПОДРОБНИ УСТРОЙСТВЕНИ ПЛАНОВЕ

Обменът на цифрови данни от ПУП следва архитектура представена на фиг.1. В основата стои единен източник – оперативна пространствена база данни (напр. PostGIS), в която се съхраняват векторни, растерни и атрибутни данни, свързани с правните актове (решения, заповеди и др.). Данните се поддържат в избрана координатна система и са снабдени с метаданни за произход, точност, версия, фаза и др. От тази база се изгражда пакет от „публични и служебни“ услуги и файлове за трансфер.

За файлов обмен може да се използва файловият формат GeoPackage (GPKG) като носител на данни. Като отворен стандарт на OGC и SQLite-базиран контейнер, GPKG позволява в рамките на един файл да се предоставят векторни класове, растери, атрибутни данни, стилизация (за оформяне на данните) и пространствени индекси. Предимство е, че вътрешната му схема може да отразява 1:1 модела на данните, а чрез ограничители и тригери да се прилага валидация (непразни задължителни полета, уникалност, валидна геометрия). По този начин същият файл, който проектантът генерира, коригира/допълва и предава, администрацията приема без повторно ръчно „пречертване“, а регистърът архивира като цифров оригинал.

За онлайн достъп и интеграция се публикуват услуги по OGC. WMS осигурява преглед, WFS за достъп до векторните обекти и атрибутни данни във вид, използван от различни ГИС и CAD софтуери.



Фиг. 1 Схема на обмен на данни

Достъпът до данните се организира на нива: публични услуги за преглед, служебен достъп с автентикация за редакции и вътрешни справки и изтегляне на пакет от данни (GPKG и PDF за актовете) за процедурни нужди.

Тази конфигурация – единна база, GeoPackage за трансфер и WMS/WFS услуги – уеднаквява качеството между общините и позволява едновременно прозрачност за гражданите и достъп до цифрови данни и ускорени процеси за проектантите. В резултат обменът става предвидим, валидиран и правно устойчив, а данните – лесни за повторна употреба от различни настолни, уеб и мобилни ГИС и CAD приложения.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статията предлага цялостна рамка за преминаване от „хартиен“ към напълно дигитален жизнен цикъл на подробните устройствени планове. На база сравнителен анализ и детайлен процесен модел (оцифряване, геореферирание, векторизация, попълване на атрибутни данни) се формулират конкретни технологични и организационни решения: централен подход с единна оперативна база данни (напр. PostGIS), файлов обмен чрез GeoPackage и публикуване на OGC услуги (WMS/WFS). В този контекст географските информационни системи се утвърждават като особено ефективен инструмент, тъй като „помагат за по-лесното възприемане на информацията, тъй като предоставят пространствено визуализиране на обектите“ и дават възможност за „съхранение на голям обем информация в различни слоеве“[4]. Ясно са идентифицирани ключовите предпоставки за успех — нормативно признаване на „цифров оригинал“, национален модел на данните и публичен валидатор — както и очакваните ползи: прозрачност, ускорение, по-ниска административна тежест и по-високо качество на данните. Предложеният целеви архитектурен модел е реалистичен за внедряване поетапно и съвместим с текущите практики в общините.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова, П. Съвременни геодезически методи и инструменти в процеса на строителство и експлоатация на високи сгради и съоръжения. Годишник на Университета по архитектура, строителство и геодезия, том 56, бр. 2, 2023, стр. 813–824
2. Закон за устройство на територията (ЗУТ). Държавен вестник, бр. 1/2001
3. Любенова, Ст., 2023. Географски информационни системи в подводната археология. Годишник на Университет по архитектура, строителство и геодезия. София, том 56, бр. 2, стр. 853-860.
4. Наредба № 7 от 22.12.2003 г. за правила и нормативи за устройство на отделните видове територии и устройствени зони (към ЗУТ). Държавен вестник, бр. 3/2004
5. Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de *Ordenación de la Edificación (LOE)*. BOE, núm. 266, 06.11.1999
6. Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği (MPYY) – Наредба за изработване на пространствени планове. Resmî Gazete: 14.06.2014, № 29030
7. Νόμος 4759/2020 – Εκσυγχρονισμός χωροταξικής και πολεοδομικής νομοθεσίας (Закон 4759/2020 за модернизация на пространственото и устройственото планиране). ФЕΚ Α' 245/09.12.2020
8. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği (PÂİY) – Наредба за планирани територии. Resmî Gazete: 03.07.2017, № 30113
9. Pravilnici i tehnički propisi към Закона за планиране и изграждане – за съдържание на плановете, електронен обмен на документи и срокове. *Službeni glasnik RS*, различни броеве (последни изм. съгласно актуализациите след 2020
10. Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el *Texto Refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana (TRLSRU)*. Boletín Oficial del Estado (BOE), núm. 261, 31.10.2015
11. Stefanova, A. GEODESY 4.0: Geodesy Transformation via New Technologies. Proceedings of International Scientific Conference on Architecture and Civil Engineering ArCivE 2025, Varna, Vol. 5 - 2025, pp. 311-317, ISSN 2535-0781
12. Türkiye Cumhuriyeti. İmar Kanunu (Закон №3194 за устройството). Resmî Gazete: 09.05.1985, № 18749

13. Zakon o planiranju i izgradnji (Закон за планиране и изграждане). *Službeni glasnik RS*, бр. 72/2009 и посл. изм.
14. Zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon (Строителен закон на ЧР), в сила от 01.07.2024. Sbíрка zákonů České republiky.

АДРЕС НА АВТОРА

1. Ас. д-р инж. Мариян Генчев
Университет по архитектура строителство и геодезия
Бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1164, България
Тел: +359 899056619
mgenchev_fgs@uacg.bg

21. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

НОВОСТИ В ГЕОДЕЗИЧЕСКИТЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТ ИНТЕРГЕО 2025 Г.

Инж. Младен Ценов

5. СЕСИЯ ФОТОГРАМЕТРИЯ, ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ, КАРТОГРАФИЯ И ГИС (III) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

22. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ПОДОБРЯВАНЕ НА 3D ДОКУМЕНТАЦИЯТА НА КУЛТУРНОТО НАСЛЕДСТВО ЧРЕЗ ИНОВАТИВНО РАЗРАБОТВАНЕ НА МАРКЕРИ ВЪВ ФОТОГРАМЕТРИЯТА И ЛАЗЕРНОТО СКАНИРАНЕ

Иван Лирков, Миглена Райковска, Николай Петков, ИИКТ – БАН,
Любка Пашова, НИГГГ-БАН,
Павел Георгиев, Христина Кабаджова, Георги Василев, Георги Евтимов,
Станислав Харизанов, ИИКТ – БАН,
Милен Борисов, ИМИ – БАН

РЕЗЮМЕ

Опазването и документирането на обекти на световното културно наследство, особено на археологическите и архитектурните паметници, бяха значително подобрени чрез приемането на цифрови технологии. Сред тях фотограметричното и лазерното сканиране се очертаха като ключови инструменти за генериране на 3D модели с висока резолюция, които подкрепят както усилията за опазване, така и обществената достъпност. Въпреки значителния напредък, точността и надеждността на 3D реконструкциите зависят от качеството на събиране на данни, методологиите за обработка и софтуерните възможности. Критична празнина продължава да се изразява в липсата на стандартизирани критерии за оценка на реконструкции, базирани на облаци от точки.

В отговор на това предизвикателство, проектът „Интегриран подход при създаването на цифрови близнаци на археологически недвижими паметници с помощта на иновативни технологии“, финансиран от Националния фонд за научни изследвания през 2024 г., предлага разработването на универсални кодирани маркери, предназначени да функционират като наземни контролни точки (GCP). Тези маркери целят да подобрят точността на геореферирание на 3D модели – особено за обекти с хомогенни повърхности, лишени от отличителни характеристики. Изследването изследва съвместимостта на маркерите както с търговски, така и с отворен код фотограметричен и лазерен сканиращ софтуер, понастоящем ограничен от фиксирано алгоритмично разпознаване на геометрията на маркерите.

Експерименталните валидации се провеждат при различни условия на околната среда, включително наземни, въздушни и подводни контексти, свързани с българските археологически обекти на наследството. Съчетавайки лабораторни и полеви методи, проектът се стреми да оптимизира производителността на маркерите за широка приложимост. В съответствие с националните и европейските научни приоритети, инициативата набляга на изграждането на капацитет, международното сътрудничество и участието на изследователи в началото на кариерата си. Очакваните резултати включват повишена ефективност при документирането на дигиталното наследство, рамка за стандартизирани работни процеси за фотограметрично и

лазерно сканиране и отворено разпространение на резултатите чрез научни публикации и достъпни дигитални платформи. В крайна сметка, този проект има за цел да допринесе съществено за глобалния напредък в дигитализацията на културното наследство.

Ключови думи: културно наследство, фотограмметрия, 3D сканиране, универсални маркери

ENHANCING 3D CULTURAL HERITAGE DOCUMENTATION THROUGH INNOVATIVE MARKER DEVELOPMENT IN PHOTOGRAMMETRY AND LASER SCANNING

**Ivan Lirkov, Miglena Raykovska, Nikolay Petkov, IICT – BAS,
Lyubka Pashova, NIGGG – BAS,
Pavel Georgiev, Hristina Kabadzhova, Georgi Vasilev, Georgi Evtimov, Stanislav
Harizanov, IICT – BAS,
Milen Borisov, IMI– BAS**

SUMMARY

The preservation and documentation of worldwide cultural heritage sites, particularly archaeological and architectural monuments, have been markedly enhanced through the adoption of digital technologies. Among these, photogrammetric and laser scanning have emerged as pivotal tools for generating high-resolution 3D models that support both conservation efforts and public accessibility. Despite significant advancements, the accuracy and reliability of 3D reconstructions depend on the quality of data acquisition, processing methodologies, and software capabilities. A critical gap persists in the absence of standardized evaluation criteria for point cloud-based reconstructions.

Addressing this challenge, the "An integral approach in creating digital twins of archeological immovable monuments using innovative technologies" project, funded by the Bulgarian National Science Fund in 2024, proposes the development of universal coded markers designed to function as Ground Control Points (GCPs). These markers aim to improve the georeferencing accuracy of 3D models—particularly for objects with homogeneous surfaces lacking distinct features. The research investigates the compatibility of the markers with both commercial and open-source photogrammetric and laser scanning software, currently constrained by fixed algorithmic recognition of marker geometries.

Experimental validations are conducted under diverse environmental conditions, including terrestrial, aerial, and underwater contexts relevant to Bulgarian archaeological heritage sites. Combining laboratory and field methods, the project seeks to optimize marker performance for broad applicability. In alignment with national and European scientific priorities, the initiative emphasizes capacity building, international collaboration, and the involvement of early-career researchers. Expected outcomes include enhanced efficiency in digital heritage documentation, a framework for standardized photogrammetric and laser scanning workflows, and open dissemination of results through scholarly publications and accessible digital platforms. Ultimately, this project aims to contribute substantively to the global advancement of cultural heritage digitization.

Key words: cultural heritage, photogrammetry, 3D scanning, universal markers

Email: (lpashova.niggg@gmail.com)

ПОСТРАНСТВЕНИ ПОДХОДИ КЪМ ЗДРАВЕОПАЗВАНЕТО: ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГЕОИНФОРМАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ (ГИС) В ЗДРАВЕОПАЗВАНЕТО

Ас. инж. Ирина Нейкова, МГУ

РЕЗЮМЕ

Географските информационни системи (ГИС) позволяват събиране, анализ и визуализация на пространствени данни, като ги свързват с конкретни места и позволяват по-добра преценка и управление на ресурсите. В тази статия се разглежда някои приложения на ГИС в здравеопазването, където те се използват за проследяване на разпространението на болести, оценка на достъпа до здравни услуги, влияние на околната среда върху здравето, управление на ресурси и социално-здравен анализ. Използването на спътникови данни, GNSS, облачни платформи и алгоритми за машинно обучение позволяват динамичното проследяването и прогнозирането на здравни тенденции.

Основните направления, които биха могли да бъдат оптимизирани с помощта на ГИС включват следните основни направления: епидемиологичен надзор (визуализация на заразни болести и подпомагане на мерки за контрол), достъп до здравни услуги (идентифициране на райони с ограничен достъп), влияние на околната среда (анализ на замърсяване, шум, температура и връзката им със здравето), логистика и управление на ресурси (оптимизация на болнични легла, персонал и спешни маршрути), социално-здравен анализ (откриване на неравенства по доходи, образование и уязвими групи).

В ГИС се използват геостатистика, времево-пространствени модели и интеграция с машинно обучение. Етичните и правни аспекти изискват защита на лични данни (GDPR) чрез анонимизация и ограничен достъп.

Ключови думи: геоинформационни системи, локализация, медицина, здравеопазване, превенция.

TRANSPARENT APPROACHES TO HEALTHCARE: APPLICATION OF GEOINFORMATION SYSTEMS (GIS) IN HEALTHCARE

Assist. Prof. Irina Neikova, UMG

SUMMARY

Geographic Information Systems (GIS) enable the collection, analysis, and visualization of spatial data, linking them to specific locations and enabling better resource assessment/management. In medicine, they are used to track disease outbreaks, assess access to health services, environmental impacts on health, resource management, and social-health analysis. The use of satellite data, GPS, cloud platforms, and machine learning algorithms to dynamically track and predict health trends. The main areas that could be optimized with the help of GIS include the following main areas: epidemiological surveillance (visualization of infectious diseases and support of control measures), access to health services (identification of areas with limited access), environmental impact (analysis of pollution, noise,

temperature and their relationship with health), logistics and resource management (optimization of hospital beds, staff and emergency routes), social and health analysis (detection of inequalities in income, education and vulnerable groups). GIS uses geostatistics, spatiotemporal models and integration with machine learning. Ethical and legal aspects require protection of personal data (GDPR) through anonymization and limited access.

Keywords: geographic information systems (GIS), localization, medicine, healthcare, prevention, big data

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Темата за прилагането на географските информационни системи (ГИС) в медицината се намира на пресечната точка между географската наука, информационните технологии и здравеопазването. Тя демонстрира как пространственото мислене — разбирането на това как събития, явления и ресурси са разпределени в пространството — може да се превърне в мощен инструмент за подобряване на различни аспекти от човешкия живот и в частност оптимизация на общественото здраве.

1.1. Математика и география при обработката на трансдисциплинарни пространствени модели. Планиране и превенция

Предложенията за сливане на математика и география при обработката на трансдисциплинарни пространствени модели, използващи математическо моделиране, дава възможност за пространствен анализ и визуализация чрез ГИС - Географски информационни системи. Това е подход към географията с нови технологии, интегриращи я със статистиката и компютърните науки. По този начин става възможно решението на географски проблеми с помощта на математически модели [4].

ГИС предоставя възможност за събиране, интегриране и анализ на огромни обеми пространствени и времеви данни, което позволява на специалистите да идентифицират модели, тенденции и зависимости, които не биха били видими при традиционен подход. Например, чрез картографиране на разпространението на инфекциозни заболявания, здравните власти могат да определят огнища, да проследяват тяхното разпространение във времето и пространството и да предприемат своевременни мерки за превенция.

Освен това, ГИС играе ключова роля в планирането на здравните услуги и ресурси, като позволява оценка на достъпа до болници, аптеки и спешни центрове. Чрез пространствен анализ се откриват райони с недостиг на здравни услуги, което подпомага по-ефективното разпределение на медицинския персонал и оборудването, както и подобряване на логистиката при спешни случаи.

1.2. Оценка на влияние на околната среда

Геоинформационните системи улесняват изучаването на влиянието на околната среда върху здравето, като комбинира здравни данни с показатели за качество на въздуха, шум, замърсяване, температура и други фактори. Това позволява да се изследват връзките между екологичните условия и честотата на заболявания като астма, алергии или онкологични проблеми, което е изключително важно за създаването на ефективни политики за превенция, особено като се има предвид претоварената здравна система и липса на лекари и медицински персонал.

В съвременната медицина ГИС се използва и за социално-здравен анализ, т.е. за свързване на демографски и социални данни с медицинска информация. Това помага да се идентифицират уязвими групи и региони с повишени рискове за здравето, позволявайки насочена интервенция и оптимално използване на ограничените ресурси.

Технологично ГИС интегрира спътникови данни, GPS технологии, облачни платформи и алгоритми за изкуствен интелект, което позволява създаването на динамични карти и прогнозни модели. Чрез методи като геостатистика, времево-пространствен анализ и машинно обучение, специалистите могат не само да анализират минали и настоящи тенденции, но и да предвиждат бъдещи рискове и потребности на населението [3].

И накрая, приложението на ГИС в медицината подчертава важността на етичните и правни аспекти, като защита на личните данни, анонимизация и контрол на достъпа, за да се гарантира баланс между научната стойност на данните и правото на лична неприкосновеност на пациентите.

Съчетаването на пространствено мислене, технологични инструменти и здравни данни превръща ГИС в мощен инструмент за по-интелигентно управление на здравето, вземане на обосновани решения и подобряване на качеството на живот на обществото.

2. ИСТОРИЧЕСКО РАЗВИТИЕ

2.1. Идеята на Джон Сноу

Идеята за използване на пространствени данни в медицината **не е нова** и има дълбоки исторически корени. Един от първите и най-известни примери е случаят с английския лекар **Джон Сноу през 1854 г.** По време на епидемията от холера в Лондон той използва картографиране, за да отбележи всички регистрирани случаи на заболяването в града [5].

Чрез внимателен пространствен анализ на разположението на болните Сноу успява да установи, че огнището на холера е свързано с конкретен обществен водоизточник – кладенец на Бродстрийт в района Сохо. Картата е създадена от картографа и литографа Чарлз Чефинс. В него са картографирани смъртните случаи от холера и е очертана закономерност. Сноу успява да се наложи и общината прекратява достъпа до водоизточник за обществено ползване и случаите на холера рязко намаляват. По този начин, макар и да не е картограф, той остава известен като пионер в картографирането на болестите за епидемиологични изследвания.

Този метод представлява **първия систематичен опит за визуализиране на здравен проблем върху карта**, като същевременно позволява откриването на причинно-следствени връзки.



Фиг. 1. Първата карта на Джон Сноу, картографиране на огнище на холера, 1854 г.

2.2. Carte Vitale

Технологиите навлизат в управлението на здравеопазването още през 1998 г., когато във Франция е въведена първата версия на здравноосигурителната карта Carte Vitale. Това поставя началото на дигитализацията в сектора. Картата дава възможност на пациенти и медицински специалисти да попълват и изпращат електронно формулярите за лечение към здравната каса, като по този начин се улеснява и ускорява процесът на възстановяване на разходите за здравни услуги.

3. УВОД: ОТ КАРТАТА КЪМ ЗДРАВЕТО

3.1. Възможностите на ГИС в медицината

Географските информационни системи (ГИС) ни позволяват да свържем дадено явление с конкретното му местоположение, като разкриват не само къде се случва то, но и защо се проявява точно там, както и кои фактори оказват влияние върху него. Чрез ГИС можем да интегрираме различни видове данни – от демографски и социални до екологични и медицински показатели – и да ги анализираме в пространствен контекст [2].

3.2. Разработки и възможности в България

България за съжаление все още изостава в това отношение, макар че при възможностите, с които разполага, тя би могла да бъде хъб за високологични решения в тази област.

Няколко примера за реализирани проекти в България: <https://see.proxiad.com/healthcare-it-services/>

Proxiad SEE предоставят усъвършенствани решения, които подобряват грижите за пациентите, рационализират работните процеси и стимулират дигиталната трансформация. <https://www.halodx.com/>

Прецизна диагностика. HALO се фокусира върху ранното откриване на заболявания, причиняващи приблизително половината от смъртните случаи например в САЩ всяка година.

4. ОСНОВНИ НАПРАВЛЕНИЯ НА ПРИЛОЖЕНИЕ

4.1. Епидемиологичен надзор и моделиране на заболявания

ГИС се използва за проследяване и визуализация на заразни болести. По време на пандемията от COVID-19, пространствените системи бяха ключови за създаването на интерактивни карти, които показваха разпространението на вируса в реално време. Те подпомогнаха решения за локдаун мерки, ваксинационни зони и разпределение на ресурси. Подобни подходи се използват и при малария, денга, лаймска болест – навсякъде, където мястото има значение за здравния риск.

4.2. Достъп до здравни услуги

С помощта на пространствени анализи може да се изчисли времето за достигане до най-близкото лечебно заведение чрез транспортните мрежи. Така се откриват „здравни празнини“ – райони, в които населението има ограничен достъп до медицинска помощ. Тези резултати са ценни при планиране на нови болници, аптеки и спешни центрове, особено в слабо обслужени или планински райони.

4.3. Влияние на околната среда върху здравето

Географските информационни системи (ГИС) предоставят мощни инструменти за интегриране и анализ на здравни данни за населението с различни екологични показатели, като качество на въздуха, температура, влажност, шумово замърсяване, нива на радиация, концентрации на химически замърсители и други фактори на околната среда. Тази интеграция позволява да се идентифицират пространствени модели, които показват как околната среда влияе на здравословното състояние на хората.

Чрез ГИС можем да извършваме пространствени и статистически анализи, които обвързват екологични показатели с честотата и разпространението на различни заболявания. Например:

1. Анализ на концентрацията на **фини прахови частици (PM2.5, PM10)** и тяхното влияние върху респираторни заболявания като **астма, хронична обструктивна белодробна болест и бронхит**.
2. Изследване на влиянието на **близостта до индустриални зони или транспортни артерии** върху риска от онкологични заболявания и сърдечно-съдови проблеми.
3. Оценка на **шумовото замърсяване** и ефектите му върху съня, стреса, кръвното налягане и психическото здраве на населението.

Връзка между климатични фактори като високи температури, влажност и честота на определени заболявания, включително топлинни удари и сърдечни проблеми.



Фиг.2. Влияние на околната среда върху здравето

5. ЛОГИСТИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ЗДРАВНИ РЕСУРСИ

Геоинформационни системи (ГИС) се оказват изключително полезни за **планиране и управление на здравните ресурси**, като предоставят визуализация и анализ на наличните мощности и тяхното пространствено разпределение. Те позволяват на здравните институции да следят в реално време наличността на **болнични легла, медицински персонал, оборудване и медикаменти**, което е ключово за ефективното функциониране на здравната система.

С помощта на ГИС може да се извършва **оптимизация на спешните услуги**, например чрез планиране на маршрутите на линейки или транспортни средства за спешна медицинска помощ.

В кризисни условия – като **епидемии, природни бедствия, наводнения или пожари** – ГИС осигурява инструменти за **динамично планиране и разпределение на ресурси**. Например, по време на пандемия здравните власти могат да използват пространствени анализи, за да определят къде са концентрирани най-много случаи, къде има недостиг на медицински персонал или оборудване, и къде да бъдат разположени мобилни клиники и ваксинационни пунктове.

ГИС позволява също **симулиране на различни сценарии**, което подпомага вземането на решения при ограничени ресурси. Например, чрез моделиране на болничния капацитет и потока на пациенти може да се предвиди кога дадена болница ще достигне максимална натовареност и да се предприемат мерки за пренасочване на пациенти или увеличаване на ресурсите [1].

6. ПРИЛОЖЕНИЕ В БЪЛГАРИЯ

Положението в България, както и в много друго европейски страни изисква много средства и усилия от страна на държавата. Регулациите и бюрокрацията много често се посочват като пречка за навлизането на нови продукти и решения на пазара. В същото време Европейският съюз залага големи надежди на Регламента за оценка на здравните технологии (HTAR) [7] има за цел да подобри основата от доказателства за оценка на новите здравни технологии

Чрез комбиниране на медицински и екологични данни, ГИС може да открива **връзки между фактори на околната среда и заболявания**. Това може да помогне на институции като МОСВ и МЗ да разработват превантивни политики.

ГИС може да подпомага оптималното разпределение на болници, спешни центрове и аптеки, според населението и достъпа до транспорт. Анализира се дали дадени региони са “медицински пустини” – зони с ограничен достъп до здравни грижи.

Университетите и НЦОЗА (Националният център по обществено здраве и анализи) могат да използват ГИС за изследване на зависимости между географски фактори и заболявания.

Могат да се създават се интерактивни здравни карти, които помагат за обучение и повишаване на обществената информираност.

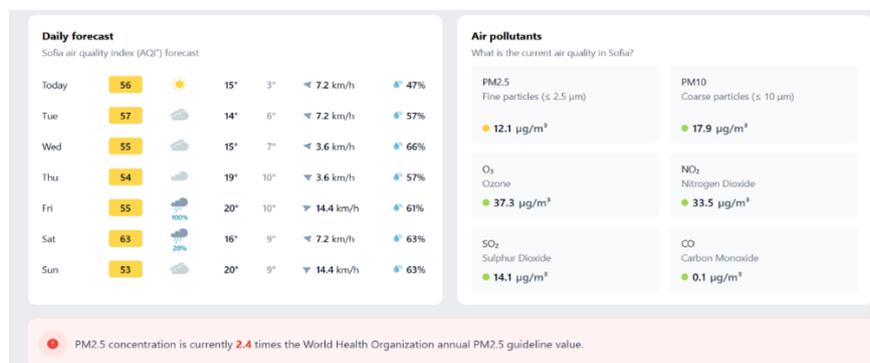
7. ПРИМЕР ЗА АНАЛИЗ НА ПРОСТРАНСТВЕНА КОРЕЛАЦИЯ В БЪЛГАРИЯ МЕЖДУ ВИСОКО ЗАМЪРСЯВАНЕ И ПО-ВИСОКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТ /ХОСПИТАЛИЗАЦИИ ОТ АСТМА

Изходни данни и корелация между тях:

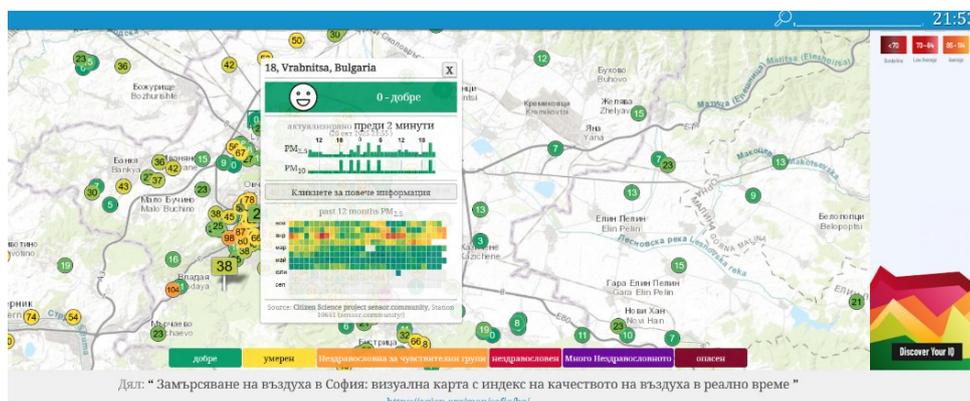
Годишни концентрации PM2.5 (станции / агрегирани по държава/град) — пан-Европейски набори и карти; ЕЕА (European Environment Agency) публикува годишни стойности и разпределение по станции (2023/2024/2025 отчетни данни);

Фактически емисии и прахови частици (PM10, PM2.5) по сектори и по области — статистически данни и серии от НСИ- Национален статистически институт (емисии във въздуха, данни по области/години);

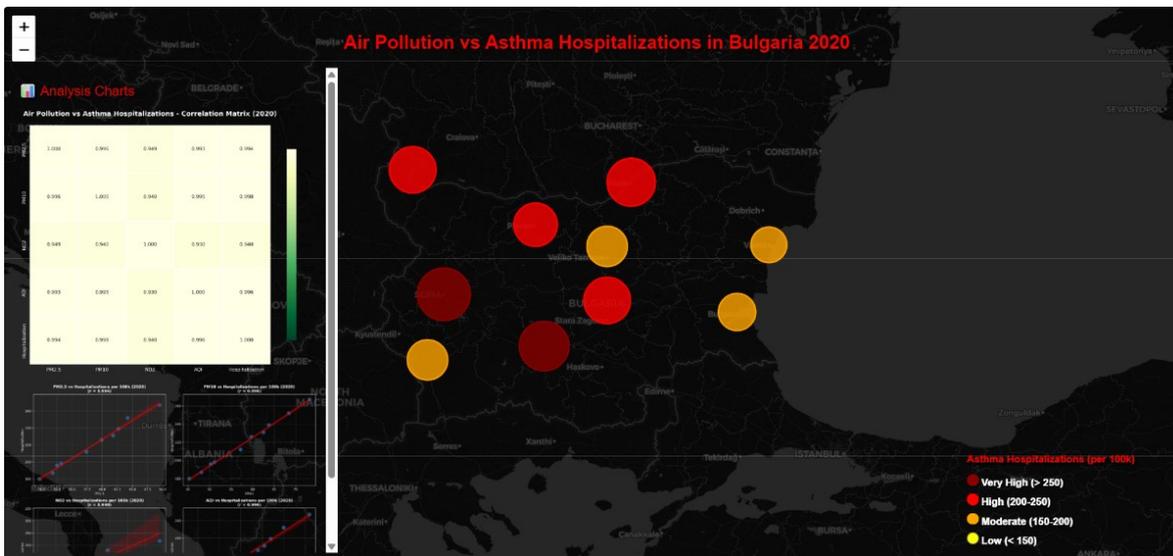
Оценки/индекси за качество на въздуха (агрегирани показатели, актуално състояние) — IQAir / AQI карти за България (полезни за визуализация на текущи/средни стойности).



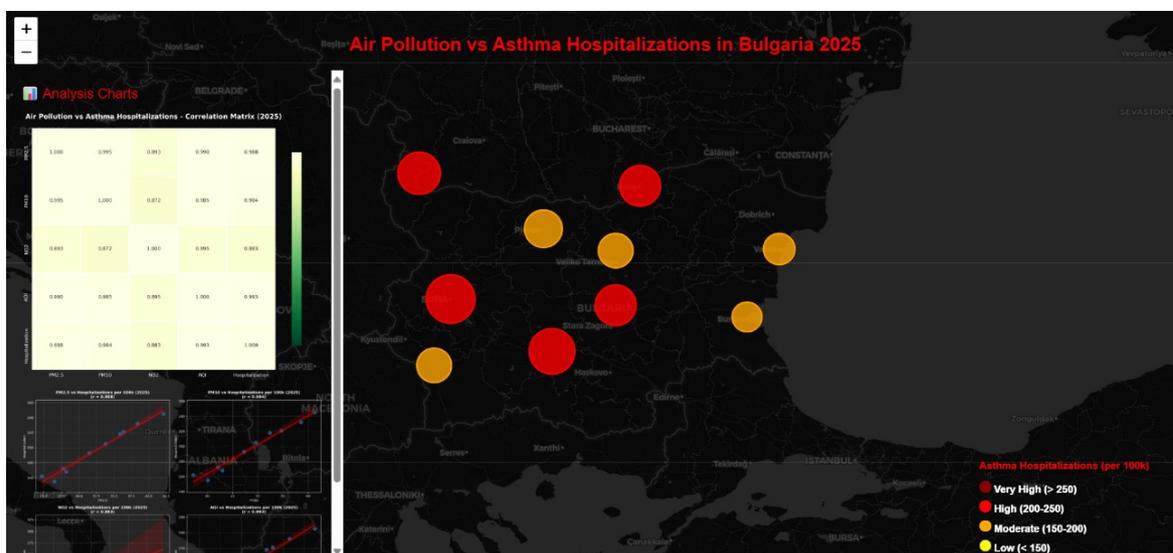
Фиг. 3. Замяряване на въздуха AirQ+



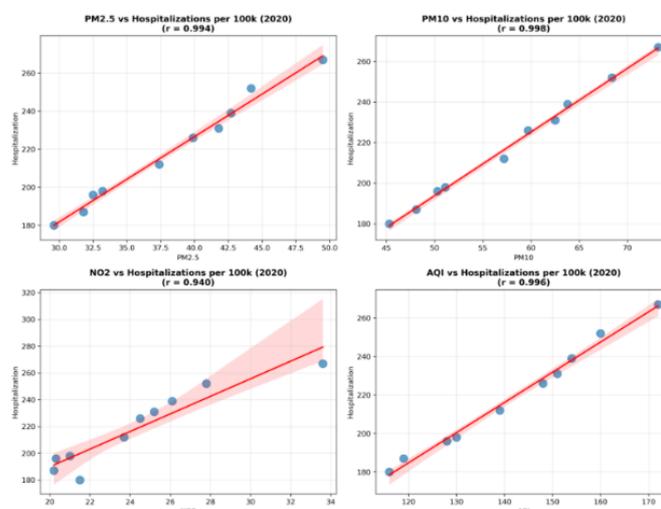
Фиг. 4. Измерване на замяряване на въздуха в реално време <https://aqicn.org/map/sofia/bg/>



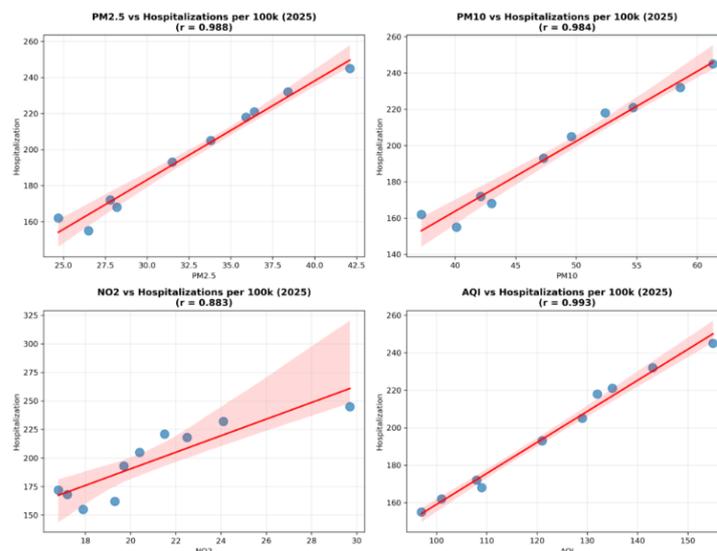
Фиг.5. Корелация замърсяване на въздуха/астма 2020 г. (Python)



Фиг. 6. Корелация замърсяване на въздуха/астма 2025 г. (Python)



Фиг.7. Корелация между различни показатели за замърсяване на въздуха/астма 2020 г. (Python)



Фиг. 8. Корелация между различни показатели за замърсяване на въздуха/астма 2025 г. (Python)

Първични източници:

- Европейска агенция за околна среда (ЕЕА) — PM2.5
- Национален статистически институт (НСИ) — емисии, смъртност, здравни анкети
- IQAir / aqicn — агрегирани/оперативни AQI стойности (за визуализации);
- НЦОЗА (Национален център по общественото здраве и анализи, МЗ) — доклади и - публикации за хронични болести и превенция;
- местни РЗИ доклади и регионални карти.

С помощта на код за ArcGIS Pro / ArcPy, който използва данни за България (общини + показатели за замърсяване + честота на заболяване) може да се изготви карта и визуализация на връзката между факторите на околната среда и различни заболявания.

Резултат за корелация между замърсяване на въздуха и заболявания от астма на територията на България:

8. МЕТОДОЛОГИЧНИ И ТЕХНОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ

Най-често използваните софтуери са ArcGIS, QGIS, GRASS GIS и облачни платформи като Google Earth Engine.

Ключови методи включват:

- геостатистика – например **Kriging** и **Kernel Density Estimation** за анализ на концентрации;
- времево-пространствени модели за динамично проследяване на болести;
- интеграция с машинно обучение за прогнозиране на бъдещи тенденции.

9. ЕТИЧНИ И ПРАВНИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА

Съществен аспект е етичната отговорност при работа с чувствителни данни. Здравната информация често е персонална и изисква строга защита съгласно Регламента за защита на личните данни (GDPR).

Необходимо е да се прилагат подходи за анонимизация, пространствено обобщаване и ограничен достъп до данни, за да се балансира между научната полезност и правото на лична неприкосновеност.

10. ПЕРСПЕКТИВИ И БЪДЕЩИ ТЕНДЕНЦИИ

Обединени в ГИС среда, данни от мобилните телефони и смарт часовниците могат да позволят индивидуализирани здравни анализи и персонализирана превенция. В по-широк контекст, това ще подпомогне развитието на умни градове (smart cities), където здравната инфраструктура е свързана в реално време с пространствени системи за мониторинг на околната среда.

Също така геоинформационните системи могат да бъдат използвани за превенция и реакция по време на епидемия/пандемия [6].

11. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приложението на географските информационни системи (ГИС) в медицината демонстрира как пространственото мислене и технологиите могат да трансформират здравеопазването.

ГИС предоставя инструментариум за планиране на здравните услуги, ефективно разпределение на ресурси, управление на кризи и прилагане на превантивни политики. В съчетание с телемедицина, носими устройства и умни градове, пространствените анализи позволяват персонализирана превенция и по-интелигентно управление на здравето на населението в реално време.

Тази статия показва накратко, че геоинформационните системи не са просто технологичен инструмент – те представляват нов начин на мислене за здравето, който обединява данни, място, технологии и човешкия фактор, като дава възможност за по-ефективни решения, по-добро планиране и подобряване на качеството на живот на обществото.

12. ЛИТЕРАТУРА

1. Cromley, E.K. (2003). Using GIS to Identify High-Risk Populations. *Preventive Medicine*, 37(3), 233–241
2. Cromley, E.K., McLafferty, S.L. (2011). *GIS and Public Health*. 2nd Edition. Guilford Press.
3. De Smith, M., Goodchild, M., Longley, P. (2018). *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide*. 6th Edition
4. Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (2015). *Geographic Information Systems and Science*. 4th Edition. Wiley
5. Snow, J. (1855). On the Mode of Communication of Cholera
6. Tatem, A.J., Gething, P.W., Smith, D.L., Hay, S.I. (2013). Innovative Applications of GIS in Epidemiology and Public Health. *Advances in Parasitology*, 82, 105–148
7. https://health.ec.europa.eu/health-technology-assessment/implementation-regulation-health-technology-assessment_bg

АДРЕС НА АВТОРА

1. Ас. инж. Ирина Нейкова,
Катедра: Маркшайдерство и геодезия“, Минно геоложки университет „Св. Иван Рилски“,
i.neykova@mgu.bg

ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ИЗМЕРВАНЕ НА ГЕОПРОСТРАНСТВЕНИ ПАРАМЕТРИ НА ВОДОПАДИ

**Доц. д-р инж. Борислав Александров, УАСГ, Доц. д-р Ахинора Балтакова, СУ,
Момчил Цветанов**

РЕЗЮМЕ

В България засега не съществува систематизация или официален списък на водопадите. В голяма степен това се дължи на липсата на определение за това, какво точно представляват водопадите, както и на критерии за определяне на неговите геопропространствени параметри, височина, наклон, тип. Това от своя страна затруднява прецизното им измерване, независимо от наличната днес модерна геодезическа апаратура и поставя на преден план нуждата от мултидисциплинарен научен екип за тяхното изследване.

Досега у нас не са проучвани и прилагани методи за определяне и измерване на геопропространствени параметри на водопади. За тази цел ще бъде създадена организация за провеждане на обучение на кадри за определяне, заснемане и подаване на данни към Регистъра на водопадите в България, към ЦНИП при УАСГ.

Ключови думи: геодезия, водопади, Регистър на водопадите.

LOCATION AND MEASUREMENT OF GEOSPATIAL PARAMETERS OF WATERFALLS

**Assoc. Prof. Dr. Eng. Borislav Alexandrov, UASEG
Assoc. Prof. Dr. Ahinora Baltakova, Sofia University
Momchil Tsvetanov**

SUMMARY

There is currently no systematization or list of waterfalls in Bulgaria. This is due to the lack of a definition of what exactly waterfalls are, as well as criteria for determining their geospatial parameters, height, slope, type. This makes their precise measurement difficult, regardless of the modern geodetic equipment available today, and highlights the need for a multidisciplinary scientific team for their research.

So far, methods for determining and measuring geospatial parameters of waterfalls have not been studied and applied in our country. For this purpose, an organization will be created to conduct training of personnel for determining, recording and submitting data to the Register of Waterfalls in Bulgaria, to the UACEG.

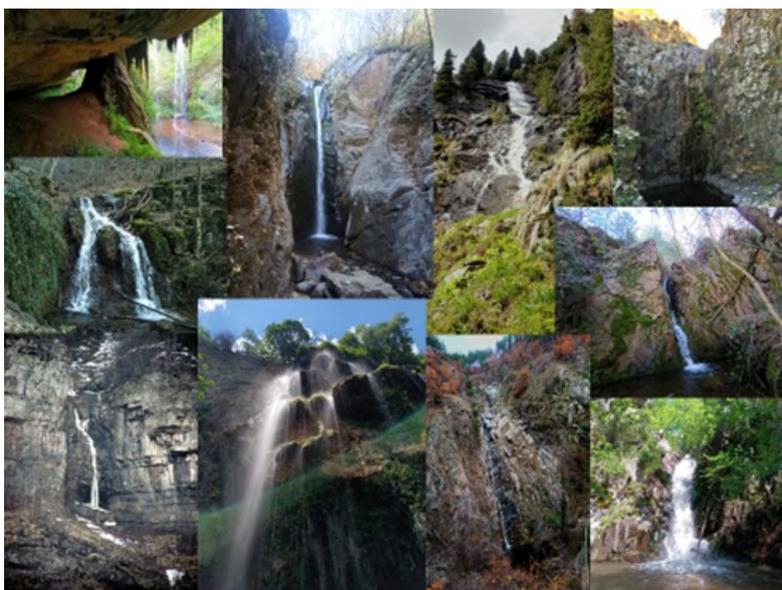
Key words: geodesy, waterfalls, Register of waterfalls

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В последните две десетилетия сме свидетели на постоянно и интензивно развитие на туризма и конкретно активностите на открито. В края на този период се наблюдава усилен интерес към по-малко популярни туристически обекти и забележителности. Този процес е от изключително значение за развитие на общините и в частност тези, в малките населени места.

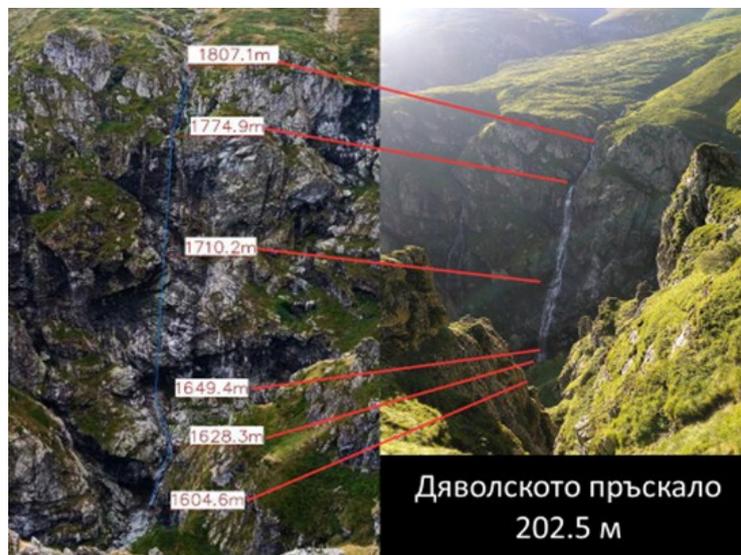
Водопадите са съществена част от този туристически потенциал на България. Точният им брой не е известен, но на база на събрани от екипа ни данни може с голяма вероятност да се предположи, че надхвърля 3 000. Голяма част от тези водопади се намират именно край малки населени места, изоставени махали и малки градчета и се отличават с висока естетическа стойност. При подходяща политика на общините тези водопади могат да се превърнат в популярни туристически обекти, което да допринесе за развитието на местния туризъм.

В България никога не е имало каквато и да е систематизация или официален списък на водопадите. В голяма степен това се дължи на липсата на определение за това, какво точно наричаме водопад, както и на критерии за определяне на неговите геопространствени параметри. Това от своя страна затруднява прецизното им измерване, независимо от наличната днес модерна геодезическа апаратура и поставя на преден план нуждата от създаването и попълването на „Регистър на водопадите в България“ (РВБ). Той ще има електронен портал, през който чрез приложение за смартфон, работещо без покритие на мобилната мрежа и интернет, да попълва „Протокол за определяне и измерване на геопространствени параметри на водопад“ (ПОИГПВ). В последствие той се подава по електронен път към РВБ.



Фиг. 1. Водопадите на България

Това изследване би било и сериозно предизвикателство за геодезическите екипи, най-вече от гледна точка на осигуряване на безопасен достъп до позиции за измерване на водопадите, както и подбор на подходящи технически средства за осъществяване на измерванията.



Фиг. 2. Водопад Дяволското пръскало – първенецът

Не на последно място, водопадите са показател за екологичното състояние на района. Осигуряването на актуална и точна информация за достъп и геопропространствени параметри би ги превърнало в подходящи позиции за мониторинг на екологичните параметри. Въздействието на водопадите върху релефа, създаването на отрицателна йонизация, индикацията за минали геоложки и климатични събития само допълват нуждата от геоинформационна база данни и тяхното наблюдение и изучаване,

2. УЧЕБНА ПРОГРАМА ЗА УСКОРЕН КУРС ЗА ОБУЧЕНИЕ

За успешното набиране на посочената база данни бе приета учебна програма за ускорен курс за обучение на всички желаещи да попълват базата данни. Курсът е „**Локализация и измерване на геопропространствени параметри на водопади**“. Учебна програма е за неспециалисти, които след завършване на обучението и полагане на изпит, ще могат да подават данни към Регистъра на водопадите в България. В хода на обучението, обучаемите ще бъдат запознати с аспекти на геодезията, геоморфологията и безопасността при определяне и измерване на геопропространствените параметри на водопади и свързаните с тях релефни форми.

СЪДЪРЖАНИЕ НА УЧЕБНАТА ПРОГРАМА

I. ЛЕКЦИИ

	Тема	Продължителност
1.	Геоморфоложки понятия свързани с водопадите	1 час
2.	Образуване и морфология на водопадите	1 час
3.	Определяне на геопропространствените параметри на водопад	1 час
4.	Локализация, достъп и безопасност при работа на терен	1 час
5.	Геодезически дейности при измерване на водопади	1 час
6.	Устройство и работа с лазерен далекомер и геодезически инструменти	1 час
Общо		Общо: 6 часа

II. УПРАЖНЕНИЯ

	Тема	Към тема №	Продължителност
1.	Форми на релефа - практика	1.	1 час
2.	Форми на релефа - практика	2.	1 час
3.	Навигация и достъп до водопади	3.	1 час
4.	Навигация и достъп до водопади	4.	1 час
5.	Практическа работа с лазерен далекомер	5.	1 час
6.	Практическа работа с лазерен далекомер	6.	1 час
Общо			6 часа

Курсът завършва с полагане на тест по предварително обявен конспект

КОНСПЕКТ (ТЕСТ, ЗАДАНИЕ)

(във връзка с оценяване нивото на курсистите в края на проведения курс)

1. География на планините в България.
2. Основни релефни форми в планините и техните елементи.
3. Структура на долините и образуване на водопади.
4. Определение за водопад и неговите елементи.
5. Видове водопади.
6. Навигация и безопасен подход до райони за проучване и измерване.
7. Геодезически аспекти на снемането на геопространствени данни.
8. Локализация на обекти в природна среда.
9. Устройство и работа с лазерен далекомер.

3. ПРЕПОДАВАТЕЛИТЕ В КУРСА

Курсът „Локализация и измерване на геопространствени параметри на водопади“ се организира от Център за кариерно развитие и следдипломна квалификация – Направление „Следдипломна квалификация“ при УАСГ. Преподаватели са следните участници в проекта за създаване на Регистър на водопадите в България:

а/ доц. д-р инж Борислав Александров – геодезист, ръководител на проекта, дългогодишен преподавател в Геодезическия факултет на УАСГ, понастоящем ръководител на катедра „Геодезия и геоинформатика“, участник в българските антарктически експедиции;

б/ доц. д-р Ахинора Балтакова – геоморфолог, участник в проекта, дългогодишен преподавател в Геолого-географския факултет на СУ, участник в българските антарктически експедиции;

в/ Момчил Цветанов – участник в проекта, професионален планински водач, Член на международната асоциация "Wilderness Guides Association", автор на книгата „Българските планини“.



доц. д-р Ахинора Балтакова

Научно-изследователско направление
геоморфология – Софийски университет
Участник в антарктическите експедиции

ПРЕПОДАВАТЕЛИТЕ

доц. д-р инж. Борислав Александров
преподавател в УАСГ
Ръководител катедра „Геодезия и геоинформатика“
Участник в антарктическите експедиции



Момчил Цветанов

Професионален планински водач.
Член на международната асоциация
"Wilderness Guides Association".
Автор на книгата „Българските планини“.



Фиг. 3 Преподавателите в курса

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процеса на изпълнение на дейностите по попълване и поддържане на Регистъра на водопадите в България се предполагат следните полезни резултати от национално и регионално ниво:

1/ Устойчиво развитие на регионите и селищата, управление на ресурсите.

Дейностите дават ценна информация за популяризирането на водопадите като туристически забележителности и изграждането на местна туристическа инфраструктура на общинско и държавно ниво.

2/ Решаване на екологични проблеми, свързани с водите и почвите.

Утвърждаване на водопадите като точки за мониторинг на екологичното състояние на районите. Въздействие на водите върху преноса на вещества и замърсявания към почвите. Използване на данните от морфологията на водопадите за информация относно климатичните промени в по-дълъг времеви период в миналото. Въздействие на водопадите върху отрицателната йонизация в района на водния пад и аерирането на водните артерии, което от своя страна оказва влияние върху флората и фауната в тях.

3/ Развитие и приложение на съвременни методи в геодезията, картографията и дистанционните изследвания.

Анализ на подаваните към регистъра данни. Съпоставяне и изводи между различните методи на снемане на данни (дрон с 3D сканиране, LIDAR, лазерни далекомири, геоложки карти и др.). Работа в координация с различни институции и администрации в областта, защитени територии, общински служби и др., разполагащи с направени по различни технологии и методи измервания. Създаване на методика и провеждане на обучение на кадри за определяне, заснемане и подаване на данни към Регистъра на водопадите в България. Създаване на визуална идентичност на РВБ.

АДРЕСИ НА АВТОРИТЕ

1. Доц. д-р инж. Борислав Александров
Университет по архитектура, строителство и геодезия
Бул. „Хр. Смирненски“, 1, София
alekb_fgs@uasg.bg

2. Доц. д-р Ахинора Балтакова
Софийски университет „Св. Климент Охридски“
Геоморфология, Палеогеография, Кватернерна седиментология
Бул. „Цар Освободител“ 15, София
abaltakova@gea.uni-sofia.bg
3. Момчил Цветанов
office@planinaria.bg

СЪЗДАВАНЕ НА ВИРТУАЛЕН МАРКШАЙДЕРСКИ МУЗЕЙ ЧРЕЗ СЪВРЕМЕННИ ФОТОГРАМЕТРИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ

**Доц. д-р инж. Аспарух Камбуров, доц. д-р инж. Милена Бегновска,
доц. д-р инж. Веселина Господинова, инж. Деян Сосеров, инж.
Александър Киров, инж. Младен Ценов**

РЕЗЮМЕ

В статията е описано създаването на музейна колекция в катедра „Маркшайдерство и геодезия“ към МГУ „Св. Иван Рилски“. Музеят е създаден по проект, целящ подобряване на образователния опит и достъпността до ценни геодезически и маркшайдерски инструменти, антикварни книги, картографски материали, документи и др. елементи от историческо значение за специалността. Музеите започват да внедряват технологиите на Индустрия 4.0, концепция, често наричана „Музей 4.0“, за да създадат по-персонализирани, интерактивни и достъпни преживявания за посетителите както преди, така и след физическото им посещение. Това включва използването на технологии за създаване на 3D модели и дигитални двойници, както и на добавена и виртуална реалност (AR/VR) за завладяващо разказване на истории. Описани са всички основни стъпки, сред които създаване на физическата експозиция, избор на модел за метаданни и каталожно съдържание, прецизно фотограметрично заснемане на 360- градусови изображения с екшън камера и усъвършенствана камера с добавена лидарна технология, интегриране, обработка и визуализиране на събраните данни в онлайн среда, анализ на качеството и др. Чрез дигиталната платформа Matterport е осигурен публичен достъп до експонатите в изложбата, което позволява виртуално разглеждане на музея и иновативен начин за представяне на историята и постиженията на катедра „Маркшайдерство и геодезия“.

Ключови думи: фотограметрия, 3D Gaussian Splatting, Matterport, Insta, виртуален музей.

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL MINE SURVEYING MUSEUM THROUGH MODERN PHOTOGRAMMETRIC TECHNOLOGIES

SUMMARY

The article describes the creation of a museum collection in the Department of Mine Surveying and Geodesy at the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" - Bulgaria. The museum was created under a project aimed at improving educational experience and accessibility to valuable geodetic and mine surveying instruments, antique books, cartographic materials, documents, etc. elements of historical importance for the specialty. Museums are beginning to embrace Industry 4.0 technologies, a concept often referred to as "Museum 4.0", to create more personalized, interactive, and accessible experiences for visitors both before and after their physical visit. This includes the use of technologies to create 3D models and digital twins, as well as augmented and virtual reality (AR/VR) for immersive storytelling. All the main steps are described, including the creation of the physical exhibition, the selection of a model for metadata and catalog content, precise photogrammetric capture of 360-degree images with an action camera and an advanced camera with LiDAR technology, integration, processing

and online visualization of the collected data in an online environment, quality analysis, etc. Public access to the exhibits in the exhibition is provided through the digital platform Matterport, which allows for a virtual tour of the museum and an innovative immersive way to present the history and achievements of the Department of Mine Surveying and Geodesy.

Keywords: photogrammetry, 3D Gaussian Splatting, Matterport, Insta, VR museum.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

1.1. Концепция за виртуален музей

Виртуалният 3D музей е дигитална платформа, която предоставя триизмерно интерактивно представяне на музейни експонати и изложби в онлайн среда. Концепцията използва съвременни технологии за 3D моделиране, виртуална реалност и интерактивни елементи, за да създаде имерсивно преживяване, наподобяващо посещение на физически музей. Виртуалните 3D музеи позволяват на потребителите да разглеждат артефакти, произведения на изкуството и исторически обекти от различни ъгли, да получават подробна информация за тях и да взаимодействат с експонатите по начини, които често не са възможни в традиционните музеи. Тези дигитални пространства осигуряват глобален достъп до културното наследство, подпомагат образователните процеси и спомагат за съхранението и популяризирането на музейните колекции в ерата на информационните технологии. Музеите започват да внедряват технологиите на Индустрия 4.0, концепция, често наричана „Музей 4.0“, за да създадат по-персонализирани, интерактивни и достъпни преживявания за посетителите както преди, така и след физическото им посещение [4]. Това включва използването на технологии като Интернет на нещата (IoT) за мониторинг на околната среда, 3D модели за виртуални реплики и добавена и виртуална реалност за завладяващо разказване на истории [1], [9]. Целта е да се премине отвъд традиционните, статични експонати към динамичен модел, който разширява музейното преживяване в дигиталното пространство и отговаря на индивидуалните нужди [3].

В интернет съществуват хиляди виртуални музеи, демонстриращи много разнообразни и значими музейни ресурси, представящи различни съкровища на човечеството [6]. Историята на виртуалните музеи започва много преди да се появят в интернет, тяхната концепция е трябвало да бъде установена, за да се превърне в съществено и ефективно средство за осъществяване на нови музейни функции в дигиталната епоха. Чрез проектирането на такава концепция, създаването и развитието на информационни ресурси, уебсайтове и различни дигитални инициативи музеите се превърнаха в ключ за успеха на музеите в дигиталната среда днес. Виртуалните музеи могат да се разглеждат и като всъщност реални музеи, но създадени на дигитален носител, т.е. като ново средство за експониране на музейни обекти [2].

Някои ранни примери за виртуални музеи включват:

- [The Virtual Museum of Canada \(VMC\)](#) - стартирал през 2001 г., този проект обединява дигитални колекции от музеи в цяла Канада; преобразуван в нова концепция през 2020 г.
- Google Art Project (сега част от [Google Arts & Culture](#)) - стартирал през 2011 г., предоставя виртуални обиколки на музеи и висококачествени изображения на произведения на изкуството.
- [Smithsonian Institution's Web3D Project](#) - започнал в края на 90-те години, този проект създава
 - 3D модели на артефакти от колекциите на Smithsonian.
 - [The Louvre's Virtual Tour](#) - стартирал в началото на 2000-те години, предлага виртуални обиколки на някои от галериите на музея.
 - [The British Museum's Virtual Tour](#) - въведен през 2015 г. в партньорство с Google Cultural Institute, позволява на посетителите да разглеждат експонати онлайн.

Тези ранни примери поставят основите за по-сложните и завладяващи (immersive) виртуални 3D музеи, които се развиват с напредъка на технологиите. Напредъкът в областта на

3D визуализациите позволява създаването на по-реалистични и интерактивни виртуални музейни експозиции, чрез:

- Подобрени 3D сканиращи технологии за прецизно дигитализиране на експонати;
- Усъвършенствани софтуерни инструменти за 3D моделиране и текстуриране;
- Развитие на технологиите за фотограмметрия за създаване на 3D модели от снимки;
- По-мощни графични процесори, позволяващи рендерирани на сложни 3D сцени в реално време;
- Виртуална и добавена реалност за по-потопящо преживяване;
- Облачни технологии за съхранение и стрийминг на големи 3D модели;
- Усъвършенствани техники за осветление и сенки за по-реалистично представяне;
- Интерактивни 3D интерфейси за по-естествено взаимодействие с виртуалните експонати.

1.2. Примери за виртуални музеи в сферата на маркшайдерството и геодезията

В международен план могат да се посочат няколко виртуални или хибридни (виртуална среда плюс физическа експозиция):

- Колекция геодезически инструменти на катедра „Инженерна геодезия“ към Люблянския университет (UL FGG) - разполага с повече от 100 музейни експоната. Повечето от инструментите са експонирани, а някои от по-новите инструменти са депозирани във факултета: <https://zbirka.fgg.uni-lj.si/en>

- Виртуален музей на геодезически инструменти (Virtuelles Museum Vermessungsinstrumente) – частна колекция от геодезически технологии на производителя Carl Zeiss Jena: <https://www.bau-popp.de/>

- Маркшайдерски музей (Музей маркшейдерского дела) - музей към Съюза на маркшайдерите в Русия, изграден с цел популяризиране на историята на развитието на маркшайдерските и геодезическите инструменти: <https://mwork.su/museum/mmd>

- Музей „Геодезически и астрономически инструменти, използвани в Чехия от XVI до края на XX век“, създаден с безвъзмездната помощ на Министерството на културата на Чешката република: <https://www.surveyinginstruments.org/col/en/>

- Изложба "Фина механика. 250 години прецизна механика във Фрайберг". Тази изложба е създадена през 2021 г. от Фрайбергския музей на минното дело, в тясно сътрудничество с FPM Holding GmbH (Freiberger Präzisionsmechanik) по повод 250-годишнината от основаването на компанията. Изложени са висящи компаси, нивелири и теодолити, секстанти и др. фини механични инструменти. Сбирката е визуализирана и с виртуална 3D разходка, заснета в замъка Schloßplatz, където е нейното временно разположение към 2021 г. (датата на фотограмметрично заснемане), поради цялостно преустройство на градския музей (фиг.1).

<https://my.matterport.com/show/?m=7GuEDD9nrUB>



Фиг. 1. 3D визуализация (фрагмент) на изложбата механични инструменти в замъка Schloßplatz, Фрайберг в среда Matterport

Успешно използваната за изложбата във Фрайберг платформа за 3D визуализация – MATTERPORT, е причината за нейния избор за виртуалния музей на катедра „Маркшайдерство и геодезия“.

В България трябва да се отбележи Музея на Геодезическия факултет към Университета по архитектура, строителство и геодезия (УАСГ) - инициатива, целяща да съхрани и покаже историята и професионалната идентичност на специалността "Геодезия" чрез събиране на музейна експозиция от стари геодезически инструменти, фотограметрични апарати и картографска продукция. Създаден е 2023 г. по научен проект на тема „Дигитални геодезически двойници в УАСГ“ с ръководител проф. д-р инж. Теменужка Бандрова. Проектът има за цел да повиши мотивацията на студентите и да им помогне да се докоснат до историята на професията. Той е реализиран във фоайетата на факултета, като е достъпен и в онлайн среда: <https://geodesymuseum.uacg.bg/>

2. МУЗЕЙ КЪМ КАТЕДРА „МАРКШАЙДЕРСТВО И ГЕОДЕЗИЯ“

2.1. Създаване и значение

Музейната колекция към катедра „Маркшайдерство и геодезия“ е създадена с цел да съхрани и представи развитието на маркшайдерството и геодезията в България чрез оригинални инструменти, аксесоари, книги и документи, използвани в преподавателската и научноизследователската дейност на катедрата през годините. Тя отразява над 70-годишната история на катедрата и проследява етапите на техническата еволюция – от класическите оптични прибори до съвременните електронни и сателитни системи.

Така създаденият музей притежава не само културно-историческа, но и образователна функция, като обогатява и подпомага практическото обучение на студентите, демонстрирайки реални уреди, с които са извършвани маркшайдерски и геодезически измервания през различни периоди. Чрез представената експозиция студентите и гостите имат възможност да проследят нагледно как са се променяли методите, технологиите и материалите през годините. Проектът за създаване на музейна колекция интегрира иновативни дигитални технологии за осигуряване на широк публичен достъп до ценните експонати, като по този начин се съхранява богатото наследство на специалността.

2.2. Съдържание на експозицията

Колекцията включва разнообразни експонати от геодезическата и маркшайдерската практика, разпределени във витрини, както и в пространството около тях.

2.2.1. Инструменти

Колекцията обхваща геодезически и маркшайдерски инструменти, представящи технологичното развитие на измерванията – от класически оптични инструменти (теодолити, нивелири, тахиметри) до специализирано оборудване за маркшайдерски измервания (маркшайдерски компас, висящ полукръг, минен теодолит). Представените експонати служат като нагледно помагало при изучаване на принципите, залегнали в основата на съвременните дигитални технологии.

2.2.2. Книги

Значителна част от колекцията е посветена на антикварни и редки книги. Тук са включени автентични издания на някои учебници и специализирана литература, използвани при теоретичната и практическа подготовка на поколения маркшайдери и геодезисти. Архивният фонд съдържа и ценни графични материали, илюстриращи развитието на методите за графичното представяне на пространствените данни през годините.

2.2.3. Документи и аксесоари

Експозицията включва документи, свързани с дейността на катедрата – студентски проекти, технически паспорти на отделни уреди, отчети от изпълнени задачи и др. Колекцията включва и разнообразие от аксесоари и принадлежности като отражателни призми, визирни марки, лати, жалони и др. Представени са също и различни предмети от геодезическото и маркшайдерското ежедневие, които носят духа на миналото и допълват автентичната представа за работната среда през годините.

2.3. Описание и класификация на експонатите

За каталогизацията на експонатите в музейната колекция, всеки експонат е описан и подреден по определена система, с цел по-лесно документиране и интеграция на физическата колекция с виртуалния музей. Системата обединява всички уреди, книги и документи според техния вид, предназначение и период на създаване. Краткото описание, изготвено за всеки предмет, предоставя основни данни като наименование и вид, производител и година на производство, инвентарен номер, предназначение и начин на използване, както и допълнителна информация относно историята на инструмента или неговата употреба в катедрата.

Така музейната колекция не само съхранява историята на катедрата, но и вдъхновява студентите да ценят труда на своите предшественици и да продължат развитието на специалността.

3. СЪЗДАВАНЕ НА ВИРТУАЛНА 3D РАЗХОДКА

3.1. Обща методология

3D моделирането и сканирането са ключови технологии за създаването на виртуален музей. Те позволяват дигитализиране на физически артефакти и експонати с висока точност. С цел избор на оптимален метод в рамките на текущия проект са създадени две отделни виртуални разходки, като съотв. са използвани следните инструменти:

- Matterport Pro 3 LiDAR скенер – чрез създаване на детайлни 3D модели и облаци от точки
- Insta360 X5 360-градусова камера - чрез заснемане на панорамни изображения/видео

Двата инструмента са популярни опции в областта на 3D моделирането, но служат за различни цели и имат различни възможности.

- Matterport:

Камерите Matterport са специално проектирани за създаване на подробни 3D модели и виртуални обиколки, използвани предимно в области като недвижими имоти, индустриална археология и музеи. Системата Matterport заснема 3D данни, използвайки комбинация от камери и сензори за дълбочина, което позволява създаването на завладяващи 3D модели. Тя се отличава в среди като закрити пространства, където точните и подробни виртуални реконструкции са от съществено значение. Известна е със способността си да създава точни 3D модели бързо, тъй като средното време за работа на станция е 2–3 минути, което я прави ефективна за сканиране на големи и исторически значими обекти, като напр. мината Куинси в Мичиган [8].

- Insta360:

Камерите Insta360 са част от различен сегмент, фокусиран повече върху панорамни изображения с висока резолюция и бързи възможности за насочване и снимане, подходящи за заснемане на широкоъгълни изгледи. Устройствата Insta360 често се използват в разнообразни приложения, вариращи от ежедневна потребителска употреба до професионална видеозаснемане и дори специализирани археологически проучвания [5]. Привлекателността на камерите Insta360 често се крие в способността им лесно да заснемат панорамни 360-градусови видеоклипове и снимки, благодарение на множеството им обективи и компакния дизайн. В приложения като документиране на културното наследство, камерите Insta360 предлагат универсален инструмент за заснемане на висококачествени изображения при ограничени условия, като например тесни или предизвикателни среди [5].

Като цяло, изборът между камери Matterport и Insta360 обикновено зависи от специфичните нужди на проекта. Matterport е по-подходящ за проекти, изискващи подробна 3D документация и създаване на модели, докато Insta360 предлага гъвкавост и лекота за заснемане на панорамни изображения в по-широк диапазон от условия.

Основни общи стъпки, използвани с двата инструмента при създаването на виртуалните разходки в катедра „Маркшайдерство и геодезия“, са следните:

- 1) 3D сканиране на обектите във витрините и интериора:
 - a) Използване на лазерни или структурирани светлинни скенери
 - b) Заснемане на обекта от различни ъгли
 - c) Събиране на данни за геометрията и текстурата
- 2) Обработка на сканираните данни:
 - a) Почистване и оптимизиране на облака от точки
 - b) Създаване на полигонален 3D модел
 - c) Прилагане на текстури върху модела
- 3) 3D моделиране на средата:
 - a) Изграждане на виртуалното пространство на музея
 - b) Моделиране на интериор, витрини, осветление
- 4) Интегриране на 3D моделите:
 - a) Поставяне на дигитализираните експонати във виртуалната среда
 - b) Добавяне на интерактивност и информация към обектите
- 5) Оптимизация за онлайн достъп:
 - a) Намаляване на размера на файловете
 - b) Адаптиране за различни устройства и браузъри

3.2. Заснемане с Matterport Pro 3 LiDAR и последваща обработка на данните

Инструменти и софтуерна платформа на производителя Matterport се използват за създаване на виртуални разходки в редица области. Пример за подобен проект с използване на технологиите на Matterport е 3D заснемането на историческа шахта в медната мина „Куинси“ в Мичиган (САЩ) [8].

Matterport Pro3 LiDAR е авангардно устройство за 3D заснемане, предназначено за създаване на висококачествени цифрови близнаци на физически пространства. Този усъвършенстван скенер комбинира LiDAR (Light Detection and Ranging) технология с камери с висока резолюция, за да създава детайлни и точни 3D модели и облаци от точки. Pro3 предлага подобрена скорост на сканиране, подобро качество на изображението и разширен обхват в сравнение с предшествениците си. Той заснема както геометрични данни, така и цетова информация, което позволява създаването на фотореалистични 3D среди. Устройството е особено полезно в индустрии като недвижими имоти, строителство и управление на съоръжения, където прецизната пространствена документация е от решаващо значение. Със способността си да се интегрира безпроблемно с облачната платформа на Matterport, Pro3 LiDAR позволява на потребителите лесно да споделят, анализират и манипулират 3D сканирания, улеснявайки сътрудничеството и процесите на вземане на решения в различни професионални области. Пълни технически характеристики на инструмента са налични тук:

<https://support.matterport.com/s/article/Pro3-Technical-Specifications>

Работният процес за 3D заснемане на данни с помощта на Matterport Pro 3 LiDAR включва няколко ключови стъпки. Първо, операторът настройва устройството на желаното място, осигурявайки стабилна позиция и ясна линия на видимост. След това Matterport Pro 3 инициира 360-градусово сканиране, използвайки своята лидарна технология за заснемане на точна информация за дълбочина и пространство. Докато устройството се върти, то събира милиони точки от данни, създавайки подробен облак от точки на околната среда. Обикновено се извършват множество сканирания от различни позиции в пространството, за да се осигури цялостно покритие. Заснетите данни се обработват и подравняват автоматично в реално време, което позволява на оператора да следи напредъка и да идентифицира всички области, изискващи допълнителни сканирания. След като процесът на сканиране приключи, събраните

данни се качват в облачната платформа на Matterport за по-нататъшна обработка, където се трансформират във висококачествен 3D модел. Този модел може да бъде достъпен, преглеждан и манипулиран чрез различни софтуерни приложения, осигурявайки точно цифрово представяне на физическото пространство.



Фиг. 2. Заснемане с Matterport Pro 3

3.3. Заснемане с камера Insta360 X5 и последваща обработка на данните

Камерата Insta360 X5 е авангардна 360-градусова екшън камера, предназначена за статично и динамично заснемане на кадри в различни среди. Има компактен и здрав дизайн, водоустойчива е и може да издържи на екстремни условия. Снабдена е с два обектива, които работят синхронно, създавайки 360-градусови 8K видеоклипове и снимки с висока резолюция (до 72 MB). Камерата разполага с усъвършенствана технология за стабилизиране на изображението, осигуряваща плавни кадри дори по време на интензивни дейности. Предлага множество режими на снимане, включително time-lapse, slow motion и HDR, което позволява на потребителите да създават разнообразно съдържание. Поддържа и възможности за стрийминг на живо и може да се управлява дистанционно чрез приложение за смартфон. Способността ѝ да кадрира кадри в постпродукцията дава на потребителите гъвкавост да създават традиционни „плоски“ видеоклипове от 360-градусови заснемания, което я прави универсален инструмент както за създатели на онлайн съдържание, така и за любители. Пълни технически характеристики на инструмента са налични тук:

<https://www.insta360.com/product/insta360-x5>

Процесът на заснемане с камерата Insta360 X5 е насочен към създаване на виртуална 3D разходка, осигуряваща реалистично представяне и интерактивно изследване на заснетия обект и включва няколко основни етапа. Първо се инсталира приложението Insta360 на мобилно устройство, камерата се свързва с него чрез Wi-Fi или Bluetooth, за да може да се управлява дистанционно и да се наблюдава кадъра в реално време. След това камерата се монтира на статив или ръчен стабилизатор, които да осигури стабилен запис. Следващата стъпка включва конфигуриране на настройките на камерата, включително режим на снимане, резолюцията, честота на кадрите и експозиция. По този начин се гарантира, че ще се получи желаното качество на изображенията в зависимост на условията на средата. По време на заснемането камерата се мести в различни позиции спрямо обекта и снима последователно от множество различни ъгли, така че да осигури пълно покритие от снимки на обекта, между които има застъпване.

След приключване на заснемането, суровите данни се прехвърлят на компютър за последваща обработка. Използва се специализирания софтуер Insta360 Studio за комбиниране на множество изгледи, чрез който се създава безшевно 360-градусово изображение или видео. В заключителния етап се прилагат техники за последваща обработка с

цел подобряване на 3D ефекта, корекция на цветовете и осветлението, както и подготовка на крайния резултат за визуализация на различни платформи и устройства. С последната (към октомври 2025 г.) версия на софтуера Matterport за Android и iOS, е възможно да бъдат използвани 360° снимки в .jpg формат заснети с камери от различни производители. Те трябва да бъдат записани на съответното устройство, телефон или таблет, на което е инсталиран Matterport с подходящ акаунт. След като бъдат импортирани в създаден проект, започва автоматично подреждане на снимките и създаване на план. На него се виждат всички позиции на камерата и формата на заснетия обект. При нужда операторът може ръчно да изключи неподходяща камера или да отбележи нейното истинско местоположение. Следва на плана да бъдат отбелязани местата на прозорци, врати, портали и огледала. След това проектът се качва на сървър за обработка. Когато тя приключи се получава известие на електронната поща. Готовият проект може да се отвори с мобилното устройство или в сайта на Matterport за последваща обработка.



Фиг. 3 (а, б). Изгледи от получения проект при заснемане с камера Insta360 X5, представени на мобилно устройство

3.4. Тестване във VR среда

Онлайн средата в Matterport осигурява визуализация в среда на VR чрез специален бутон, трансформиращ изгледа при наличие на свързани съвместими очила. Достъпът до виртуалния музей е тестван в Лабораторията по виртуална реалност в МГУ „Св. Иван Рилски“ чрез самостоятелни очила Oculus Go, както и очила HTC Vive и SteamVR, работещи в безжичен режим (чрез VIVE Wireless app) на работна станция с параметри:

- Видео карта PALIT GeForce RTX 3060 8GB StormX
- Процесор i7-12700KF
- Оперативна памет 128 GB DDR5 Kingston Expo Beast

Може да се отбележи, че при VR изгледа се губи достъпът до информационните етикети (тагове) на експонатите. Качеството на рендериране зависи от скоростта на безжичната интернет връзка (за Oculus Go) и параметрите на машината (за работната станция). При свързване на очилата HTC Vive с помощта на кабели се очаква по-качествено зареждане на изображенията във VR средата – към момента в ъглите на кадъра се наблюдават черни петна от милисекундно закъснение на рендерирането в реално време.

5. АНАЛИЗ И СЪПОСТАВКА НА СЪЗДАДЕНИТЕ ВИРТУАЛНИ РАЗХОДКИ

На базата на тестване и анализ на резултатите могат да се формулират следните предимства и недостатъци на методите за заснемане (табл. 1).

Табл. 1. Предимства и недостатъци на използваните технологии

Методология	Предимства	Недостатъци
Insta 360 X5	- Евтина	- Необходима е добра осветеност
	- Масово достъпна на пазара	- Експортът от Insta360 Studio е бавен и
	- Възможност за поправка и смяна на лещи от потребителя на терен	
	- Възможност за заснемане на по-тесни пространства в сравнение с Matterport Pro 3	
	- Възможност за обработка с различни	
	- Поддръжка на голям набор от аксесоари, включително и за закрепване/ монтиране на	
Matterport Pro 3 LiDAR	- Възможност камерата да се инсталира на БЛС	
	-Цялостна екосистема от хардуер и софтуер за генериране на 360° панорами с възможност за измерване на разстояния и аотиране	- необходима добра осветеност за качествени 360 градусови панорами
	-Относително добра точност в порядъка на 20 mm@10 m според производителя	- платформата за споделяне е платена, вкл. за съхраняване на данните в облачните услуги
	-Подходящ за интериор и екстериор	- всички събрани данни се обработват облачно и няма възможност за локална
		-облаците от точки, събрани посредством интегрирани LiDAR изпитват проблеми при улавянето на тъмни

Цената на поддръжката на сайта на Matterport варира в зависимост от избрания абонамент. С безплатен акаунт може да се създаде VR разходка при ограничение на броя станции, но липсва възможност за публично споделяне в уеб-среда. Ето защо минимумът (към октомври 2025 г.) за поддръжка е 11 Евра на месец. Цените на абонаментните планове са публикувани тук:

<https://buy.matterport.com/plans>

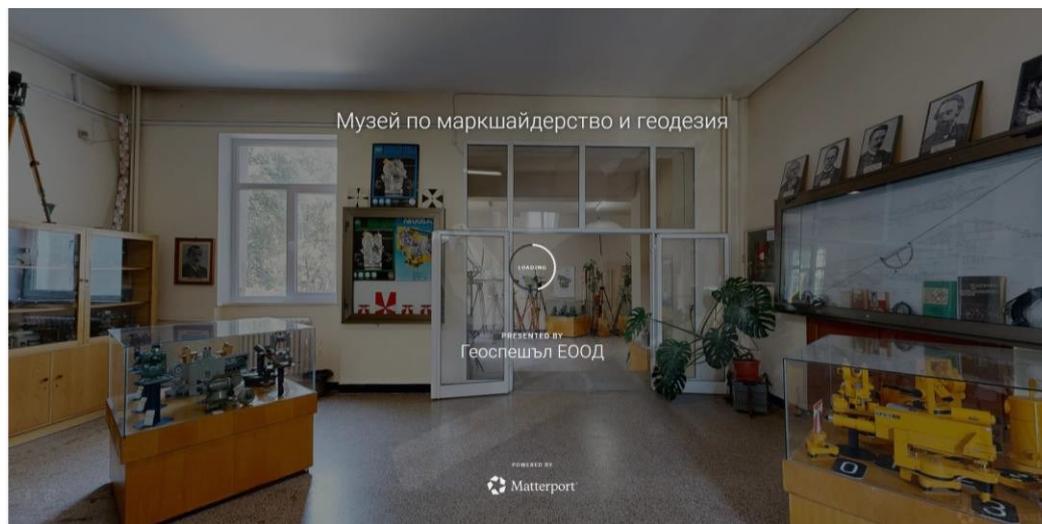
На базата на посочените в Табл. 1 изводи е направено аналитично сравнение с при бъдещо използване на технологията 3DGS (3D Gaussian Splatting) в табл. 2

Табл. 2. Предимства и недостатъци на технологията 3DGS (3D Gaussian Splatting спрямо използваните в рамките на проекта.

Технология 3DGS (3D Gaussian	- Могат да се използват 360° камери като Insta X5, което я прави алтернатива на нефункционалните 360° изображения	-Необходима добра осветеност
	-Позволява генериране на пространствени разходки, които освен за визуализация могат да бъдат метрични и геореферирани (пълната функционалност може да се постигне при интериорни и екстериорни)	-Обработката изисква хардуерен ресурс за достигане на качествени резултати
	-На пазара има напълно безплатни софтуерни	-Облаците от точки,
	за генериране на 3DGS, които за хостинг и споделяне не е нужно да се заплаща допълнително	създадени посредством технологията, са с ниска детайлност и не толкова
	-Технологията позволява добавяне на всякакъв тип изображения, дори и от БЛС (телефони, DLSR камери и др.). Това от своя страна позволява съчетаване на наземни снимки и такива заснети от БЛС	
	-Няма ограничение от специфичен хардуер и може да се постига много висока резолюция за фини детайли, които да се реконструират в	
	-Позволява генериране на 3D обекти, които имат висока прозрачност (към този момент това е единствената безконтактна технология способна на това, без допълнителни действия необходими върху	
	-Изключително висока скорост за събиране на информация и мащабни площи (особено производителен при режим на видео)	

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Виртуалният музей към катедра „Маркшайдерство и геодезия“ предлага иновативен начин за представяне на геодезическото наследство и подпомагат образованието и популяризирането на професията. Музеят е интегриран в секцията Виртуални разходки на уебсайта на МГУ „Св. Иван Рилски“ (Фиг. 4).



Фиг. 4 (а, б). а - Начален екран за зареждане на музея; б - QR код за онлайн достъп до него.
Източник: [Виртуални разходки - Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“](#)

Могат да се синтезират следните основни предимства:

- Подобрена достъпност - експонатите могат да бъдат разглеждани онлайн от всяка точка на света, без ограничения във времето и пространството;
- Съхранение и опазване на ценни инструменти и документи - дигитализацията помага за запазването на крехки и редки експонати;
- Разширени образователни възможности - интерактивни 3D модели и допълнителна информация подпомагат обучението на студенти и специалисти;
- Възможности за геймификация и повишаване на ангажираността чрез интерактивни сценарии и задачи;
- Интеграция с физически експозиции за създаване на хибридно музейно преживяване;
- Лесно актуализиране и добавяне на нови експонати в платформата Matterport;
- Възможност за виртуални обиколки с VR технологии за по-реалистично преживяване;
- Съхраняване на историята и развитието на геодезическите инструменти и методи.

Чрез прилагане на геймификация, виртуалните музеи могат да повишат ангажираността и удовлетвореността на потребителите. Такива геймифицирани среди могат също да бъдат адаптирани за образователни цели, включително в областта на маркшайдерството и геодезията, като предлагат интерактивни сценарии и задачи за решаване на проблеми, основани на реални данни [7].

През последните години се наблюдава значителен напредък в областта на триизмерното дигитално заснемане, като особено внимание привлича технологията 3D Gaussian Splatting (3DGS). Тя се очертава като иновативна алтернатива на традиционната фотограмметрия и статичните 360-градусови панорами, благодарение на способността си да създава фотореалистични 3D реконструкции от множество източници на изображения, без необходимост от класическа аеротриангулация.

Основно предимство на 3DGS е гъвкавостта по отношение на използвания хардуер – технологията може да бъде прилагана върху изображения, заснети със смартфони, DSLR камери или безпилотни летателни апарати (БЛС). Това значително разширява приложното ѝ поле и създава предпоставки за нейното интегриране в научни, изследователски и приложни дейности – от архитектурна и археологическа документация до културно-историческо опазване и пространствен анализ.

Паралелно с това, на пазара вече се предлагат комерсиални решения, които комбинират LiDAR сензори и 360-градусови изображения или видеа. Тези системи позволяват прескачане на етапа на класическата аеротриангулация при фотограмметрията, като същевременно ускоряват обработката и повишават точността на крайния триизмерен модел. Подобни интегрирани подходи бележат преход към ново поколение технологии за пространствено моделиране, където границите между фотограмметрия, LiDAR и 3D реконструкция постепенно се размиват.

БЛАГОДАРНОСТИ

Дейностите по създаване на музея са финансирани по проект МТФ - 201/2025 г. с ръководител доц. д-р Аспарух Камбуров. Катедра „Маркшайдерство и геодезия“ изказва благодарности на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“, проф. д-р Ивайло Копрев, за предоставените стъклени витрини, както и на инж. Деян Сосеров от фирма [Геоспешъл ЕООД](#) за оказаното съдействие с хардуерните и софтуерни компоненти от производителя Matterport. Не на последно място, екипът благодари и на студентите Димитър Гинев и Галимира Стоянова за ценната им подкрепа при изготвяне на надписите и етикетите.

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Славова, Т. Визуализирай света: пътеводител в геопропространствените технологии. Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София, 2025, с. 155
2. Beer, S. (2015). Virtual Museums: an Innovative Kind of Museum Survey. Virtual Museums. 1–6. <https://doi.org/10.1145/2806173.2806191>
3. Bruno, N., Perfetti, L., Roncella, R., & Fassi, F. (2024). PHOTOGAMMETRIC SURVEY OF NARROW SPACES IN CULTURAL HERITAGE: COMPARISON OF TWO MULTI-CAMERA APPROACHES. The International Archives of the Photogrammetry, Remote

4. Cipparrone, A., Elbasheer M., Longo, F., Mirabelli, G., Nicoletti, L., Solina, V. Integrating Industry 4.0/5.0 Technologies for Accessible and Engaging Museum Experiences. *Procedia Computer Science*, Volume 253, 2025, pp. 3227-3234, ISSN 1877-0509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.047>
5. Honti, R., Funtik, T., & Erdelyi, J. (2024). ASSESSMENT OF THE RESULTS FROM THE MATTERPORT SYSTEM USING A 360-DEGREE CAMERA. *Proceedings of 24th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2024*, 24, 245–252. <https://doi.org/10.5593/sgem2024/2.1/s10.30>
6. Povroznik, N. (2020). Digital History of Virtual Museums. *Digital Humanities in the Nordic and Baltic Countries Publications*, 3(1), 125–136. <https://doi.org/10.5617/dhnbpub.11183>
7. Sangamuang, S., Khanchai, S., Puritat, K., Intawong, K., & Wongwan, N. (2025). Gamification in Virtual Reality Museums: Effects on Hedonic and Eudaimonic Experiences in Cultural Heritage Learning. *Informatics*, 12(1), 27. <https://doi.org/10.3390/informatics12010027>
8. Shults, R., Habibi, R., Shenoy, S., Honcheruk, O., An, Z., Hart, T., & Levin, E. (2019). CAPABILITY OF MATTERPORT 3D CAMERA FOR INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY SITES INVENTORY. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W11, 1059–1064. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-2-w11-1059-2019>
9. Slavova, T. Exploring Minecraft as a Tool for Geospatial Education. *Proceedings Vol. 1, 8th International Conference on Cartography and GIS, 15-20 June 2020, Nessebar, Bulgaria*, p. 378-386. ISSN 1314-0604.

АДРЕС НА АВТОРИТЕ

1. Доц. д-р Аспарух Камбуров
Минно геоложки университет „Св. Иван Рилски“,
София 1700. Ул. „Проф. Б. Каменов“ 1,
asparuh.kamburov@mgu.bg
2. Доц. д-р Милена Бегновска,
МГУ „Св. Иван Рилски“,
milena.begnovska@mgu.bg
3. Доц. д-р Веселина Господинова,
МГУ „Св. Иван Рилски“,
veselina.gospodinova@mgu.bg
4. Инж. Деян Сосеров,
Геоспешъл ЕООД,
dsosserov@geospatial.bg
5. Инж. Александър Киров,
МГУ „Св. Иван Рилски“,
alexkirov@gmail.com
6. Инж. Младен Ценов,
МГУ „Св. Иван Рилски“ / Topomatix ЕООД,
office@topomatix.com

МУЗЕЙ НА ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИНСТРУМЕНТИ „ИНЖ. МАРТИН АНДОНОВ“, СОФИЯ

Инж. Мартин Андонов

Искам да кажа първо от къде се породи идеята ми за музей на геодезическите инструменти.

От 15 г. работя по различни строителни обекти рамо до рамо с геодезистите, защото всеки един строителен обект започва и завършва с тях, като на примера тук язовир Цанков Камък, където имах частта да работя за кратко време. А при някои обекти, дори при завършени такива, работата на геодезистите не свършва до тяхното ликвидиране. Знаем, че язовирните стени, както и много други съоръжения разбира се, се наблюдават непрекъснато.

Геодезистите се ползват от столетна история на развой на геодезически инструменти, който в последните десетилетия е претърпял огромно развитие, което искам да покажа в музея. Тук разбира се говоря за далекомерите и интегрирането им в теодолитите до получаването на тоталните станции. (Ето това е същия далекомер, а тук тотална станция).

Това ми беше първоначалния интерес, като си закупих първият инструмент – разбира се тотална станция. Но интереса ми продължи да се задълбочава и вече събирам всякакви геодезически инструменти. Това са нивелири (като съм събрал около 100 броя), теодолити (около 50 броя), разбира се тотални станции (също около 50 броя – това са все различни инструменти) и други специализирани инструменти, които тук няма да показвам, а ще се видят в музея.

Ще бъде показано разбира се и развитието на GPS инструментите, както и на най-обикновени спомагателни принадлежности, като въобще не искам да казвам че те са отпаднали от употреба и са само за музея.

Интересно ще бъде да се покаже какви фирми е имало и има до сега за производство на геодезически инструменти в световен мащаб и от кои държави са били те. Това на базата на инструменти, които са произвеждали.

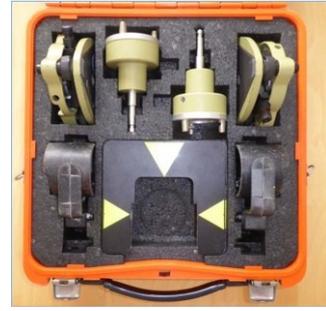
Ще е застъпена и една много важна тема за мен, а именно литературата по геодезия, включваща: учебници, книги, периодични издания, проспекти и т. н. където се ровя и търся какви инструменти са били произвеждани и се опитвам да систематизирам поне за мен малко информацията, защото не съм открил до сега на нито един производител пълната му гама от произведени инструменти.

И така музея ще се намира в „Манастирски ливади“, като помещението за него вече е подсигурено. Точният адрес ще бъде известен, като открие врати музея. А защо там..., ами за да ми бъде по близо, защото аз живея в квартала. И защо музей..., ами защото искам да споделя тази наслада, занимавайки се с геодезически инструменти, и с други, като се надявам да има интерес от такъв музей.

И тук ще отправя разбира се една молба, ако някой има стари геодезически инструменти и книги и не са му потребни, музея приема всякакви дарения, даже съм склонен и да закупувам такива.









АДРЕС НА АВТОРА

1. Инж. Мартин Андонов
ул. Майстор Алекси Рилец 47, ап. 13 ,
1618 София
martin.t.andonov@gmail.com

ИЗПОЛЗВАНЕТО НА СЪВРЕМЕННАТА ФОТОГРАМЕТРИЯ - ПРЕДПОСТАВКА ЗА УСКОРЯВАНЕ НА СЪДЕБНИЯ ПРОЦЕС ПРИ РАЗСЛЕДВАНЕ НА ПЪТНО ТРАНСПОРТНИТЕ ПРОИЗШЕСТВИЯ

Доц. д-р инж. Димитър Петров НВУ „Васил Левски“

РЕЗЮМЕ

Настоящата статия разглежда възможностите за приложение на цифровата фотограмметрия, базирана на аерофотоснимки получени с използването на безпилотни летателни системи (БЛС), в съдебно-автотехническите експертизи и особено при разследване на тежки пътно-транспортни произшествия (ПТП). Обсъждат въпроси свързани с актуалността на проблема по отношение ролята на автотехническите експертизи в ускоряването на наказателните производства, Празнотите и несъвършенствата и нормативната база регламентираща подготовката на съдебните автотехнически експерти, както и възможностите и международният опит в интегрирането на нови технологии в разследващата практика.

Ключови думи: Пътно-транспортно произшествие, автотехническа експертиза, безпилотно летателно средство, цифрова фотограмметрия.

THE USE OF MODERN PHOTOGRAMMETRY – A PREREQUISITE FOR ACCELERATING LEGAL PROCEEDINGS IN ROAD TRAFFIC ACCIDENT INVESTIGATIONS

Assoc. Prof. Dr. Eng. Dimitar Petrov, Vasil Levski National Military University

SUMMARY

This article examines the possibilities of applying digital photogrammetry, based on aerial photographs obtained using unmanned aerial vehicles (UAVs), in forensic auto-technical examinations, and especially in the investigation of serious road traffic accidents (RTAs). Issues related to the relevance of the problem regarding the role of auto-technical examinations in accelerating criminal proceedings, the gaps and imperfections in the regulatory framework regulating the training of forensic auto-technical experts, as well as the possibilities and international experience in integrating new technologies into investigative practice are discussed.

Keywords: Road traffic accident, auto technical expertise, unmanned aerial vehicle, digital photogrammetry

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Автотехническите експертизи са неизменна част от разследването на ПТП, особено когато става дума за сериозни инциденти с човешки жертви. От тяхното своевременно и достоверно изготвяне в голяма степен зависи скоростта на провеждане на съдебния процес и точното и безпристрастно разпределения на вината и отговорностите между участниците в

разглежданото ПТП. Въпреки значимостта на тази дейност, в България съществуват редица структурни и методологични проблеми, които затрудняват процеса по обективна и точна оценка на събитията. В този контекст, цифровата фотограметрия чрез БПЛА се очертава като иновативен и приложим инструмент.

2. АКТУАЛНОСТ И СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА

Пътно-транспортните произшествия са една от основните причини за човешки жертви и сериозни материални щети както в България, така и в световен мащаб. През последните години броят на тежките катастрофи в страната остава тревожно висок.

По статистически данни, загубите от пътнотранспортните произшествия възлизат на 2% от брутният вътрешен продукт на държавата [5]. Тези загуби са достатъчно основание за ангажиране на пътният контрол и превенцията в посока намаляване на пътнотранспортния травматизъм.

По данни от [3] През 2024 г. по пътищата на страната са регистрирани 7 173 тежки пътнотранспортни произшествия, вследствие на които са загинали 478 лица и са ранени 9 054 души.

Най-голям остава броят на произшествията поради неправилни действия на водачите - 6 827. Повечето ПТП настъпват в условия на допускане от водача при повече от едно нарушение, едно от които се определя като основно. Според т.нар. „първо нарушение на водач“ - 27.4% от настъпилите ПТП (6 674 ПТП) се дължат на несъобразена и превишена скорост.

Един от факторите за намаляване на броя на пътно транспортните произшествия е създаване на условия за превантивно въздействие по отношение на поведението на водачите. В тази насока от особено значение е възпитателното въздействие базиращо се на своевременното и бързо налагане на наказателната отговорност, особено при тежките автопроизшествия. За целта обаче всяко подобно събитие изисква задълбочено, обективно и безпристрастно разследване с цел установяване на причините, механизма на възникване, техническите фактори, както и евентуалната вина на участниците.

В този процес ключова роля играе автотехническата съдебна експертиза. Това е комплексен анализ, чрез който се изясняват обстоятелства като скорост на движение, траектория на превозните средства, техническа изправност, видимост, поведение на водачите и пешеходците и други фактори. От тази гледна точка изготвянето на качествена съдебно автотехническа експертиза се явява един от ключовите фактори, от които зависи обективността и бързината на провежданите съдебни производства, а от там и ефективността и превантивността по отношение на възпитателното въздействие на правораздаването върху водачите на МПС.

За съжаление въпреки важността на тази дейност, в България съществуват редица предизвикателства от които по думите на прокурор[1] Николай Буровски от Районна прокуратура - Ловеч *„Най-важното за качествено разследване на ПТП е правилно и обстойно направеният оглед“*. Съдържанието на огледа на ПТП (протокол за оглед) включва данни за **събитието** (дата, час, място), **участниците** (водачи и превозни средства), информация за **застраховката** "Гражданска отговорност", както и **схематично описание на инцидента** и местоположението на превозните средства по време на удара.

В болшинството от тежките и свързани с човешки жертви ПТП резултатите от огледа служат като основа и отправно начало при изготвянето на съдебната автотехническа експертиза. По общо изразеното мнение на специалистите в тази област, при съвременната подготовката на експертите изработването на качествена и добре защитима пред съда автотехническа експертиза при сегашни условия може да отнеме повече от година в зависимост от сложността на сблъсъка.

Тази констатация кореспондира в пряка зависимост с теоретическата и практическа подготовка на експертите по отношение на оформлението и документирането на резултатите от огледа на пътно-транспортното произшествие. Към настоящия момент в Република България автотехнически съдебни експерти се подготвят в следните учебни заведения:

Учебно заведение	Специалност / програма	Коментар
Бургаски свободен университет (БСУ)	Магистърска програма „Съдебни инженерно-технически експертизи и техническа безопасност“ — профилът включва пътно-транспортна и автотехническа експертиза. (bfu.bg)	Подходяща за подготовка на експерти, които ще работят в съдебна система, застрахователни компании и др.
Тракийски университет – Стара Загора	Магистър (или следдипломна) специалност „Автотехническа експертиза“ — високоспециализирани знания за техническо-екпертен анализ на ПТП и оценка на автомобилна техника. (trakia-uni.bg)	Предоставя директна специализация в автотехническа експертиза.
Югозападен университет „Неофит Рилски“	Магистърска програма „Автотехническа експертиза“ — обучение 2 семестъра. (swu.bg)	По-кратка форма (2 семестъра) за специализация в автотехническа експертиза.
Национален институт на правосъдието (НИП)	Обучение/семинар „Съдебна автотехническа експертиза“ — за съдии, прокурори и др. (nij.bg)	По-скоро за квалификация и надграждане на експерти.

Анализът на учебните планове към включените в таблицата обучаващи звена показва, че по отношение на изучаваните дисциплини свързани с регистрацията и документирането на ситуационните параметри на дадено ПТП почти навсякъде е залегнало изучаването единствено на AutoCAD и или сродни графични софтуерни продукти (CAD/CAM/CAE системи за инженерни решения в Бургаския свободен университет, Приложни CAD системи - Тракийски университет – Стара Загора, Автотехнически екпертен анализ - Югозападен университет, за Национален институт на правосъдието – няма данни).

В някои от учебните заведения се провеждат и курсове и следдипломна квалификация в областта на авто-техническите експертизи или близки направления като например:

Учебно заведение	Курс / Следдипломна квалификация	Коментар
Тракийски университет – Факултет „Техника и технологии“	Следдипломна квалификация във формата: специализации, дългосрочни и краткосрочни курсове. (trakia-uni.bg)	Предлага специализации като „Инструктор за обучение на водачи на МПС“, „Транспортна техника и технологии“ и др. (trakia-uni.bg)
Технически университет – Габрово – Център за следдипломна квалификация	Курсове като «Дрон академия – приложение на дронове за граждански и бизнес цели», (TU-GABROVO)	Запознаване с нормативната база и изискване на основни знания и понятия относно управлението и експлоатацията на БЛС Разбиране и прилагане на основните концепции и функционални възможности на географските информационни системи и приложение на дроновете за граждански и бизнес цели.
Институт за следдипломна квалификация при УНСС	Краткосрочни курсове: например по сигурност на информацията. (ips.unwe.bg)	Подходящо като допълнително развитие – макар да не е директно автотехническа експертиза.

Учебно заведение	Курс / Следдипломна квалификация	Коментар
Бургаски свободен университет	Майсторски клас: „Пътно – транспортната и автотехническа експертиза – актуални въпроси за цената на човешкия живот“ (bfu.bg)	По-скоро краткосрочно събитие (майсторски клас), но тематично релевантно за автотехническите експертизи.

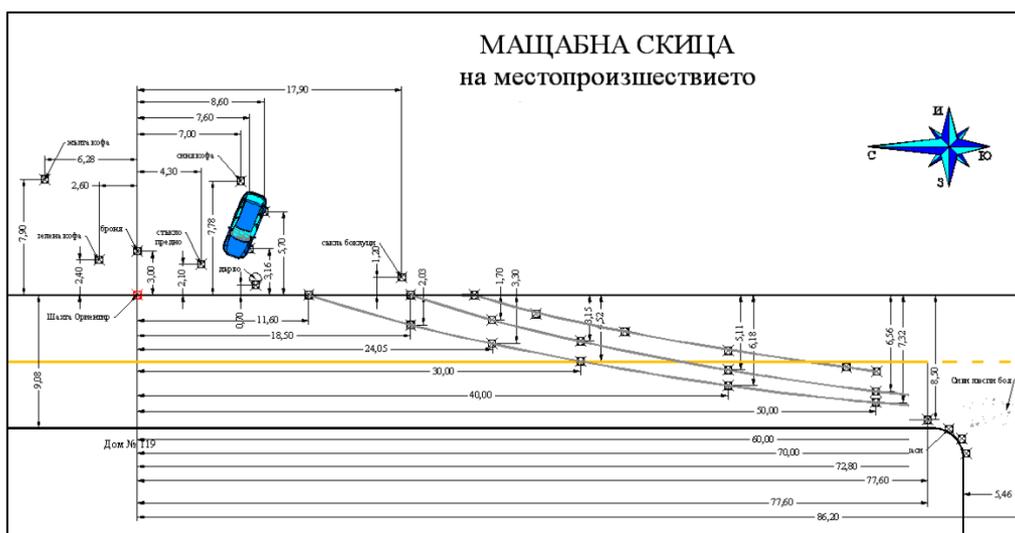
Отклонение от общата тенденция се констатира в учебната програма на залегнала в курса „Дрон академия – приложение на дронове за граждански и бизнес цели“ провеждан в Център за следдипломна квалификация към Технически университет – Габрово. Обучението има за цел в продължение на 120 учебни часа да осигури запознаване с нормативната база и изискване на основни знания и понятия относно управлението и експлоатацията на БЛС (безпилотни летателни средства). Придобиване на знания и умения за безопасно боравене с техника и модули, летене в динамични среди, сертифициране по категории на база законодателната рамка. Разбиране и прилагане на основните концепции и функционални възможности на географските информационни системи и приложение на дроновете за граждански и бизнес цели.

3. НЕДОСТАТЪЦИ НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ЗА ОПИСАНИЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ОГЛЕДА НА ПТП

Съгласно нормативната уредба резултатите от огледа следва да съдържат следните основни данни:

- Дали МП е запазено или не;
- Посока на огледа спрямо посоките на света;
- Основен ориентир №1;
- Помощни ориентери №2, №3 и т.н. ;
- Пътна настилка и състояние;
- Описание на пътното платно;
- Лентите, острови, банкети и крайпътни съоръжения;
- Пътни знаци и хоризонтална маркировка.

Графически резултатите от огледа [6] се оформят във вид на схема (фиг. 1)



Фиг. 1 Мащабна скица на местопроизшествието [6]

От гледна точка на съвременната геодезическа практика към съдържанието на мащабната скица на местопроизшествието (фиг. 1) могат да бъдат направени следната критична бележка: Независимо, че графическото оформление на скицата е изпълнено с използването на съвременна технология - графичен (CAD) софтуер и нейният първообраз е изработен в цифров

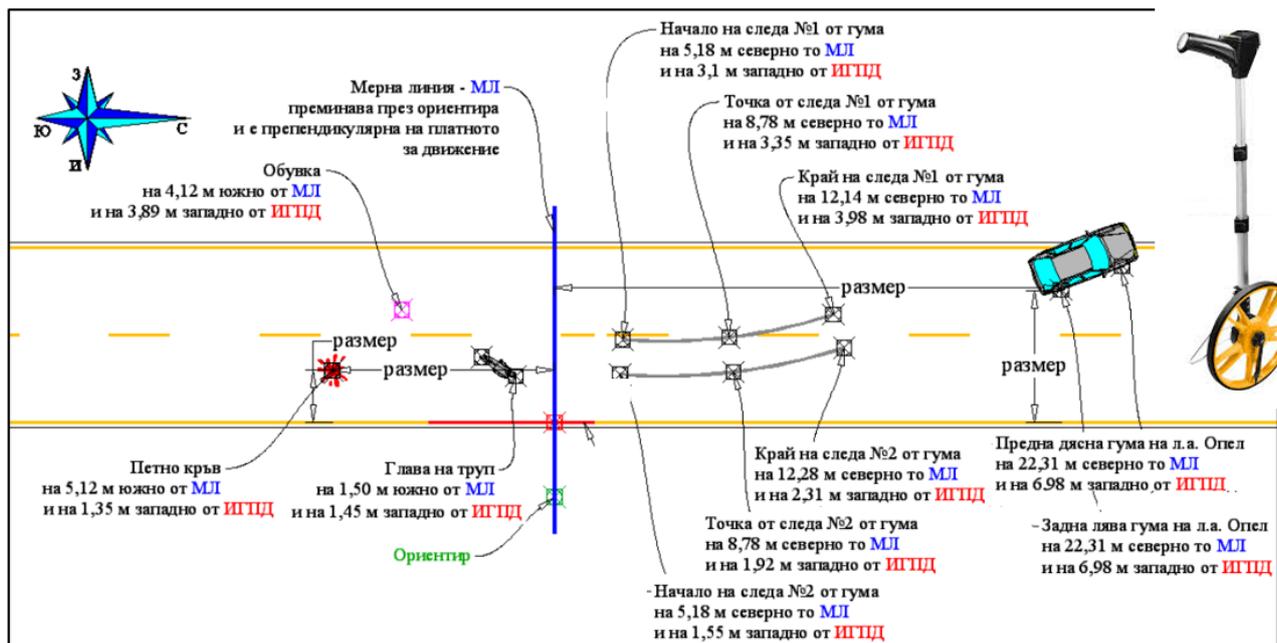
вид, заложената в нея геопространствената информация е получена чрез прилагане на остарелите класически методи за непосредствено измерване на разстояния – ролетки, пътни колела и др. [6].

Този подход на регистрация на ситуационните елементи имащи отношение към даденото ПТП съдържа редица недостатъци по съществените от които са:

1. Съдържанието и точността на измерванията е изключително субективно и зависи от личните качества и умения на съответния съдебен експерт. Това много често е основание за оспорване на експертизата в съда [4] с всички отрицателни последици (изискване на повторни експертизи, допълнителни задачи и т.н.) водещи в крайна сметка до забавянето на съдебния процес;

2. Към мащабната скица е необходимо да бъде приложен допълнителен графичен документ поясняващ разположението на веществените доказателства (фиг.2)

3. Допуснатите (умишлени или неумишлени) пропуски не могат да бъдат компенсирани на по-късен етап – например по хода на наказателното производство;



Фиг.2 Подробна схема за разположение на веществените доказателства към ПТП [6]

Основен проблем в националната практика по отношение на съдебните автотехническите експертизи е остарялата и неадекватна нормативна уредба, която регулира дейността на съдебните автотехнически експерти. Сред основните слабости могат да се открият:

- Липса на съвременни стандарти и методики – към момента няма уеднаквена методология за провеждане на автотехнически експертизи, което отваря възможности за субективизъм и разнопосочни тълкувания от различни вещи лица.

- Неясни критерии за квалификация и контрол – в много случаи съдебните експерти не преминават през редовни обучения или атестации, а институциите рядко проверяват тяхната подготовка.

- Ограничен технологичен капацитет – използването на иновативни инструменти като софтуер за симулации, 3D моделиране или анализ чрез дренови данни все още е изключение, а не правило.

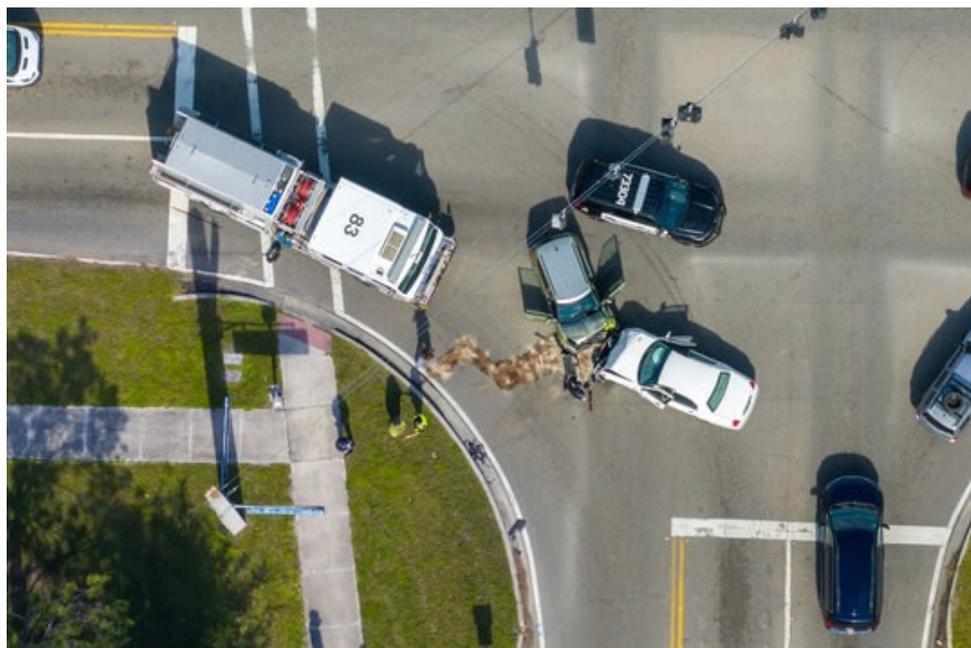
Тези недостатъци водят до ниско доверие в експертизите, забавяне на съдебни дела и в определени случаи – до несправедливи решения.

4. ПРЕДИМСТВА И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРИЛАГАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ ФОТОГРАМЕТРИЧНИ МЕТОДИ ЗА ОПИСАНИЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ОГЛЕДА НА ПТП

Както беше отбелязано по-горе огледът на мястото на пътнотранспортно произшествие е критичен етап в съдебно-експертния процес. За съжаление традиционните методи за документиране, основани на ръчни измервания и скици, често водят до непълно или неточно възпроизвеждане на събитието с всички произтичащи от това усложнения във доказването на обективната истина.

Изхождайки от постановката, че няма нищо по обективно от фотографската снимка (изключваме намесите на изкуствения интелект) следва, че за осигуряването на обективност и безпристрастност при регистрацията на ситуацията е необходимо да се приложи метод различен от създаването на ръчни скици и схеми.

В последните години фотограметрията като наука за извличане на метрична информация от изображения – се превърна в основен инструмент за документиране и реконструкция на местопроизшествията. Съвременните цифрови технологии, дронове и 3D софтуер позволяват създаването на изключително точни модели, които подпомагат експертите при анализ и визуализация на механизма на произшествието (фиг. 3).



Фиг. 3 –Аерофотоснимка на пътно транспортно произшествие [2]

Прилагането на фотограметрията при оглед на ПТП включва няколко последователни етапа: заснемане, обработка и анализ. Заснемането може да бъде наземно или въздушно (чрез БЛС). Използват се камери с висока резолюция и GPS/RTK позициониране. Снимковият материал се обработва в специализиран софтуер като Agisoft Metashape, RealityCapture или Pix4D, чрез които се изгражда облак от точки и тримерен модел. Моделът се мащабира и геореферира, което позволява прецизни измервания и създаване на ортофотопланове и цифрови модели на терена.

■ Използването на фотограметрични методи при оглед на ПТП предлага редица предимства:

■ Висока точност на измерванията – до сантиметрова точност при правилна калибрация.

■ Бързина и безопасност на работа – заснемането от дрон отнема минути без прекъсване на движението.

■ Възпроизводимост и проверимост – данните могат да бъдат архивирани и повторно анализирани.

■ Възможност за интеграция с други данни – например GPS-траектории и симулации на сблъсъка.

Практическите примери от съдебната практика (макар и оскъдни) показват, че фотограметричните резултати по нищо не отстъпват на традиционните методи за документиране на ПТП. Същевременно прилагането на аерофотограметрия по аерофотоснимки получени с помощта на БЛА осигуряват изключителна детайлност спестяват време и ресурси. Освен това,

тримерните модели предоставят реалистични визуални представи за местоположението на участниците в пътно транспортното произшествие непосредствено след неговото възникване.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фотограметрията се утвърждава като надежден инструмент за описание на резултатите от оглед на ПТП. Тя осигурява обективност, прецизност и пълнота на доказателствената информация, като в същото време съкращава времето за анализ и подпомага бързото и справедливо правораздаване. В перспектива, интеграцията на фотограметрични и геопространствени данни в експертните системи ще доведе до стандартизиране на методиките и ще ускори съдебните процеси при разследване на ПТП.

Прилагането на този перспективен, високо-точен и обективен метод за документиране на ПТП налага решаването на две важни задачи:

1. Снабдяване на органите на КАТ като подразделения на МВР със специализирани фотограметрични дроне и обучение на съответните пилоти на БЛС. Това ще позволи още при първоначалното посещение на мястото на ПТП (КАТ по принцип са първи) да се извърши аерофотографиране на още „топлата“ ситуация.

2. Подготовката по фотограметрия да бъде включена като елемент в учебните програми на учебните заведения и организации подготвящи съдебни автоексперти.

6. ЛИТЕРАТУРА

- 1 Буровски Н. Причини и разследване на пътнотранспортни произшествия среща с ученици в Окръжен съд – Ловеч <https://lovech-os.justice.bg/bg/news2/29622>
2. Интернет stock.adobe https://stock.adobe.com/search?k=drone+crash&asset_id=1553749711
3. Милушев, Й., М. Ботева, Р. Иванчева. Пътнотранспортни произшествия в Република България 2024 г. ISSN 1312-8450, https://www.nsi.bg/file/31105/PTP_2024.pdf
4. Русинова, Д. - експерт по пътна безопасност към Сдружение „Европейски център за транспортни политики“. https://www.euctp.com/focus_view.html?uppyID=7
5. Стратегия за подобряване безопасността на движението по пътищата на Република България за периода 2011-2020 г.
6. Технически експертизи ЕООД „Оглед на пътнотранспортно местопроизшествие“ , http://expertbg.com/ogled_na_ptp.pdf.

АДРЕС НА АВТОРА

1. Доц. д-р инж. Димитър Петров
Национален Военен Университет „Васил Левски“,
гр. Велико Търново
гр. Варна, ул. „Каймакчалан“ № 7
E-mail: petrov_2@abv.bg
Моб.: +359 887 928412

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕРОЗИОННИТЕ И АКУМУЛАТИВНИ ПРОЦЕСИ ПО ПЯСЪЧНИТЕ
ПЛАЖОВЕ В БУРГАСКИЯ ЗАЛИВ (1980–2025), ЮЖНО БЪЛГАРСКО ЧЕРНОМОРИЕ**

**Студент Надежда Димитрова, СУ, Доц. д-р Ахинора Балтакова, СУ,
инж. Найлян Салиева, ШУ, д-р инж. Богдан Проданов, ИО – БАН**

РЕЗЮМЕ

Настоящото изследване разглежда морфоложките характеристики и динамиката на бреговата линия на пясъчните плажове по бреговете на Бургаския залив – един от най-разнообразните и силно антропогенно повлияни райони на българското Черноморие. Чрез интеграция на високорезолютна фотограметрия с безпилотни летателни системи (UAS), ГИС-базирана морфометрична анализа и исторически данни за бреговата линия в обхват от 1980-те години до 2025 г., изследването предоставя цялостна оценка на крайбрежната еволюция през последното столетие. Пет представителни плажа – Сарафово, Атанасовска коса, Централен плаж Бургас, Пода и Крайморию – са анализирани с цел количествено определяне на изменение на бреговата линия и скоростта на промените. Резултатите разкриват отчетливи контрастни тенденции: при 63.5% от трансектите е регистрирано акумулация, докато 36.5% отчитат ерозия. Средната стойност на нетното преместване на бреговата линия (Net Shoreline Movement, NSM) е +12.64 m, което представлява общото изменение между най-ранната и най-късната линия за периода на изследване. Най-значителна акумулация е наблюдавана при Централния плаж на Бургас (NSM = +35.54 m), в резултат на антропогенно въздействие от крайбрежни инженерни съоръжения. За сравнение, плажът Пода е подложен на активно отстъпване на бреговата линия (NSM = -3.16 m), предимно под влияние на естествени хидродинамични процеси. Тези модели отразяват сложното взаимодействие между природните фактори и човешките въздействия, включително разширяването на пристанищната инфраструктура и модификациите на бреговата ивица. Изследването подчертава необходимостта от интегрирано управление на крайбрежието, основано на съчетание от исторически и съвременни данни, с оглед устойчиво планиране и опазване на местообитанията. Приложената стандартизирана методология за картографиране предлага мащабируем подход за мониторинг и управление на крайбрежните системи, изправени пред нарастващ натиск от страна на човешката дейност и предизвиканото от климатичните промени повишение на морското равнище.

Ключови думи: пясъчни плажове, динамика на бреговата линия, геоморфология, картографиране с БЛС, Бургаско крайбрежие, Българско Черноморие

**STUDY OF EROSIONAL AND ACCUMULATIVE PROCESSES ON THE SANDY BEACHES
OF BURGAS BAY (1980–2025), SOUTHERN BULGARIAN BLACK SEA COAST**

**Student Nadezhda Dimitrova, SU
Assoc. Prof. Ahinora Baltakova, PhD SU “Kliment Ohridski”
Eng. Naylyan Salieva, Konstantin Preslavsky University of Shumen
Bogdan Prodanov, PhD, IO - BAS**

SUMMARY

This research explores the shoreline dynamics and morphological features of sandy beaches along the Burgas coastline, one of the Bulgarian Black Sea's most environmentally diverse and anthropogenically influenced stretches. The study delivers a detailed century-scale analysis of coastal evolution by combining historical shoreline datasets (spanning from the 1980s to 2025) with GIS-based morphometric tools and high-resolution imagery from Unmanned Aerial System (UAS) photogrammetry. A total of five key beaches, Sarafovo, Atanasovska Kosa, Burgas Central, Poda, and Krajmorie, were investigated to assess rates of shoreline displacement and spatial differences in sediment behaviour. The findings point to divergent shoreline trends: while 63.5% of all transects display sediment accumulation, 36.5% indicate erosion, resulting in an average Net Shoreline Movement (NSM) of +12.64 m. Burgas Central Beach has experienced the most pronounced accretion (NSM +35.54 m), largely attributed to human interventions such as coastal engineering. In contrast, Poda Beach, more exposed to natural dynamics, shows continued erosion (NSM -3.16 m). These patterns highlight the intricate interaction between natural coastal processes and human-driven modifications like port construction and shoreline alterations. The study emphasises the importance of adopting integrated coastal zone management, leveraging historical and modern datasets to promote sustainable development and habitat preservation. Using a standardised mapping framework ensures scalability, making it applicable to coastal monitoring and management in the face of rising sea levels and growing anthropogenic stressors.

Keywords: sandy beaches, shoreline dynamics, geomorphology, UAS mapping, Burgas Coast, Bulgarian Black Sea

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Крайбрежната зона притежава силно динамичен характер, обусловен от особеностите на релефа и локалните физико-океанографски процеси, като вълнение, приливи, изменения в морското равнище поради метеорологични и евстатични причини и др. Именно тази динамика на крайбрежните процеси определя съвременния ѝ морфоложки облик. Преходният характер на крайбрежието налага комплексен анализ на процесите, влияещи върху неговите свойства и структура в пространствено-времеви аспект. Изследванията на съвременната динамика, пространственото разпределение на биотичните компоненти, видовете брегозащитни съоръжения, пространственото планиране и интегрираното управление на биологични и минерални ресурси изискват прилагане на иновативни технологии, позволяващи детайлно картографиране на наблюдаваните обекти.

Българското Черноморско крайбрежие се простира на приблизително 518 km и включва разнообразни форми на крайбрежния релеф и типове брегова ивица, оформени под въздействието на литологията, морфотектонската обстановка, вълновите процеси и седиментния режим [15]. Зоната на контакт между сушата и морето включва скалисти брегове, абразионни тераси, малки заливчета с пясъчни плажове, бариерни пясъчни системи, лагуни и устия на реки, формирайки природна система с висока икономическа, социално-културна, екологична и нематериална стойност. Северният участък е доминиран от скалисти и структурно контролирани брегове, докато южният сектор се характеризира с по-широки крайбрежни понижения, обхващащи значителни пясъчни плажове и дюни, оформени при по-ниска енергия на вълновото въздействие и наличие на седименти както от морски, така и от речни източници [10], [11], [12]. Сред тези крайбрежни среди, плажово-дюнните системи представляват едни от най-динамичните, уязвими и екологично ценни форми. Те изпълняват съществени функции – стабилизиране на бреговата линия, поддържане на биологично разнообразие и естествена защита срещу ерозия и наводнения. Същевременно са подложени на все по-голям натиск, особено в южната част на крайбрежието [15], вследствие от урбанизация, инфраструктурно застрояване, туристическа активност и предизвиканото от климатичните промени покачване на морското равнище.

Настоящото изследване е съсредоточено върху Бургаското крайбрежие – една от най-разнообразните и силно повлияни от човешка дейност крайбрежни територии в България, където морски форми като плажове, дюни, пясъчни коси и естуарни устия се срещат в тясна пространствена близост [14],[15]. Много от тези форми са резултат от взаимодействието между

регионални тектонски движения, дългосрочни седиментни потоци и скорошни антропогенни модификации [23].

Изследването се провежда в рамките на научния проект „Картографиране и пространствено-времеви анализ на плажово-дюнните системи по Южното Българско Черноморско крайбрежие: еволюция, антропогенен натиск и екологични рискове за дюнните местообитания (MapBGBeachDune)“ на Института по океанология – БАН и Софийски университет „Св. Климент Охридски“. Проектът цели разработването на стандартизиран и мащабируем подход за картографиране и мониторинг на крайбрежните дюнни системи чрез фотограметрия с безпилотни летателни системи (UAS), ГИС-базирана морфометрия и анализ на пространствено-времеви промени.

Чрез интегриране на високорезолуционни пространствени данни с геоморфоложка интерпретация, настоящото изследване допринася за по-доброто разбиране на морфологията на бреговата ивица и разнообразието от форми по Бургаското крайбрежие, в подкрепа на устойчивото управление и опазване на уязвимите крайбрежни местообитания.

Целта на изследването е да бъдат идентифицирани и класифицирани формите на крайбрежния релеф по протежение на бреговата ивица на община Бургас и да се изследва пространствено-времевата динамика на избрани пясъчни плажове. Изследването прилага стандартизиран геоморфоложки подход за картографиране и интерпретация на природни и антропогенни форми чрез високорезолуционни UAS-заснемания и морфометричен анализ на цифрови модели на повърхнината.

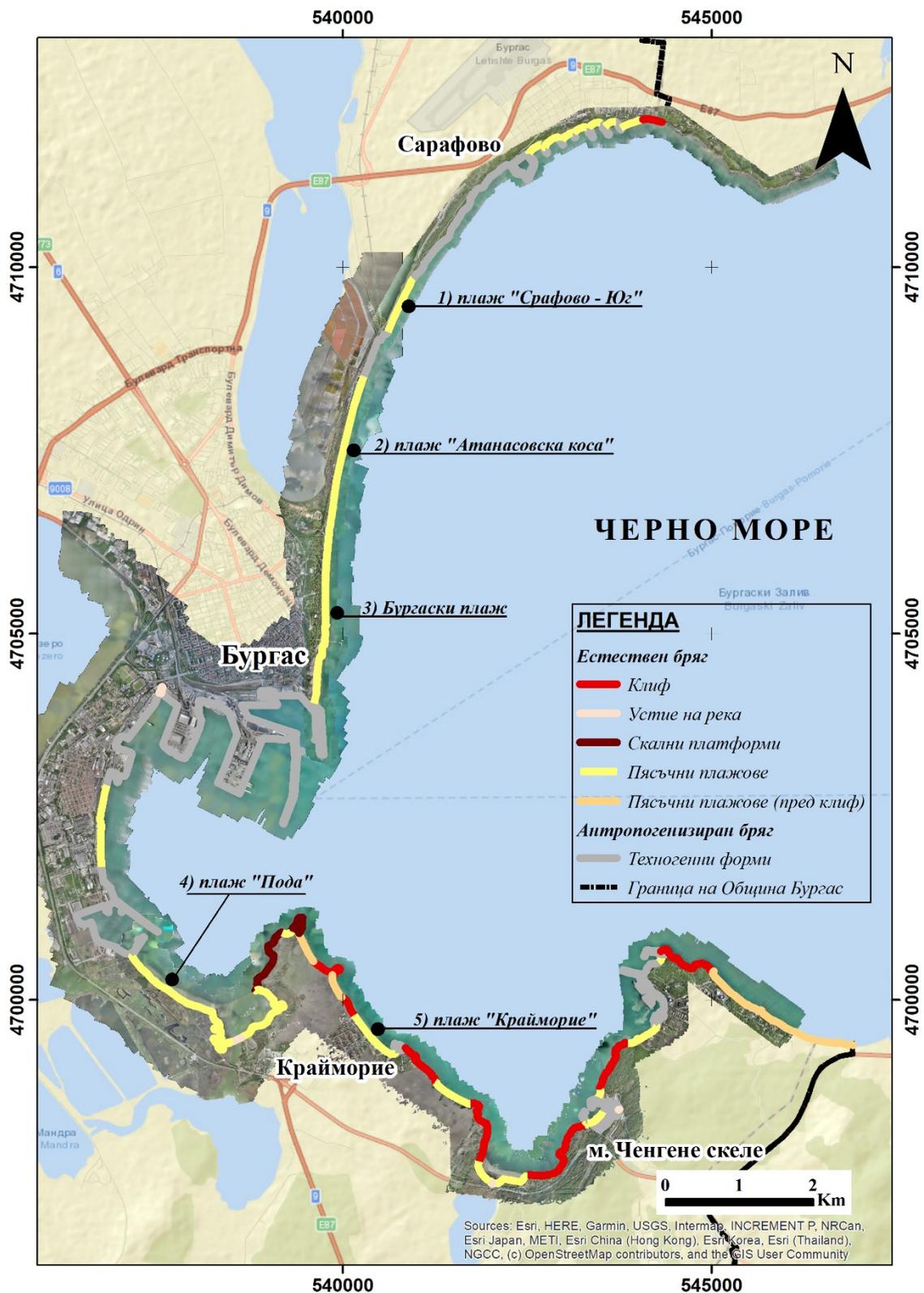
Основа задача е подробна оценка на пет представителни плажа (Фиг. 1): (1) Сарафово – Юг, (2) Атанасовска коса, (3) Централен плаж Бургас, (4) Плаж Пода и (5) Плаж Краймorie, заснети в периода 2020–2025 г. [14], [15], [19]. Чрез комбиниране на ортофотомозайки, генерирани с UAS, цифрови модели на повърхнината (DSM) и верифицирани на терен пространствени данни, се анализират скорошните изменения на бреговата линия, формирането или загубата на дюни и геоморфоложката структура на всяка от изследваните зони.

2. РАЙОН НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Бургаската крайбрежна зона, в която се намират петте изследвани плажа – Сарафово, Атанасовска коса, Централен плаж Бургас, Пода и Краймorie – представлява разнообразен и динамичен в геоморфоложко отношение сегмент от българското Черноморие. Районът попада в обхвата на Бургаската депресия, където се съчетават негативни тектонски движения, акумулационни процеси и крайбрежна динамика, формиращи съвременния пейзаж [7], [9].

Тектонското понижение на земната повърхност в тази област е допринесло за формирането на крайбрежните езера, чрез потъване на вътрешни прибрежни сектори под морското равнище и навлизане на морски води по време на холоценските трансгресии [7], [9], [10], [12]. Чрез акумулиране на седименти заливите се преграждат от пясъчни бариери. Впоследствие, тези форми са били допълнително модифицирани чрез еолични процеси, довели до развитието на значителни дюнни полета. Например, дюните при Сарафово и Централен плаж Бургас, идентифицирани наскоро чрез картографиране с безпилотни летателни системи (UAS), отразяват активна морфодинамична среда, чувствителна както към природни въздействия, така и към човешка намеса [15].

Геоложки районът се характеризира с крeден вулкански фундамент, покрит от палеогенски и неогенски седиментни формации – пясъчници, мергели и глини – структурирани в блоково-разломна система, обусловена от съвременни негативни неотектонски движения [7], [10]. Тези структурни условия значително влияят върху морфологията на крайбрежието и пространствената променливост на седиментната динамика, наблюдавана при всеки от изследваните обекти. Например, пясъчните бариерни системи при Атанасовска коса и Пода са се формирали върху морско-лагунни седименти, благоприятстващи акумулирането на материал, докато секторът Пода, изложен на по-интензивно вълново въздействие и ограничено седиментно захранване, остава податлив на ерозия.



Фиг. 1. Типове крайбрежни форми, разположение на изследваните плажове (1–5) и пълно покритие с UAS ортофотомозайка в крайбрежния сектор на Община Бургас, [14], [15], [19].

От геоморфоложка гледна точка в областта се наблюдават морски абразионни тераси, лагунни понижения, пясъчни коси и бариерно-плажови системи, които не само определят физическата структура на крайбрежната зона, но и допринасят за екологична свързаност и устойчивост спрямо крайбрежни въздействия [12], [15]. Езерата Атанасовско, Бургаско и Мандренско са характерни примери за това взаимодействие – първоначално оформени като морски заливи, впоследствие отделени от морето чрез дълготрайно транспортиране на седименти и формиране на бариери [10], [11]. Тези форми играят важна роля за природната

брегозащита, екологичната свързаност и човешкото ползване. За съжаление, значителна част от тези крайбрежни форми е засегната от човешка дейност – пристанищно строителство, урбанизация и туризъм – довели до загуба на природни дюнни системи и промени в седиментния баланс [15].

Вълновото въздействие е основен хидродинамичен фактор, оказващ влияние върху крайбрежните процеси по протежение на Бургаския залив. Численото моделиране на преноса на вълнова енергия за периода 2007–2018 г., извършено с помощта на спектралния вълнов модел SWAN, показва, че акваторията на Бургаския залив се влияе основно от вълново въздействие, идващо от източно-североизточния сектор [25]. Вътрешната част на залива, включително Централния плаж на Бургас, се класифицира като защитена (S), поради по-ниски нива на вълнова енергия, докато крайните сектори, като Пода и Крайморие, са изложени на умерени (ME) до силно изразени (E) вълнови условия. Сложната ориентация на бреговата линия и подводния релеф по Бургаското крайбрежие обуславят рефракция и дифракция на вълните, водещи до пространствена променливост в експозицията по протежение на залива [24], [25].

Проследяването на преобладаващата скорост и посока на вятъра е от ключово значение за транспорта на седименти, например акумулацията на пясък по бреговете. В района на Бургаското крайбрежие ветровете са оформили т.нар. „Дяволско течение“ в Черно море, чиято посока е север-юг. Според климатичните данни за периода 1931–1985 г., в процентно изражение най-чести са случаите с източен вятър (24%), североизточен (17,8%), както и западен и северен вятър. По-рядко се срещат югозападни, северозападни, югоизточни и южни ветрове. Тези климатични фактори играят съществена роля във формирането на съвременните литодинамични условия, които показват сходна тенденция по отношение на акумулирането на седименти по южните страни на бреговите линии.

Скорошни UAS-базирани картографски и геоморфоложки изследвания установиха активни дюнни системи при плажовете Сарафово и Централен плаж Бургас, подчертавайки тяхната чувствителност към природни динамични процеси и антропогенни въздействия, включително пристанищни разширения, урбанизация и развитие на туризма. Макар и ограничени по площ, тези дюнни системи изпълняват критично важни функции като стабилизиране на бреговата линия, осигуряване на местообитания и буферизиране срещу крайбрежни заплахи – функции, които все по-често се компрометират от човешка дейност и предизвиканото от климатичните промени повишаване на морското равнище [14], [15].

3. МЕТОДИКА И ДАННИ

Методологията, приложена за идентифициране и класифициране на крайбрежните форми на релефа в рамките на община Бургас включва високорезолуционни заснемания с безпилотни летателни системи (UAS), теренни наблюдения и интеграция на исторически пространствени данни. Работният процес е разделен на пет основни етапа:

Етап 1. Архив и база данни от UAS ортофотомозайки

Основната отправна точка бе създаването на цялостна пространствена база данни чрез комбиниране на исторически и съвременни UAS ортофотомозайки с пространствена резолюция в границите 3–5 cm, заснети с дроне DJI Phantom 4 RTK и WingtraOne VTOL [1], [5], [6], [7]. Допълнително в анализа са включени архивни картографски и геопропространствени източници:

- Топографски карти в мащаб 1:5 000 от 1982–1983 г. на АГКК на България;
- Ортофотокarti, предоставени от Министерството на земеделието и храните (2007, 2011, 2019 и 2022 г.);

Специализирани заснемания, извършени от Института по океанология – БАН [1],[2],[3],[4], включително:

2020 г. – Централен плаж Бургас и Атанасовска коса (UAS заснемане);

2021 г. – Крайморие и Ченгене скеле (UAS и теренни заснемания);

2023 г. – пълно покритие на крайбрежната ивица от Сарафово до нос Чукалята, включително естуарните зони (UAS и GPS контролни точки).

Тези източници позволяват диахронно картографиране на измененията в бреговата линия и класификация на природните и антропогенните брегове по цялото крайбрежие на общината – от Сарафово на север до Ченгене скеле на юг.

Етап 2. Теренни наблюдения и UAS заснемане [16], [17]

Планиране и разрешителни: Всички полети с дроне са извършени в съответствие с българското авиационно законодателство и с разрешения от Главна дирекция „Гражданска въздухоплавателна администрация“.

Геодезичен контрол: Изградена е мрежа от наземни контролни и проверочни точки, измерени с GPS RTK приемник HiTarget V90Plus, свързан с лицензирана българска RTK мрежа. Осигурена е хоризонтална точност от 2 cm и вертикална от 3 cm, необходими за точно геореферирание на ортофотомозайките и цифровите модели на повърхнината (DSM) [5], [8], [13].

UAS заснемания: Полетите са извършени при благоприятни метеорологични и хидрометеорологични условия (скорост на вятъра < 5 m/s, ясно небе, ниска мътност на водата). Височината на заснемане е 120 m (GSD ~2.8 cm/pix), а за морфодинамично активни или естуарни зони (напр. устията на Пода и р. Фандъклъ) е използвана височина 50 m, при GSD ~1.45 cm/pix [16], [17], [20].

Заснеманията през 2025 г. южно от местността Пода са част от изследователските дейности по проект „Картографиране и пространствено-времеви анализ на плажово-дюнните системи по Южното Българско Черноморие: еволюция, антропогенен натиск и екологични рискове за дюнните местообитания (MapBGBeachDune)“.

Обхватът на подробните заснемания включва: (1) Плаж Сарафово – юг, (2) Плаж Атанасовска коса, (3) Централен плаж Бургас, (4) Плаж Пода, (5) Плаж Крайморие – Фиг. 1.

През 2024 г. е проведено теренно изследване за потвърждаване на местоположението и пространствения обхват на установените форми. Осъществено е и седиментоложко пробонабиране. За три плажа – Атанасовска коса, Централен плаж Бургас и Крайморие – са изработени напречни профили, отразяващи разпределението на пясъчния материал от бреговата линия до края на акумулативната зона.

Етап 3. Обработка на данни и цифрови продукти

Процес на обработка: Обработката на изображенията е извършена с помощта на Agisoft Metashape Professional, Pix4Dmapper и Global Mapper. Чрез тези платформи са генерирани еднородни високорезолуционни резултати и е осигурен качествен контрол чрез кръстосана проверка и анализ на остатъчните грешки.

Цифрови продукти: Получените геопространствени данни включват:

- Цифрови модели на повърхнината (DSM) с резолюция между 60 cm/pix и 6 cm/pix;
- Ортофотомозайки с резолюция 3 cm/pix;
- 3D фотореалистични модели (3D Tiled Mesh).

Тези продукти формират основата за геоморфоложка интерпретация и анализ на измененията в бреговата линия.

Етап 4. Картографиране на крайбрежните форми и геоморфоложка интерпретация

Крайбрежните форми по протежение на Бургаския залив са дигитализирани и класифицирани чрез комбинация от морфометричен анализ на DSM и теренна геоморфоложка проверка.

Събрани са седиментни проби от различни части на трите плажово-дюнни системи – Атанасовска коса, Централен плаж Бургас и Крайморие – включително: брегова линия, гребен на брега, лятна тераса, зимна висока тераса, морска ивица на дюната, гребен и задна страна на първична дюна, преходна зона между първична и вторична дюна, средна част на вторични дюни и края на вторичните дюни. Характеристиките на пробите са определени чрез пресяване и суспензионно разделяне на фините фракции в лабораторията по седиментология към СУ „Св. Климент Охридски“. Пробите са класифицирани по скалата на Wentworth и анализирани чрез програмата Gradistat.

Съгласно легендата и интерпретацията на Фиг. 1, бреговата ивица е класифицирана, както следва:

- Природен бряг: пясъчни плажове, пясъчни плажове в основата на клиф/скални платформи, скални платформи, естуарни устия, скалисти брегове;
- Антропогенен бряг: техногенни зони като пристанища, изкуствени насипи и брегозащитни съоръжения.

Етап 5. Анализ на измененията в бреговата линия

Заклучителният етап включва количествена оценка на динамиката на бреговата линия чрез използване на исторически и съвременни данни. Скоростта на изменение са изчислени с помощта на Digital Shoreline Analysis System (DSAS v5.0) в среда ArcGIS 10.8, чрез сравнение на позициите на бреговата линия в два интервала: дългосрочен (1982/83–2025) и краткосрочен (2020–2025). По протежение на изследваното крайбрежие са генерирани трасета на всеки 20 m, позволяващи изчисляване на статистически показатели като *EPR* (End Point Rate) и *NSM* (Net Shoreline Movement) [6],[18].

Net Shoreline Movement (NSM) – *нето изместване на бреговата линия* и отразява абсолютното изместване [m] на бреговата линия между два времеви момента, докато **End Point Rate (EPR)** – *линейна скорост на изменение на бреговата линия* показва скорост на изменение тази промяна, стандартно изразен в метри на година [m/yr] [6].

4. РЕЗУЛТАТИ

4.1. Пространствено-времеви анализ на измененията на бреговата линия по Бургаското крайбрежие (1980–2025)

Настоящата секция представя цялостна оценка на динамиката на бреговата линия по протежение на Бургаското крайбрежие в периода 1980–2025 г. Анализът използва два ключови показателя – *Net Shoreline Movement (NSM)* и *End Point Rate (EPR)* – за количествена оценка на мащаба и скоростта на изместване на бреговата линия, като разкрива пространствени модели на ерозия и акумулация в рамките на цялостната крайбрежна система (Фиг. 2, Фиг. 3).

Събраният масив от данни включва 299 трансекта, като при 63.5% от тях е установена акумулация (акреция) на бреговата линия, а при 36.5% – ерозия. Средната стойност на *NSM* за периода е +12.64 m, а средната стойност на *EPR* – +0.32 m/yr, което показва положителен седиментен баланс за разглеждания 45-годишен интервал. Акреционните трансекти се характеризират със значително по-високи средни стойности на изместване (+26.66 m) и темп на промяна (+0.67 m/yr) в сравнение с ерозионните (-11.81 m и -0.29 m/yr), което подчертава доминацията на акумулация в общия баланс. Въпреки това, наличието на устойчиви зони на ерозия, при които отстъплението достига до -26.65 m (-0.68 m/yr), разкрива локализираните уязвимости в крайбрежната система.

Тези контрастни зони отразяват взаимодействието между природната седиментна динамика, вълновата експозиция и човешката намеса, включително крайбрежни инженерни съоръжения и промени в земеползването, които влияят върху преноса и акумулацията на седименти. Тази обобщена оценка следва да се разглежда в контекста на историческото развитие на Бургаското крайбрежие, белязано от антропогенни трансформации, които са изменили хидродинамичните и литодинамичните условия в региона.

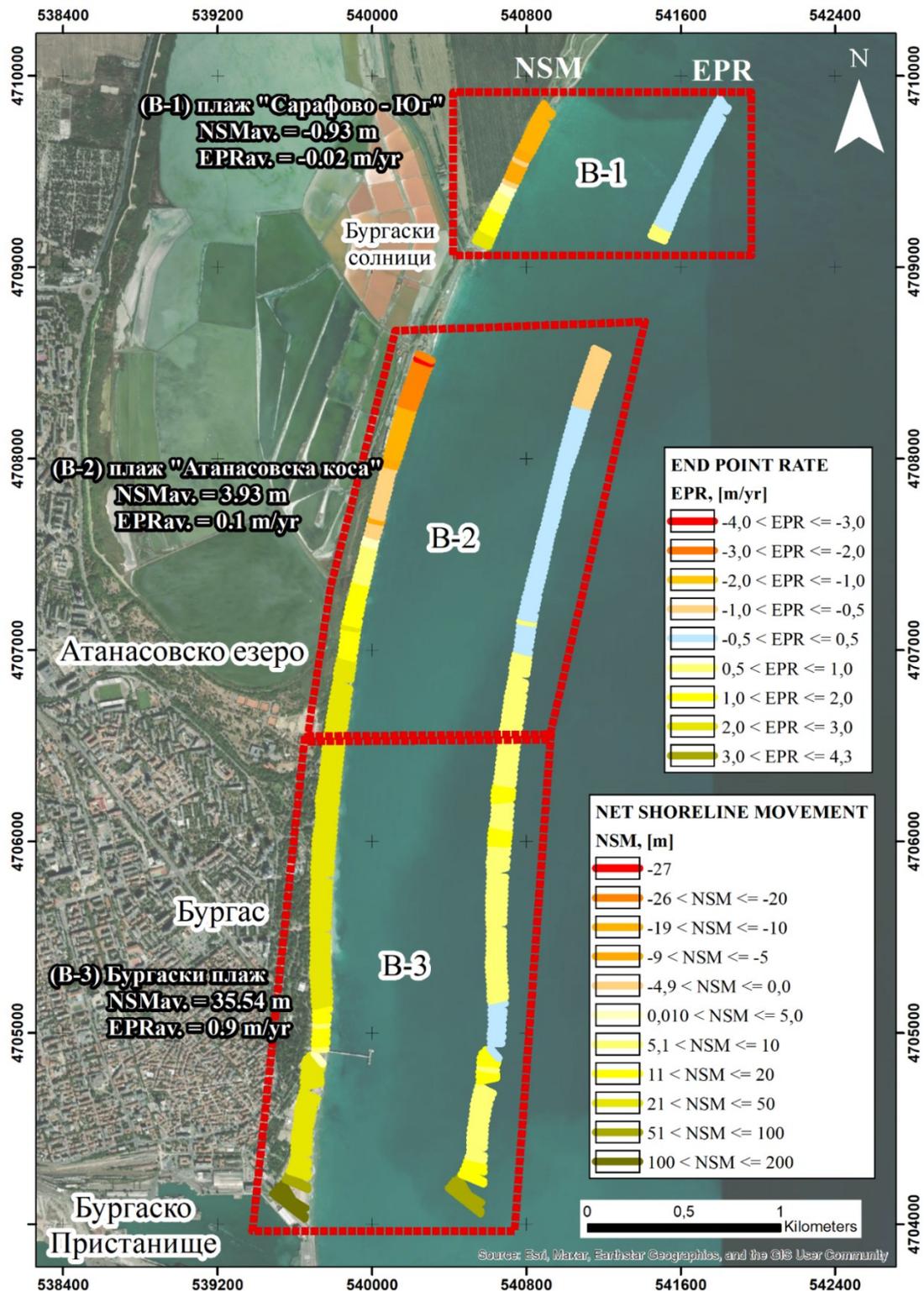
4.2. Дългосрочна еволюция и антропогенно въздействие върху Бургаското крайбрежие

През последния век както природни, така и антропогенни фактори са оказали съществено влияние върху еволюцията на бреговата линия в Бургаския залив. Историческите източници проследяват началото на значими човешки въздействия още след Освобождението, като изграждането на Бургаското пристанище през 1903 г. бележи повратна точка. Съществена трансформация настъпва през 1969 г. със строителството на насипна дига с дължина 300 m в подкрепа на корабостроителни дейности. Това съоръжение нарушава преобладаващите хидродинамични режими, ускорявайки ерозията южно от съоръжението и предизвиквайки потъване на военен бункер на приблизително 90 m навътре в морето, докато в зоната на завет започва интензивна акумулация на пясък [12].

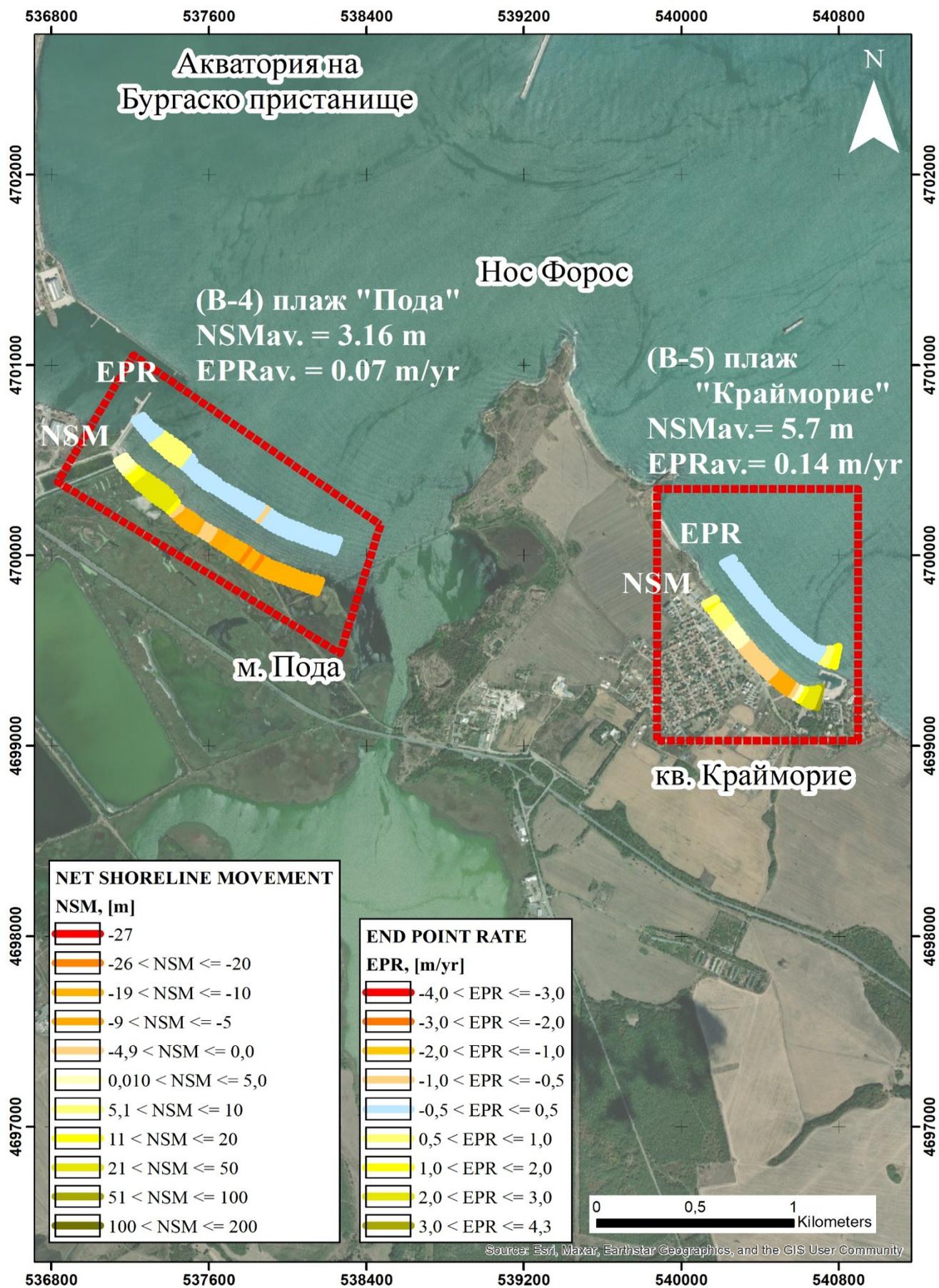
През периода на индустриално развитие до края на 1980-те години някои плажове, особено в южната част на града, са били експлоатирани като източници на строителни материали, което води до нарушен седиментен баланс и съкращаване на площта на участъци като плаж Герена. За разлика от това, северните сектори на залива, включително Северния плаж, бележат растеж в резултат на изградени съоръжения, благоприятстващи улавянето на седименти. Изкуственото разширяване на северните плажове, включително свързването на

плажовете пред ж.к. „Лазур“ с пясъчната коса към Атанасовското езеро, е ясен пример за такива процеси.

В наши дни Централният плаж на Бургас и прилежащите участъци се поддържат от концесионери, които извършват сезонни дейности по оформяне на плажа. Доскоро през зимата се изграждаха пясъчни диги, но тази практика бе прекратена с нови екологични разпоредби през 2023 г.



Фиг.2. Пространствено разпределение на нетното преместване на бреговата линия (NSM) по 96 трансекта в сектор Каваците за периода 2020-2025 г.



Фиг. 3. Пространствено разпределение на темпа на изменение на бреговата линия (End Point Rate, EPR) в сектор Каваците за периода 2020–2025 г.

В геоморфолошко отношение, крайбрежието включва естествени пясъчни ивици и коси като Кумлука (затваряща Бургаското езеро), и пясъчната коса, свързваща ез. Мандра с нос

Форос при Крайморие. Тези форми, заедно с множество по-малки пясъчни ивици с обща дължина над 12 km, са съставени основно от кварцови прахообразни пясъци с променливо съдържание на тежки минерали и карбонати, отразяващи както седиментния режим, така и локалната морфология.

Пясъчната коса при Атанасовско езеро е оформена под въздействие на речни и морски приноси. В този участък магнетитовите пясъци преминават от умерено сортирани на север до добре сортирани на юг, с повишено съдържание на карбонати в близост до подводни шелфови седименти, богати на черупки. [12].

4.3. Секторен пространствен анализ

Плаж Сарафово – Юг. Анализът показва относително равновесие между процесите на ерозия и акреция: 57.6% от трансектите са ерозионни, а 42.4% – акумулативни. Средният NSM е -0.93 m, а EPR – -0.03 m/yr. Максималната ерозия достига -18.85 m (-0.48 m/yr), докато най-високи стойности на акумулация е +22.62 m (+0.54 m/yr). Динамиката в този участък е повлияна от близостта до квартал Сарафово до летище Бургас, които пристанищни съоръжения променят посоките на седиментния транспорт (Фиг. 2).

Плаж Атанасовска коса. Отчетен е лек превес на акрецията – 52.9% от трансектите, срещу 47.1% ерозионни. Среден NSM: +3.94 m; EPR: +0.10 m/yr. Акреционните трансекти достигат до +34.28 m (+0.87 m/yr), докато ерозионните – до -26.65 m (-0.68 m/yr). Районът се възползва от естествени механизми за доставка на седименти, усилен от човешка намеса в околната инфраструктура (Фиг. 2).

Централен плаж Бургас. Тук всички 97 трансекта показват акреция (100%). Среден NSM: +35.54 m; EPR: +0.87 m/yr. Максималната стойност на акумулация е +165.70 m (+4.05 m/yr) – най-висока сред всички участъци. Тези стойности са резултат от мащабни инженерни намеси – буни, диги, кейове – и пренасочване на седиментния транспорт (Фиг. 2).

Плаж Пода. Доминиращи са ерозионните процеси – 68.6% от трансектите. Среден NSM: -3.16 m; EPR: -0.07 m/yr. Максималната ерозия е -21.51 m (-0.51 m/yr), докато най-високата акреция е +35.23 m (+0.84 m/yr). Въпреки ерозионното преобладаване, в някои трансекти се наблюдава значителна акумулация, което свидетелства за висока пространствена променливост (Фиг. 3).

Плаж Крайморие. Акреционните трансекти са 54.5%, а ерозионните – 45.5%. Среден NSM: +5.72 m; EPR: +0.14 m/yr. Максималната ерозия е -7.69 m (-0.18 m/yr), а максималната акумулация +55.28 m (+1.31 m/yr). Динамиката тук се определя от конфигурацията на пясъчната коса и хидрологичната връзка с ез. Мандра, като човешките дейности и естествените фактори съвместно оформят крайбрежието (Фиг. 3).

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

През последното столетие Бургаското крайбрежие е претърпяло значителна морфологична еволюция, обусловена от съвместното въздействие на природната динамика и продължителната антропогенна намеса. Исторически процеси като изграждането на пристанищна инфраструктура, урбанизацията и извличането на седименти са довели до съществени промени в моделите на седиментен транспорт и конфигурацията на бреговата линия. В резултат на тази трансформация се наблюдава пространствено преразпределение на седиментите, създаващо контрастни зони на акумулация и ерозия по крайбрежието.

Интегрираният анализ за периода 1982–2025 г., базиран на съчетание от исторически картографски източници и съвременни UAS-заснемания, позволява количествено оценяване на тези промени. Повечето трансекти (63.5%) показват напредване на бреговата линия, със средна стойност на Net Shoreline Movement (NSM) от +12.64 m, докато при 36.5% е налице ерозия. Въпреки доминиращата тенденция на акумулация, се открояват локални нестабилности: северни участъци, като Централния плаж на Бургас, демонстрират интензивна акумулация на седименти (среден NSM +35.54 m), улеснена от крайбрежни инженерни съоръжения, които прекъсват естествения седиментен поток и способстват отлагането. Обратно, южни сектори като плаж Пода остават податливи на ерозия (среден NSM -3.16 m), изложени на вълново въздействие и без налична защитна инфраструктура.

Тези противоположни тенденции отразяват дългосрочната еволюция на бреговата система, при която човешките въздействия в някои участъци усилват естествените седиментни

процеси, а в други задълбочават уязвимостта. Балансът между ерозия и акумулация при плажовете Сарафово и Крайморие допълнително подчертава сложността на крайбрежната динамика, формирана от съчетание между геоморфоложки условия и антропогенни модификации.

Чрез интеграция на високо резолюционни пространствени данни, геоморфоложки анализ и оценка на исторически изменения в бреговата линия, настоящото изследване предлага надеждна рамка за разбиране на крайбрежната еволюция в десетилетен и столетен мащаб. Получените резултати са от съществено значение за информирано, адаптивно управление на крайбрежието и устойчиво пространствено планиране, особено в контекста на нарастващ натиск от човешката дейност и прогнозираните изменения в морското равнище – с цел гарантиране на устойчивостта на Бургаското крайбрежие за бъдещите поколения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е проведено в рамките на проект „Картографиране и пространствено-времеви анализ на плажово-дюнните системи по Южното Българско Черноморско крайбрежие: еволюция, антропогенен натиск и екологични рискове за дюнните местообитания (MapBGBeachDune)“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ при Министерство на образованието и науката, по Договор № КП-06-Н84/5 от 16.12.2024 г., в рамките на конкурс за фундаментални научни изследвания – 2024 г.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Bekova R., B. Prodanov. Assessment of beach macrolitter using unmanned aerial systems: a study along the Bulgarian Black Sea Coast, Marine Pollution Bulletin, United Kingdom, 196, 115625, 2023.
2. Bekova R., B. Prodanov. Spatio-temporal analysis of eutrophication and habitat loss in coastal lakes: a case study from the Kamchiya-Shkorpilovtsi sector, Bulgarian Black Sea Coast, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, 24, pp 237-248, 2024.
3. Bekova R., B. Prodanov. Spatiotemporal variation in marine litter distribution along the Bulgarian Black Sea sandy beaches: amount, composition, plastic pollution, and cleanliness evaluation, Frontiers in Marine Science, Switzerland, 11, 1416134, 2024.
4. Bekova R., G. Raikova-Petrova, and B. Prodanov. Maturity, sex ratio and spawning time of *Liza aurata* Risso, 1810 and *Liza saliens* Risso, 1810 (Mugilidae) from the Bulgarian Black Sea Coast, Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences, Bulgaria, 72(7), pp 916-923, 2019.
5. Dimitrov L. et al. Seabed mapping of the Bulgarian coastal zone between Sozopol and Tsarevo (Southern Bulgarian Black Sea), Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences, Bulgaria, 72(5), pp 634-640, 2019.
6. Himmelstoss E. et al., Digital Shoreline Analysis System version 6.0, U.S. Geological Survey software release, USA, pp 1-50, 2024.
7. Keremedchiev St., Morphostructural and Geodynamic Preconditions for Up-to-Date Morphological Development of the Bulgarian Black Sea Coastal Zone, Proceedings of the Institute of Oceanology, Bulgaria, Vol. 5, pp 181–209, 2005 (in Bulgarian).
8. Lambev T., B. Prodanov. Digital terrain model of the seafloor of south Bulgarian Black Sea coast, 10th Congress of the Balkan Geophysical Society, Bulgaria, pp 1-5, 2019.
9. Petrova A. et al. Geological map of Bulgaria on scale 1:100 000. Burgas map sheets, Geology and Mineral Resources Committee, Enterprise of Geophysical Survey and Geological Mapping, Bulgaria, pp 1-50, 1994.
10. Peychev V., Morphodynamic and lithodynamic processes in the coastal zone. Slavena, Varna, p 232, 2004 (in Bulgarian).
11. Peychev, V., P. Peev. Evolution of the Bulgarian Black Sea coast after the Early Holocene. Slavena, Varna, p.123, 2006 (in Bulgarian).

12. Popov V., K. Mishev. Geomorphology of the Bulgarian Black Sea Coast and Shelf, Bulgaria, 267, 1974 (in Bulgarian).
13. Prahov, N. et al. Application of aerial photogrammetry in the study of the underwater archaeological heritage of Nessebar, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, 20, pp 175-182, 2020.
14. Prodanov, B., R. Bekova. Coastal dunes under threat of destruction: necessities conservation and inclusion into the cadastral maps and registries of the Bulgarian Black Sea Coast, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, STEF92 Technology, pp 253-264, 2024.
15. Prodanov, B. et al. Spatial distribution of sand dunes along the Bulgarian Black Sea Coast: inventory, UAS mapping and new discoveries, Nature Conservation, Bulgaria, 54, pp 81-120, 2023.
16. Prodanov, B. et al. Mapping of coastal and submarine morphological landforms using unmanned aerial systems and echo sounding data, case study: Bulgarian Black Sea coastal sector between Cape Sivriburun and Cape Kaliakra, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, 21, pp 717-726, 2021.
17. Prodanov B., L. Dimitrov L. Morphology of the Strandzha coastal zone, Southern Bulgarian Black Sea Coast, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, 20, pp 189-196, 2020.
18. Prodanov, B. et al. UAS photogrammetry as an effective tool for high-resolution mapping of depositional landforms and monitoring geomorphic change. Case study: Kamchia Shkorpilovtzi Beach, Bulgarian Black Sea Coast, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, 21, pp 623-634, 2021.
19. Prodanov, B. et al. Unmanned Aerial Vehicles for Surveying the Bulgarian Black Sea Coast, "Prof. Marin Drinov" Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, pp 1-10, 2020.
20. Prodanov, B. et al. 3D high-resolution mapping and identification of coastal landforms using unmanned aerial vehicles, case study: Shabla Municipality coastal sector, Bulgaria, Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020), Cyprus, 50, pp 1-8, 2020.
21. Prodanov, B. et al. Drone-based geomorphological and landscape mapping of Bolata Cove, Bulgarian coast, Sustainable Development and Innovations in Marine Technologies, United Kingdom, pp 592-596, 2019.
22. Prodanov, B. et al. Applying unmanned aerial vehicles for high-resolution geomorphological mapping of the Ahtopol coastal sector (Bulgarian Black Sea coast), Proceedings of SGEM, Bulgaria, 19, pp 465-472, 2019.
23. Prodanov, B. et al. Loss of natural seabed and benthic habitats along the Bulgarian Black Sea Coast as a consequence of infrastructure development, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, STEF92 Technology, pp 375-390, 2023.
24. Valchev, N. et al. Study on wave exposure of Bulgarian Black Sea coast, Proceedings of the 12th International Conference on Marine Science and Technology "Black Sea", Bulgaria, Varna, pp 175-182, 2014.
25. Valchev, N. et al. Spatial and multiannual alteration of wave exposure along the Bulgarian coast as inferred by numerical modelling of wave energy transport, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, 23, pp 149-158, 2023.

АДРЕС НА АВТОРИТЕ

1. Студент Надежда Димитрова
Софийски университет „Св. Климент Охридски“
София 1504, бул. Цар Освободител 15
+359 89 327 7109
Nadejdadimitrova00@abv.bg
2. Доц. д-р Ахинора Балтакова
Софийски университет „Св. Климент Охридски“
София 1504, бул. Цар Освободител 15

+359 89 327 7109

a.g.baltakova@gmail.com

3. Инж. Найлян Салиева

Шуменски университет „Епископ Константин Преславски“

гр. Шумен 9700, ул. „Университетска“ № 115

+359 897 838 915

nalyansali@gmail.com

4. Гл. ас. д-р инж. Богдан Проданов

Институт по океанология – Българска Академия на науките

Варна 9000, ул. „Първи май“, №40

+359 88 33 77 360

bogdanprodanov@gmail.com

6. КАДАСТЪР, УСТРОЙСТВО И ЗАЩИТА НА ТЕРИТОРИИТЕ (IV) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

29. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ

СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ

София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ПРЕОБРАЗУВАНЕ НА ПРАВАТА ВЪРХУ ПОЗЕМЛЕНИТЕ ИМОТИ ПРИ ПЛАНОВЕ ЗА ПЪРВА РЕГУЛАЦИЯ

Доц. д-р инж. Надежда Ярловска, УАСГ
Атанас Додов, УНСС

РЕЗЮМЕ

Настоящият доклад изследва отражението на плановете за първа регулация (чл. 16 от ЗУТ) върху правото на собственост и другите вещни права на поземлените имоти. Във фокуса на изследването са някои устройствени и правни проблеми при преобразуването на собствеността върху поземлените имоти - държавна и общинска собственост. Анализирано е действащото законодателство и неговото приложение, с цел да се предложат конкретни насоки при уреждането на държавни и общински имоти по този ред. Формулирани са изводи и препоръки за промени в нормативната уредба и устройствена практика.

Ключови думи: подробен устройствен план, първа регулация, държавна собственост, общинска собственост, нормативна уредба

TRANSFORMATION OF OWNERSHIP RIGHTS ON LANDED PROPERTIES UNDER PLANS FOR FIRST REGULATION

Assoc. Prof. Dr. Eng. Nadezhda Yarlovska, UACEG
Atanas Dodov, UNWE

SUMMARY

The current report explores the impact of the plans for first regulation (Art. 16 of the Spatial Planning Law) on the ownership rights of the landed properties. The focus of the study is on some planning and legislative problems in the transformation of ownership of state and municipal land properties. The current legislation and its implementation have been analyzed in order to propose specific guidelines for regulating state and municipal properties in this regard. Conclusions and recommendations for changes in the legislation and planning practice have been formulated.

Keywords: spatial development plan, first regulation, state property, municipal property, legislation.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Законът за устройство на територията в нормите на чл. 16 определя един от способите за уреждане на територии с неурегулирани поземлени имоти или територии с неприложена

първа регулация по предходен устройствен план. С неговото приложение се определят необходимите площи за изграждане на обектите на зелената система, на социалната и на техническата инфраструктура - публична собственост. За осъществяване на тези предвиждания с влизането в сила на плана собствениците на недвижими имоти отстъпват в полза на общината процентна част от площта на имотите си, определена с плана, но не повече от 25 на сто. На всеки собственик на недвижим имот общината определя равностоен урегулиран имот (имоти), като се съобразява с местоположението на имотите в местността, но не и с точните им кадастрални граници. До имуществено ощетяване на собствениците не се стига, тъй като урегулираните имоти са с пазарна стойност, не по-малка от пазарната стойност на имотите преди урегулирането им, което се доказва с решение на комисията по чл. 210 от ЗУТ. Способът позволява и оптимално реструктуриране на планираните територии чрез окрупняване (комасиране) на имотите на един собственик на едно място. Допустимо е и образуване на съсобствен УПИ на различни лица.

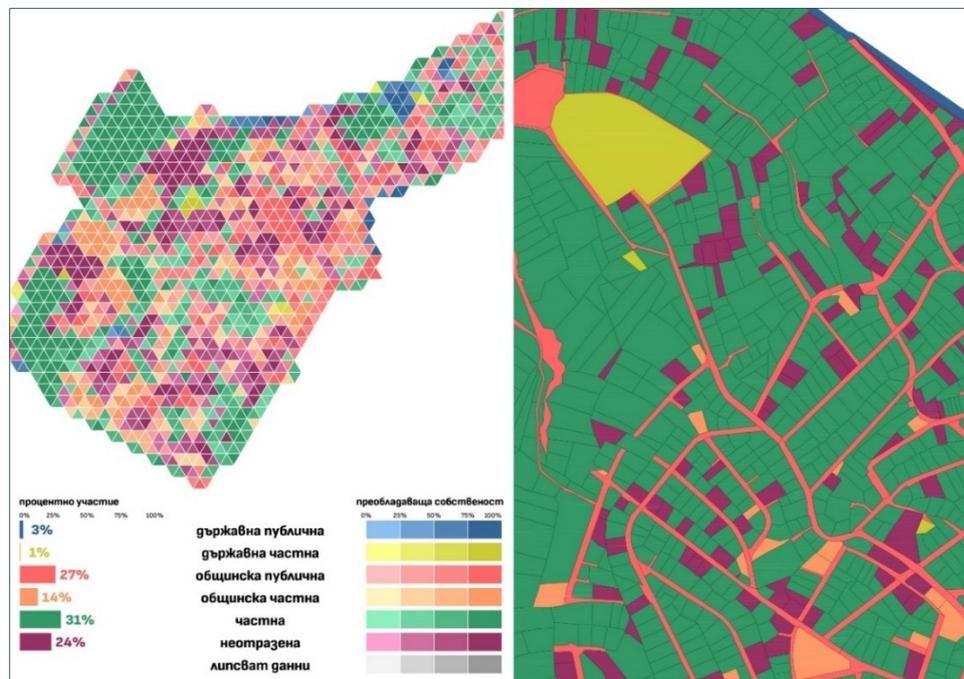
В териториите, за които е приложим способът по чл. 16 ЗУТ, обикновено са налице и двете форми на собственост: частна и публична, но нерядко са налични поземлени имоти с неустановена собственост. В разпоредбите на чл. 16 и в ЗУТ няма конкретни насоки за това, какъв вид собственост може или не може да бъде урегулирана съобразно неговите правила. Такива могат да бъдат открити в Закона за държавната собственост, Закона за общинската собственост, Закона за собствеността, както и в други актове. Техните постановки изискват задълбочен прочит, коментари и конкретни насоки към възложителите, проектантите и въвлечените страни в устройствения процес, тъй като често се установява разнопосочна практика.

2. ДЕЙСТВАЩИ НОРМАТИВНИ УСЛОВИЯ И ПРАКТИКА

2.1. Начален контекст

Законовият ред на чл. 16 от ЗУТ е приложим най-често за територии с поземлени имоти в неурегулирани населени места, или в развиващи се (разрастващи се) зони на населените места, които са предвидени с ОУП за урбанизиране, като това са предимно земеделски или горски територии. Разглежданият устройствен способ се прилага и за поземлени имоти (земи), възстановени/подлежащи на възстановяване по реституционни закони в жилищни комплекси. Следва да се отбележи, че този тип територии често се характеризират с наличие на поземлени имоти с неустановена собственост (общински/държавни имоти с неиздаден АОС/АДС, или такива с незавършени процедури по реституционни закони, в т.ч. и с неприключили съдебни производства). По посочените съображения, делът на поземлените имоти, чиято собственост не може да бъде легитимно установена към момента на планиране, може да бъде значителен. Това налага проектантът да разчита и на други официални източници на информация за собствеността, освен наличната одобрена кадастрална карта и имотни регистри. В противен случай е значителен рискът от дълги и повтарящи се процедури по процедиране на плана и нужда от нови регулационни решения (например, в случаите на по-късно легитимирани се собственици и т.н.). Тези имоти с неустановена (неотразена) собственост в определени случаи са бивши земеделски имоти, които са били част от бивши ТКЗС и ДЗС, а понастоящем се стопанисват от общината по реда на чл. 19, ал. 1 ЗСПЗЗ. Практиката показва, че част от тях така се вписват и в кадастралната карта, а други са „без данни за собственост“.

Ако се разгледа примерът на град София, това се потвърждава от проучване на ОП „Софияплан“, направено по административни райони за анализ на процентното съотношение на различните видове собственост върху земята в границите на Столична община. Изследвана е както преобладаващата собственост във всички 24 административни района на столицата, така и видовете собственост: частна, общинска публична, общинска частна, държавна публична, държавна частна и т.н. Изследването показва че поземлените имоти с „неотразена собственост“ по райони стигат до значителните 17% за район Лозенец, 18% за Район Студентски, 24 % за Район Красно село и т.н. За ПУП, който се разработва по реда на чл. 16 от ЗУТ, това може да се окаже сериозно предизвикателство. (Фиг. 1) Освен категорията „имоти с неустановена собственост“, в общия случай са налице и двете форми на собственост: частна и публична. (фиг. 1 и фиг. 2)



Фиг.1. Схема на разпределението на собствеността в Район “Красно село” Столична община [7]

Фиг.2. Схема на разпределението на собствеността във в.з. Горна баня, Столична община-фрагмент [9]

2.2.Нормативни условия – общи положения

Законът за държавната собственост в чл. 2 ясно определя имотите, които представляват изключителна държавна собственост, публична държавна собственост и частна държавна собственост. Публична държавна собственост са: 1. подземните богатства, крайбрежната плажна ивица, републиканските пътища, както и водите, горите и парковете с национално значение, природните и археологическите резервати, определени със закон за изключителна държавна собственост; 2. обектите и имотите, определени със закон или с акт на Министерския съвет за публична държавна собственост; 3. имотите, предоставени на ведомствата за изпълнение на функциите им; 4. имотите от национално значение, предназначени за трайно задоволяване на обществени потребности от национално значение чрез общо ползване, определени от Министерския съвет; 5. урегулираните поземлени имоти, отредени за граничните контролно-пропускателни пунктове, и сградите, построени върху тях.

Частна държавна собственост са всички други имоти - държавна собственост. ЗДС¹ постановява и как те могат да преобразуват своята собственост:

имоти и вещи - публична държавна собственост, които са престанали да имат това качество, се обявяват за имоти и вещи - частна държавна собственост, с решение на Министерския съвет;

имоти и вещи - частна държавна собственост, се обявяват за имоти и вещи - публична държавна собственост, с решение на Министерския съвет;

обектите и имотите - изключителна държавна собственост, не могат да се обявяват за частна държавна собственост.

В своите норми, ЗДС еднозначно определя, че държавните имоти – публична собственост, не могат да бъдат обект на разпореждане². В някои случаи и условия, определени със закон, с решение на Министерския съвет се допуска върху имоти - изключителна и публична държавна собственост, да се учредяват ограничени вещни права, когато това е необходимо за: изграждане на национален обект; трайно задоволяване на обществени потребности и изграждане на линейни обекти на техническата инфраструктура³. Следва да се отбележи, че

¹ чл. 6 ЗДС

² чл. 7, ал. 1 ЗДС

³ чл. 7, ал. 5 ЗДС

ограничените вещни права не могат да се учредяват върху имоти - публична държавна собственост, свързани с националната сигурност и отбраната на страната¹.

Правната уредба за общинската собственост също ограничава разпореждането с нея. Но тук особеното е, че имотите - общинска собственост са предмет на уредба освен на ЗОБС и правилника за прилагането му, на ЗМСМА, но и на специално издадена от кмета наредба за реда за стопанисване, управление и разпореждане с общинското имущество.

Съгласно ЗОБС, общинската собственост също е публична и частна. Публична общинска собственост, съгласно чл. 3, ал. 2 ЗОБС, са: 1. имотите и вещите, определени със закон; 2. имотите, предназначени за изпълнение на функциите на органите на местното самоуправление и местната администрация; 3. други имоти, предназначени за трайно задоволяване на обществени потребности от местно значение, определени от общинския съвет. Частна общинска собственост са всички други общински имоти и вещи. И тук, както при държавните имоти, имотите и вещите - публична общинска собственост, които са престанали да имат предназначението по чл. 3, ал. 2 ЗОБС, се обявяват от общинския съвет за частна общинска собственост. За това е необходимо решение на общинския съвет, прието с мнозинство от две трети от общия брой на съветниците². И съответно, за публична общинска собственост се обявяват имотите и вещите - частна общинска собственост, които са придобили предназначението по чл. 3, ал. 2. Тук решенията на общинския съвет се приемат с повече от половината от общия брой на съветниците.³ По този начин, при необходимост, промяната на правния режим на един имот от публична в частна собственост на общината е значително по-лесноосъществима на местно ниво.

Законът ограничава разпореждането с имотите и вещите - публична общинска собственост – те не могат да се придобиват по давност, не могат да се отчуждават и да се прехвърлят в собственост на трети лица, освен в полза на държавата, при условия и по ред, определени в специален закон, като в тези случаи публичният характер на собствеността не може да се променя от държавата, в чиято полза се прехвърля правото на собственост. Също така, собствеността върху имоти - публична общинска собственост, не подлежи на възстановяване⁴. С имотите, представляващи частна държавна и частна общинска собственост, държавата, съответно общината, поначало се явяват в качеството на обикновен участник в гражданския оборот, като те принципно могат да бъдат обект на разпореждане.

3. ОТРАЖЕНИЕ НА ПЛАНА ПО ЧЛ. 16 ЗУТ ВЪРХУ ПРАВОТО НА СОБСТВЕНОСТ И ДРУГИТЕ ВЕЩНИ ПРАВА

Разглеждането на проблема за приложимостта на устройствения способ по чл. 16 ЗУТ, в зависимост от вида на собственост, предполага най-напред да бъдат очертани принципните (общоприсъщите) материалноправни последици на устройствения способ по чл. 16 ЗУТ.

С плана по чл. 16 ЗУТ поначало не се променят правата на собственост на поземлените имоти, а единствено местоположението, границите и площта им. При урегулиране на територията или на обособена нейна част чрез ПУП по чл. 16 ЗУТ, действителният собственик и съответно действителните титуляри на ограничените вещни и обезпечителните права върху съответния дотогава съществувал неурегулиран (или с неприложена предходна регулация) поземлен имот стават винаги и във всички случаи титуляри на еквивалентно по вид и съдържание вещно или обезпечително право върху новообразувания УПИ, който се отрежда за съответния поземлен имот, дори името на действителния правоимащ да не е фигурирало (да не е било вписано) в кръга на правоимащите лица в помощните материали към плана по чл. 16 ЗУТ, в информационните масиви, използвани в производството по одобряването му и в неговата графична или текстова текст. В т.ч. и дори същият (действителният собственик или носител на друго право) да не е бил конституиран от формалноправно гледище като страна в производството по чл. 16 от ЗУТ.

Този, на когото действително принадлежи съответното субективно материално право (на собственост или друго) върху заварения от плана по чл. 16 ЗУТ поземлен имот, придобива еквивалентно по вид и съдържание субективно материално право върху образувания с плана

¹ Чл. 7, ал. 6 ЗДС

² чл. 6, ал. 3 ЗОБС

³ Чл. 6, ал. 3 ЗОБС

⁴ Вж. чл. 7, ал. 4 ЗОБС

УПИ, отреден за съответния заварен поземлен имот. Това е без оглед на това, кое лице е било вписано като собственик на заварения поземлен имот в кадастралния регистър на недвижимите имоти, в удостоверението за вписвания, отбелязвания и заличавания, в разписните списъци към действащ или предходен кадастрален план или регулационен план и в другите информационни масиви и информационни източници, използвани за индивидуализиране на правоимащите лица.

Един от основните принципи в устройственото планиране, че урегулираните поземлени имоти се отреждат за съответен съществуващ (заварен) поземлен имот, а не за лица (за собственици), и че правните последици на актовете за устройство на територията, включително и на тези по чл. 16 ЗУТ, винаги рефлектират върху правната сфера на действителния правоимащ, дори в текстовата или графична част на акта за одобряване на плана или в помощните материали, на основата на които е проведена процедура по чл. 16 ЗУТ, да се съдържа непълнота или неточност при индивидуализацията на правоимащите лица. Т.е. дори да има грешка или липса на информация за собствениците в графичната или текстовата част, правният ефект на плана остава. Предвиждането на чл. 214, т. 1 ЗУТ, постановява, че актовете за устройство на територията са обжалваеми от всяко физическо или юридическо лице, чиято правна сфера е засегната от акта, дори името му да не фигурира в текста на самия индивидуален административен акт.

Правопогасителен ефект подробният устройствен план по чл. 16 ЗУТ поражда спрямо дотогавашните субективни права само върху онези реални части от заварените поземлени имоти, които части по силата на самия план са включени в регулационните граници на новообразуван с плана УПИ, отреден за поземлен имот на друго лице или са отстъпени в собственост на самата община за осъществяване на нейните публични застроителни мероприятия по ал. 1 на чл. 16 ЗУТ. Законът изрично е предвидил, че общината придобива отстъпените ѝ реални части от наличните поземлени имоти „без вещни тежести“, което следва да се разбира в смисъл, че тя ги придобива без оглед на това, кому е принадлежало дотогава правото на собственост върху тях и че ги придобива без противопоставими материални права на трети лица. В посочения смисъл, също „без вещни тежести“ се придобиват не само отстъпените на общината части от имоти, а включените въобще в границите на чужд новообразуван УПИ реални части от дотогавашните поземлени имоти.

Регулационните линии по плана по чл. 16 ЗУТ с влизането му в сила стават и кадастрални граници и собствеността в новите граници се придобива от деня на влизане в сила на акта на общинския съвет за одобряване на ПУП [2][8].

Съгласно чл. 21, ал. 7 ЗОБС, подробните устройствени планове, с които терени - частна собственост, се отреждат за строителство на обекти на публичната собственост, винаги се одобряват с решение на общинския съвет (ОС), независимо от териториалния им обхват, освен при проектиране на задънени улици. Такъв план е и този, процедиран по правилата на чл. 16 ЗУТ. Решението на ОС за одобряването му съгласно чл. 129, ал. 1 ЗУТ се съобщава чрез публикуване на обявление за него в „Държавен вестник“, откогато по отношение на всички заинтересовани тече срокът за оспорването му.[3]

4. ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПРИЛАГАНЕ НА ЧЛ. 16 ОТ ЗУТ, СПОРЕД ВИДА НА СОБСТВЕНОСТ НА НЕДВИЖИМИТЕ ИМОТИ

Незабавните гражданскоправни последици на плана по чл. 16 ЗУТ поставят проблема, дали наличието на заварени поземлени имоти - държавна или общинска собственост, се отразява по принцип върху възможността за използване на устройствения способ по чл. 16 ЗУТ, и дали такива имоти могат да бъдат подложени на редукция и промяна на местоположението.

4.1. Правни проблеми, свързани с приложимостта на устройствения способ по чл. 16 ЗУТ при наличие на имоти - държавна собственост, в границите на регулираната територия. Правно значение на наличието на по-рано реализирани регулационни мероприятия, довели до възникването на правото на държавна собственост.

Допустимостта на процедурата по чл. 16 ЗУТ, на първо място, изисква липса на реализирани регулационни мероприятия по действащия или по предходните устройствени планове. Тази устройствена процедура е поначало недопустима, ако в обхвата на територията - предмет на урегулиране, е налице прилагане на регулацията (реализирани регулационни мероприятия) по отношение на кой да е от заварените поземлени имоти. За да не бъде актът за

одобряване на плана опорочен поради това, че е одобрен при наличие на инцидентно реализирани в отделни части от територията регулационни мероприятия, в практиката обичайно имотите, създадени посредством или засегнати от вече приложена дотогавашна регулация, биват изрично „изключвани“ от обхвата на устройствената разработка с акта за допускане изработването на плана и в самия акт за одобряването на ПУП. Разпоредбата на § 22, ал. 1, т. 1 ЗР ЗУТ дефинира легално понятието за прилагане на плана по отношение на регулацията, а такова прилагане е налице („а“) с влизане в сила на ПУП по чл. 16 ЗУТ, („б“) със сключването на окончателни договори за прехвърляне на собственост, когато такива се предвиждат, и („в“) с обезщетяване на правоимащите лица по отчуждителното производство. От гледище на дефиницията на § 22, ал. 1, т. 1 ЗР ЗУТ, следва да се приеме, че наличието на поземлен имот - държавна собственост, щом във връзка с придобиването на правото на държавна собственост върху него не са били реализирани в цялост регулационни мероприятия по смисъла на легалната дефиниция, **не формира пречка за осъществяване на устройствената процедура по чл. 16 ЗУТ, нито налага имотът - държавна собственост, да бъде „изключван“ от обхвата на устройственото решение.** Заварен поземлен имот - държавна собственост, обичайно би съставлявал публична държавна собственост тогава, когато генезисът (първоизточникът, правното основание) на правото на държавна собственост е проведено отчуждително производство, като в по-редки случаи е възможно държавата да е придобила собствеността на друго основание, по силата на което имотът първоначално да е станал частна държавна собственост, и със закон или с решение на Министерския съвет да е бил впоследствие обявен за (или на друго основание да е станал) публична държавна собственост.

В много случаи държавата се легитимира като титуляр на право на собственост посредством отчуждителни процедури, започнати при действието на отменен (приет преди ЗДС) нормативен акт. При съобразяване с легалната дефиниция на термина „приложена регулация“ в частта ѝ по т. „в“ на § 22, ал. 1, т. 1 ЗР ЗУТ, която предполага „обезщетяване на правоимащите по отчуждителните производства“, следва да се приеме, че независимо кога и при действието на кой нормативен акт е било иницирано отчуждителното производство, довело до конституирането на правото на държавна собственост, понятието за прилагане на действащия или на предходен устройствен план в частта му относно проектираното с него отчуждаване на частни имоти за изграждането на обекти на публичната собственост би следвало да бъде обвързано **не** с придобиването на правото на собственост от публичноправния субект, а винаги с окончателното уреждане и ликвидиране на финансово-обезщетителните взаимоотношения между отчуждителя и дотогавашния титуляр на отчужденото право по повод на отчуждителното производство и в неговия обхват [1]. Следователно, „приложена регулация“ във връзка с отчуждаване на частни терени за осъществяване на публични застроителни мероприятия, и специално – в хипотезиса на разпоредбата на чл. 16, ал. 1 ЗУТ, би следвало да се тълкува като изцяло завършено (финализирано) отчуждително производство, което предполага осъществено обезщетяване на правоимащите лица по отчуждителното производство. В някои изключителни случаи, особено – при режима на отменения ЗТСУ (отм.), е било възможно завземане на отчуждения имот и инициране на застроителните мероприятия въз основа на строителни книжа, преди още да е обезщетен бившият собственик. В подобни случаи откриване на процедура по чл. 16 ЗУТ също е допустимо, тъй като реализацията на строежи, вкл. – на законни, или наличието на влезли в сила действащи строителни книжа, не изключва допустимостта от инициране и провеждане на процедура по чл. 16 ЗУТ [З.с. 85-87, и цитираната там съдебна практика], а единствено налага на проектанта и на одобряващия орган да съобразяват в графичната основа на плана местоположението на проектирания (бъдещия) строеж съобразно влезлите в сила строителни книжа и това на вече извършения законен строеж (арг. от чл. 125, ал. 5 ЗУТ).

В обобщение, при завършени преди ПУП по чл. 16 ЗУТ отчуждително-обезщетителни процедури, изцяло финализирани с обезщетяване на правоимащите, и възникнало право на публична държавна собственост в резултат на отчуждителното производство, в общия случай биха били налице реализирани регулационни мероприятия в обхвата на територията или обособената нейна част. Реализирани регулационни мероприятия биха били налице и ако по реда на чл. 15, ал. 3 ЗУТ, съответно – на чл. 17, ал. 3 ЗУТ, е бил сключен предварителен договор между държавата и частноправен собственик, по силата на който е решено да бъде изместена общата регулационна граница между имота - частна държавна собственост, и съседния имот - частна собственост, регулационната граница е била изменена на основата на този предварителен договор и е последвало сключване на окончателен договор за прехвърляне на

реалната част, чието прехвърляне е обещано с предварителния договор. В случаи като тези по предходните две изречения, откриването и осъществяването на устройствена процедура по чл. 16 ЗУТ е поначало недопустимо. Законсъобразен би бил обаче – както вече се посочи – актът за одобряване на ПУП по чл. 16 ЗУТ, ако в акта за даване на разрешение за изработване на ПУП и в решението на общинския съвет за одобряването му, имотите - държавна собственост, придобити в резултат на по-рано осъществените регулационни или устройствени процедури, както и засегнатите от проведените такива мероприятия частни имоти, са изрично изключени от обхвата на самата разработка (на самия ПУП).

Удачно предложение за законодателна промяна е въвеждането на изрична нова алинея в текста на чл. 16 ЗУТ, по силата на която, когато в обхвата на територията - обект на урегулиране, са реализирани регулационни мероприятия, но те са незначителни, да бъде допустимо с писменото съгласие на собствениците на имоти, придобити посредством и засегнати от вече реализираните регулационни мероприятия, техните имоти да не бъдат изключвани от обхвата на акта за допускане на устройствената разработка и на самото устройствено решение, но при редуциране по реда на чл. 16 ЗУТ на площта на имотите, засегнати от по-рано реализираните регулационни мероприятия, да бъде отчитан вече реализираният процент отчуждение от съответния поземлен имот преди одобряването на плана по чл. 16 ЗУТ и коефициентът на редукция по чл. 16 ЗУТ на площта на разглежданите имоти да може да бъде по-нисък в сравнение с тези на наличните поземлени имоти, спрямо които до момента не е имало реализация на регулационни мероприятия.

4.2. Правни проблеми във връзка с приложимостта на ПУП по чл. 16 ЗУТ при наличие на имот - държавна собственост, придобит на основание, невключващо прилагане на действащия или на предходен план по отношение на регулацията

При възникване на право на държавна собственост на основание, различно от осъществена в цялост отчуждително-обезщетителна процедура, и щом държавата не е придобила имота и чрез окончателен договор по реда на чл. 15, ал. 4 вр. ал. 3 или чл. 17, ал. 4 вр. ал. 2-3 ЗУТ след сключен предварителен договор, то не е осъществено (липсва) прилагане на устройствен план по отношение на регулацията по смисъла на § 22, ал. 1, т. 1 ЗР ЗУТ, поради което и пречка впоследствие да се извърши устройствено планиране при условията на чл. 16 ЗУТ поначало няма. Затова наличието на такъв поземлен имот - частна държавна собственост, само по себе си не препятства прилагането на устройствения способ по чл. 16 ЗУТ в обхвата на съответната територия, включително – по отношение на държавния имот, и не може да изключи правното му действие, тъй като съществено условие за приложимостта на способа по чл. 16 ЗУТ е да липсват реализирани регулационни мероприятия (да липсва прилагане на действащ или предходен устройствен план по отношение на регулацията) по смисъла на разпоредбата на § 22, ал. 1, т. 1 ЗР ЗУТ. Отсъствие на реализирани регулационни мероприятия би било налице и в случай, че след придобиването му от държавата първоначално в режим на частна държавна собственост без реализирани регулационни мероприятия и преди иницирирането на производството по чл. 16 ЗУТ, имотът - частна държавна собственост, е обявен от закона или от Министерския съвет за публична държавна собственост или е станал такъв поради предоставянето му на държавни ведомства за изпълнение на функциите им. Понеже обявяването със закон или с решение на МС на имот за публична държавна собственост или предоставянето му на ведомство за изпълнение на функциите му не биха могли да бъдат разглеждани като осъществяване на регулационни мероприятия по смисъла на чл. 16, ал. 1 във връзка с § 22 ЗР ЗУТ, то разглежданите категории юридически факти също не биха съставлявали правна пречка пред прилагане на устройствения способ по чл. 16 ЗУТ, включително – и в обхвата на поземления имот, трансформиран междувременно в публична държавна собственост по някой от цитираните начини. По отношение на самия поземлен имот - публична или частна държавна собственост, обаче съществува забрана да бъде подложен на редукция и той или реални части от него да бъдат включени в регулационните граници на УПИ, определен за поземлен имот на друго лице, независимо дали собствеността на държавата продължава да е частна, или междувременно (преди иницирирането на процедурата по чл. 16 ЗУТ) е била трансформирана в публична. Изводът следва преди всичко от разпоредбата на чл. 21, ал. 6 ЗОБС, съгласно която имоти - държавна собственост, не могат да бъдат отчуждавани в полза на общината, като имоти - частна държавна собственост, могат да бъдат прехвърляни от държавата на общината чрез безвъзмезден договор. След като съгласно цитираната

разпоредба не е допустимо да бъдат отчуждавани в общинска полза нито имоти - публична държавна, нито имоти - частна държавна собственост, посредством класическо, нарочно отчуждително производство по ЗОБС, по аргумент от по-силното основание следва да се приеме, че не е допустимо общината и посредством устройствен план по чл. 16 ЗУТ да отчуждава части от държавни имоти - публична или частна собственост, като ги прехвърля в своя полза, или още по-малко – в полза на частноправни субекти. По наше мнение обаче, различна би била степента на опороченост на индивидуалния административен акт за одобряване на ПУП по чл. 16 ЗУТ, с който в нарушение на чл. 21, ал. 6 ЗУТ се размества в пространството или се редуцира площта на заварен имот, когато той е публична държавна собственост, в сравнение с хипотезите, когато имотът, по отношение на който се предприемат подобни промени, е частна държавна собственост. Съгласно чл. 7, ал. 1 ЗДС, имотите - публична държавна собственост, не могат да бъдат предмет на разпореждане и да се придобиват чрез давностно владение. В случай, че след придобиването му от държавата първоначално в режим на частна държавна собственост без реализирани регулационни мероприятия и преди иницирането на производството по чл. 16 ЗУТ, имотът - частна държавна собственост, е обявен от закона или от Министерския съвет за публична държавна собственост или е станал такъв поради предоставянето му на държавни ведомства за изпълнение на функциите им, последицата от разглежданата трансформация на собствеността би била, че имотът, станал междувременно публична собственост, съобразно нормата на чл. 21, ал. 6 ЗОБС и чл. 7, ал. 1 ЗДС при никакви обстоятелства няма да може да бъде редуциран от гледище на квадратура и реални части от разглеждания поземлен имот няма да бъде допустимо да бъдат включвани в регулационните граници на новообразуван УПИ, определен за поземлен имот на друго лице или на самата община. Предвид принципната невъзможност за разпореждане с публична собственост, следва да се приеме, че ако с административния акт за одобряване на ПУП по чл. 16 ЗУТ се предвижда редукция на площта на имота - публична собственост на държавата, и/или включване на цялата или на част от него в границите на новообразуван УПИ, определен за поземлен имот на общината или на частен собственик, актът би бил изцяло нищожен – постановен изцяло извън предпоставките на чл. 21, ал. 6 ЗОБС и чл. 7, ал. 1 ЗДС. Изводът е, че при сега действащата нормативна уредба, ако заварен поземлен имот е публична държавна собственост, единствената възможност за общината да реконфигурира имота е по пътя на сътрудничеството с централната изпълнителна власт, при условие, че статутът на имота позволява с акт на Министерския съвет той да бъде обявен за частна държавна собственост: общината ще следва предварително да предложи и издейства решение на правителството за трансформиране на имота в частна държавна собственост, евентуално – и акт-съгласие за редукция и/или за разместването на УПИ, отреден за него.

По-различно би било положението, ако завареният имот на държавата е нейна частна собственост. Ако с ПУП по чл. 16 ЗУТ се извършва редукция на площта на поземлен имот - частна (не публична) държавна собственост, или част от него бива инкорпорирана в УПИ на друго, без да е налице предварително дадено писмено съгласие от държавата за това, то актът на общинския съвет, по наше мнение, отново би бил порочен поради нарушение на чл. 21, ал. 6 ЗОБС, обаче само до степен на отменяемост (незаконосъобразност в тесен смисъл), а не на нищожност. В разглежданата хипотеза чл. 7, ал. 1 ЗДС не е приложим, а нарушението на материалния закон по чл. 21, ал. 6 ЗОБС не би могло да бъде разглеждано като толкова съществено, че изначално да компрометира правната годност на властническото изявление да породи присъщия си правен ефект. Поради това и по пътя на премерената аналогия следва да се приеме, че неподаването на жалба от страна на държавата против акта за одобряване на ПУП по чл. 16 ЗУТ, с който в нарушение на чл. 21, ал. 6 ЗОБС части от заварени имоти - частна държавна собственост, се включват в границите на чужд УПИ или се отстъпват на самата община по реда на чл. 16 ЗУТ, би могъл от определено гледище да бъде тълкуван като мълчаливо съгласие с преминаването на собствеността върху разглежданата реална част в чуждата правна сфера. Затова, ако не бъде подадена своевременно жалба против административния акт за одобряване на такъв ПУП, той влиза в сила и поражда в цялост целените правни последици.

Съгласно горното, може да се обобщи, че наличието на поземлен имот - публична държавна собственост, придобит на основание, невключващо реализация на регулационни мероприятия, не е пречка да се предприеме процедура по чл. 16 ЗУТ, включително – и в обхвата на самия държавен имот, но е пречка за редукция и друга промяна в границите и площта му.

Удачно предложение за законодателна промяна е да бъде премерено смекчена забраната за разпореждане с държавни имоти по чл. 21, ал. 6 ЗОБС чрез промени в чл. 16 ЗУТ: Общината да може да предлага на Министерския съвет трансформация на публичен в частен държавен имот, когато това е необходимо за реализация на ПУП. Да се допуска редукция и/или да се променя местоположението на на УПИ с изрично предварително съгласие на МС при частна държавна собственост.

Обобщено възможните хипотези и ответните решения и действия са представени в табл. 1.

Таблица. 1. Възможни хипотези и ответни решения при прилагане на ПУП по чл. 16 от ЗУТ за държавни имоти.

Критерий	Приложена регулация (чл. 16, § 22 ЗР ЗУТ)	Неприложена регулация (чл. 16 ЗУТ при държавна собственост без отчуждаване)
Основание за държавна собственост	- Изцяло завършено отчуждително производство (вкл. обезщетяване); или - Реализирана промяна с договор по чл. 15/17 ЗУТ (между имоти-частна държавна собственост и частна собственост на ФЛ, ЮЛ или община)	Липсва реализирана в цялост отчуждителна процедура, както и липсва извършена процедура с договор по чл. 15/17 ЗУТ.
Наличие на „приложена регулация“	Да, налице е приложена регулация (§ 22, ал. 1, т. 1, б. „в“ и „б“)	Не, липсват реализирани регулационни мероприятия
Статут на имота	- Имот, придобит чрез завършена отчуждителна процедура е публична държавна собственост; - При извършена промяна с договор по чл. 15/17 ЗУТ на обща граница между имоти частна държавна собственост и частна собственост на ФЛ, ЮЛ или община, държавният имот-предмет на този договор, е, и остава частна държавна собственост.	- Публична държавна собственост (ако е обявен от закона или от МС за публична държавна собственост, или е предоставен на държавно ведомство за изпълнение на функциите му); или - Частна държавна собственост-ако липсва основание имотът да има статут на публична държавна собственост.
Възможност за прилагане на чл. 16 ЗУТ	✗ Недопустимо по принцип-територията вече е обхваната от приложена регулация; Конкретният имот, обхванат от приложената регулация, трябва да бъде изключен от обхвата.	✓ Допустимо — липсват пречки за устройствено планиране по чл. 16 ЗУТ, но с ограничения във връзка с възможността на урегулиране на държавния имот.
Възможност за редукция на площта на държавния имот или включване на част от него в границите на чужд УПИ	✗ Не - приложената регулация, довела до придобиването на собствеността върху имота или засегнала неговите настоящи граници (конфигурация), изключва повторното му урегулиране с план по чл. 16 от ЗУТ.	1. Ако имотът е публична държавна собственост, площта му не може да бъде редуцирана и реални части от него не могат да бъдат включвани в чужд УПИ. В противен случай актът на ОС би бил нищожен (чл. 21, ал. 6 ЗОБС; чл. 7, ал. 1 ЗДС) 2. Ако имотът е частна държавна собственост, площта му не може да се редуцира и реални части от него не могат

Критерий	Приложена регулация (чл. 16, § 22 ЗР ЗУТ)	Неприложена регулация (чл. 16 ЗУТ при държавна собственост без отчуждаване)
		да бъдат включвани в чужд УПИ (предвид чл. 21, ал. 6 ЗОБС), обаче при нарушение на разглежданата забрана актът на ОС би бил само отменяем (унищожаем), поради което при липса на своевременно обжалване на плана той влиза в сила и поражда правно действие.
Особености, ако регулационното мероприятие е започнало преди ЗУТ	Възможна е процедура по чл. 16, ако строежите на обекти на публичната собственост са започнали, вкл. и ако държавата е придобила собствеността (напр. – по реда на ЗТСУ (отм.)), щом правоимащите още не са обезщетени.	Няма пречка

4.3. Правни проблеми, свързани с приложимостта на устройствения способ по чл. 16 ЗУТ при наличие на имоти - общинска публична или общинска частна собственост, в границите на подлежащата на урегулиране територия

Във връзка със значението на наличие на поземлен имот - общинска собственост, в границите на територията, която бива подложена на регулация при условията на чл. 16 ЗУТ, то в сила е, на първо място, казаното по-горе във връзка с възможността за урегулиране по чл. 16 ЗУТ на територия, част от която е заета от държавен имот: ако напълно отсъстват реализирани регулационни мероприятия по действащия и по предходните устройствени планове в обхвата на територията - предмет на плана по чл. 16 ЗУТ (тоест – ако е налице имот - публична общинска или частна общинска собственост, във връзка с придобиването на собствеността върху който не са били реализирани регулационни мероприятия), не съществува пречка за осъществяване на устройствената процедура по чл. 16 ЗУТ, включително – и по отношение на заварения общински имот.

При положение, че общината е придобила правото на собственост първоначално в режим на частна собственост и щом не е придобила имота и чрез окончателен договор по реда на чл. 15, ал. 5 вр. ал. 3 или чл. 17, ал. 5 вр. ал. 2-3 ЗУТ, след сключен предварителен договор, в сила е приетото по-горе, че последващото преобразуване на такъв частен общински имот в публична общинска собственост не съставлява реализиране на регулационни мероприятия и следователно не формира пречка пред използването на устройствения способ по чл. 16 ЗУТ.

Във всеки случай, когато във връзка с придобиването на правото на собственост от страна на общината не са били осъществени регулационни мероприятия (а такива липсват при придобиване от общината на терен, включен в УПИ, отреден за общински застроителни мероприятия, на основание, различно от инвестиционно отчуждаване [1], отсъстват и пречки за одобряване на ПУП по чл. 16 ЗУТ.

Валиден е въпросът, дали по отношение на такъв имот, ако той е публична общинска собственост, е налице забрана за промяна в границите му и редуциране на площта и вклщчване в границите на новообразуван УПИ. Отговорът е в това дали имотът е публична общинска собственост, защото е обявен от закона за такъв или поради взето решение от общинския съвет, евентуално – по силата на факта, че е предоставен на орган на местното самоуправление за осъществяване на функциите му. Възможно е основанието за статута на имота като публична общинска собственост да е законова разпоредба, но в същото време да отсъства разпоредба, която изрично да забранява обявяването ѝ за частна общинска. Ако с акта за одобряване на ПУП, одобрен на основание чл. 16 ЗУТ, част от имот - общинска собственост, явяващ се такъв по силата на закона и за който законът забранява обявяването му за частна общинска

собственост, е включен в регулационните граници на УПИ, отреден за имот на друго лице, актът ще е нищожен. Но при отсъствие на императивна материалноправна разпоредба, която изрично да забранява обявяването на имот - публична по силата на закона общинска собственост, за частна собственост на общината, то във властта на общинския съвет е да вземе решение за разпореждане с общинския имот – публична собственост, включително – и по регулационен ред (т.е., с план по чл. 16 ЗУТ).

Такова решение на общинския съвет за обявяването на имота за частна общинска собственост би могло, от една страна, да бъде изрично гласувано най-късно в деня на самото решение на ОС за одобряване на ПУП, тоест – волята на общинския съвет може да бъде експлицитно формирана. Но валидно решение на общинския съвет за трансформиране на вида общинска собственост от публична в частна и за разпореждане с нея би следвало да се смята, че е имплицитно взето и че също е налице, ако със самото решение на общинския съвет за одобряване на ПУП по чл. 16 ЗУТ, с което се извършва включване на част от поземления имот-публична общинска собственост, в границите на УПИ на друго лице, са спазени по същество изискванията за вземане на нарочно самостоятелно валидно решение за обявяване (преобразуване) на общинската собственост от публична в частна. В такава хипотеза също е налице формирана воля от страна на общинския съвет и разпореждането с имота, съставлявал дотогава публична общинска собственост – чрез включване на целия или на част от него в обхвата на отреден за друго УПИ, има правна сила.

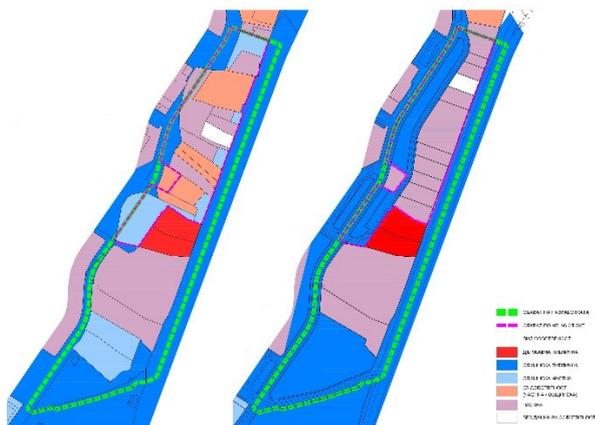
Обобщено възможните хипотези и ответните решения и действия са представени в табл.

2.

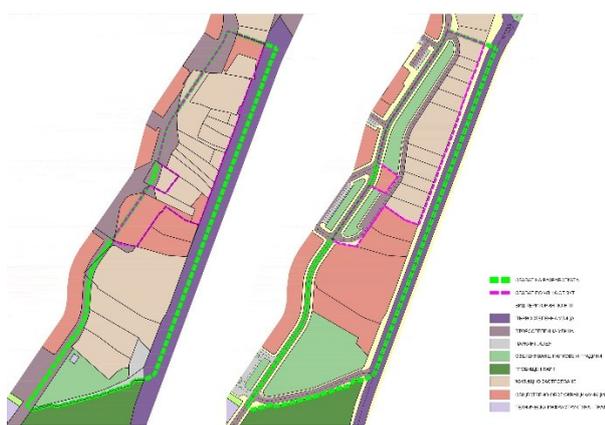
Таблица 2. Възможните хипотези и ответните решения и действия

Критерий	Условия / Хипотези	Възможност за прилагане на чл. 16 ЗУТ	Забележка
Реализирани регулационни мероприятия	Да – налице са реализирани мероприятия по действащ или предходен план	<input checked="" type="checkbox"/> Не може да се прилага чл. 16 ЗУТ	Територията вече е „уредена“ по смисъла на § 22 ЗР ЗУТ
	Не – няма реализирани мероприятия	<input checked="" type="checkbox"/> Допустимо	Включително и за заварени имоти – публична или частна общинска собственост
Основание за възникване на правото на общинска собственост	Чрез отчуждаване или договор по чл. 15/17 ЗУТ	<input checked="" type="checkbox"/> Не – има реализирана регулация	Имотът е част от вече приложен ПУП
	На друго основание (напр. решение на ОС, акт за общинска собственост, замяна и др.)	<input checked="" type="checkbox"/> Да	Не се счита за реализирано мероприятие
Статут на имота към момента	Частна общинска собственост	<input checked="" type="checkbox"/> Да	Без ограничения
	Публична общинска собственост – по решение на ОС	<input checked="" type="checkbox"/> Да, при условие, че ОС я обяви за частна	Може да се направи едновременно с решението за ПУП
	Публична общинска собственост – по силата на закон, който забранява трансформация	<input checked="" type="checkbox"/> Не	Промяната на граници или включване в чужд УПИ води до нищожност

Критерий	Условия / Хипотези	Възможност за прилагане на чл. 16 ЗУТ	Забележка
Решение на общинския съвет	Изрично решение за преобразуване (публична → частна)	<input checked="" type="checkbox"/> Валидно	Ако се приеме преди или едновременно с ПУП
	Мълчалива (имплицитна) воля – чрез самото одобряване на ПУП	<input checked="" type="checkbox"/> Валидно, ако са спазени изискванията	Смята се, че е изразена воля за преобразуване



Фиг. 3. Преобразуване на собствеността след прилагане на чл. 16 от ЗУТ



Фиг.4. Преобразуване на НТП след прилагане на чл. 16 от ЗУТ

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Устройственият способ по чл. 16 ЗУТ е инструмент, с последици върху вещноправната сфера, като неговото прилагане води до промяна на граници, местоположение и площ на поземлените имоти, но без да се засяга самото право на собственост – освен в случаите, в които части от имоти се отстъпват за публични нужди. Основният принцип е, че урегулираните поземлени имоти се отреждат не за конкретно лице, а за съществуващ недвижим имот, независимо от данните в помощните материали и административните актове.

При наличие на имоти – държавна или общинска собственост – приложимостта на чл. 16 ЗУТ зависи от това дали са били реализирани регулационни мероприятия по смисъла на § 22, ал. 1, т. 1 от ЗР на ЗУТ. Ако такива са налице, те изключват възможността за ново урегулиране чрез чл. 16 ЗУТ, освен ако засегнатите имоти бъдат изключени от обхвата на ана. При липса на такива мероприятия, няма пречка за прилагане на процедурата, включително спрямо самите държавни или общински имоти.

Съществуват обаче съществени правни ограничения, свързани с възможността за редуция или промяна на границите на имоти – публична държавна или публична общинска собственост. Такива действия са забранени от действащото законодателство и при тяхното извършване съответният ПУП би бил изцяло нищожен. По-различен е режимът за частна държавна или общинска собственост, където при липса на писмено съгласие от съответния публичноправен субект актът би бил само отменяем.

С оглед на разгледаните проблеми, целесъобразно е да се обсъдят законодателни промени, които да предвидят изрична възможност за участие на публичните собственици (държава или община) в процедурата по чл. 16 ЗУТ чрез предварително писмено съгласие, както и опростена процедура за трансформация на публична в частна собственост при нужда от регулационни промени на имотите в обществен интерес. Това би осигурило по-голяма гъвкавост на устройственото планиране, при същевременно гарантиране на законосъобразност и защита на вещните права.

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Бакалова, В., „Актуални въпроси на прилагане на уличната регулация и повишената стойност на урегулираните имоти“, сп. „Собственост и право“ /2024 . 64-65
2. Додов, А., „Вещноправно действие на производствата по отчуждаване за държавна и общинска нужда, по френското и българското право“, Търговско право“, 2024. 2. 71-75
3. Додов, А., „Преобразуване на правата върху поземлените имоти при подробен устройствен план по чл. 16 от ЗУТ“ (I част), сп. „Собственост и право“, /2025. 8. 68
4. Закон за държавната собственост, обнародван.ДВ. бр.44 от 21 Май 1996 г., в сила от 01.06.1996 г.
5. Закон за общинската собственост, обнародван. ДВ. бр.44 от 21 Май 1996 г., в сила от 01.06.1996 г.
6. Закон за устройство на територията, обн., ДВ, бр. 1 от 2001 г.
7. ОП Софияплан. 2019. Анализ на видовете собственост на земята в Столична община <https://sofiaplan.bg/portfolio/sobstvenost/>
8. Ярловска, Н., „Проблеми, предизвикателства, решения при първа регулация в устройственото планиране (Подробни устройствени планове по чл. 16 от ЗУТ)“, С., 2023 г., с. 67-68, 94
9. <https://kais.cadastre.bg>

АДРЕСИ НА АВТОРИТЕ

1. Доц. д-р инж. Надежда Ярловска

Университет по архитектура строителство и геодезия
Бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1164, България
Геодезически факултет, Кат. „Устойчиво земеползване
и управление на имоти“

jarlovska_fgs@uacg.bg

njarlovska@mail.bg

2. Атанас Додов,

УНСС

ПРИЛАГАНЕ НА МНОГОКРИТЕРИАЛЕН АНАЛИЗ ЗА УСТОЙЧИВО ПЛАНИРАНЕ НА ТЕРИТОРИИТЕ

Ас. инж. Бисера Иванова, УАСГ

РЕЗЮМЕ

Устойчивото планиране на териториите изисква интегрирани методи, които обединяват екологични, икономически и социални критерии в процеса на вземане на решения. Настоящият доклад представя подход за прилагане на многокритериален анализ за вземане на решения (MCDA) в подкрепа на устойчивото устройствено планиране, с акцент върху метода Analytic Hierarchy Process (AHP) за структуриране и приоритизация на факторите. Методологичният подход включва формулиране на критерии, изграждане на йерархичен модел, експертно претегляне чрез сравнения по двойки и нормализация чрез benefit-cost подход за съпоставимост на хетерогенни показатели. Интегрирането на AHP в географска информационна система (ГИС) позволява пространствено претегляне и визуализация на резултатите под формата на карти. Направените изводи показват, че AHP осигурява проследим и количествено обоснован избор между алтернативни териториални решения, подпомага прозрачността на планирането и повишава аргументираността при управлението на ресурсите. Представената рамка очертава потенциала на MCDA за усъвършенстване на методическите подходи към устойчивото устройствено планиране.

Ключови думи: устойчиво планиране; MCDA; AHP; ГИС; пространствен анализ; устройствено планиране; устойчиво развитие.

APPLYING MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS (MCDA) FOR SUSTAINABLE SPATIAL PLANNING

Senior Assist. Eng. Bisera Ivanova, UACEG

SUMMARY

Sustainable territorial planning requires integrated methods that combine environmental, economic, and social criteria within the decision-making process. This report presents an approach for applying Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) in support of sustainable spatial planning, with a particular focus on the Analytic Hierarchy Process (AHP) for structuring and prioritizing factors. The methodological framework includes the formulation of criteria, construction of a hierarchical model, expert weighting through pairwise comparisons, and normalization using the benefit–cost approach to ensure comparability among heterogeneous indicators. Integrating AHP within a Geographic Information System (GIS) enables spatial weighting and visualization of the results in the form of suitability maps. The findings indicate that AHP provides a traceable and quantitatively grounded basis for selecting among alternative territorial solutions, enhances planning transparency, and strengthens the justification of resource-management decisions. The presented framework highlights the potential of MCDA to advance methodological approaches to sustainable spatial planning.

Keywords: sustainable planning; MCDA; AHP; GIS; spatial analysis; spatial planning; sustainable development.

1. УСТОЙЧИВО ПЛАНИРАНЕ НА ТЕРИТОРИИТЕ

Устойчивото планиране на териториите изисква интегрирани методи, които отчитат екологични, икономически и социални аспекти в процеса на вземане на решения. Терминът *устойчиво развитие* се превръща във водещ принцип на пространствените и секторните политики на Европейския съюз и ООН. Според класическата дефиниция устойчивото развитие „удовлетворява потребностите на настоящето, без да възпрепятства възможностите на бъдещите поколения да удовлетворяват техните собствени нужди“. [2]

Необходимостта от устойчиво планиране произтича от съвкупността от глобални тенденции – ускорени темпове на урбанизация, натиск върху природните ресурси, ограничения капацитет на земната повърхност и задълбочаващите се климатични промени. Прогнозите на ООН посочват, че до 2050 г. близо 70% от населението в света ще живее в градове [7], което ще доведе до засилване на териториалните конфликти между урбанизация, земеделие и природни екосистеми. Тези процеси изискват систематични решения за развитието на териториите – както по отношение на ресурсната ефективност, така и по отношение на адаптацията и устойчивостта на екосистемите към климатичните промени [4].

2. НЕОБХОДИМОСТ ОТ МНОГОКРИТЕРИАЛЕН ПОДХОД ПРИ УСТРОЙСТВЕНОТО ПЛАНИРАНЕ

Ключов инструмент за интегриране на принципите на устойчивото развитие в управлението на териториите е устройственото планиране. В България то е регламентирано със Закона за устройство на територията (ЗУТ) и формира пространствената политика на териториалните единици. Общите устройствени планове (ОУП) определят общата структура на територията, преобладаващото предназначение, устройствените режими, съвместяването на различни функции и връзките между тях. Те обхващат широк спектър от елементи – урбанизирани, земеделски и горски територии, защитени зони, територии с културно-историческо наследство, транспортна и инженерна инфраструктура, както и територии с различна степен на уязвимост. ОУП се разработват на основата на комплексни анализи (социално-икономически, демографски, екологични, инженерно-геоложки, инфраструктурни и териториални) и подлежат на екологична оценка, като процесът включва и обществени обсъждания, гарантиращи участие на заинтересованите страни. [1]

Характерът и обхватът на тези анализи показват, че устройственото планиране неизбежно включва съгласуване на множество взаимосвързани фактори и конкуриращи се интереси – между урбанизация и земеделие, икономическо развитие и опазване на природните ресурси, инфраструктурни нужди, ландшафтни и културни ценности. Това налага използване на аналитични инструменти, които обработват хетерогенни данни, отчитат сложните взаимодействия между ограничения и потенциали и подпомагат аргументирани решения.

3. СЪЩНОСТ И ВИДОВЕ МЕТОДИ ЗА МНОГОКРИТЕРИАЛЕН АНАЛИЗ ЗА ВЗЕМАНЕ НА РЕШЕНИЯ

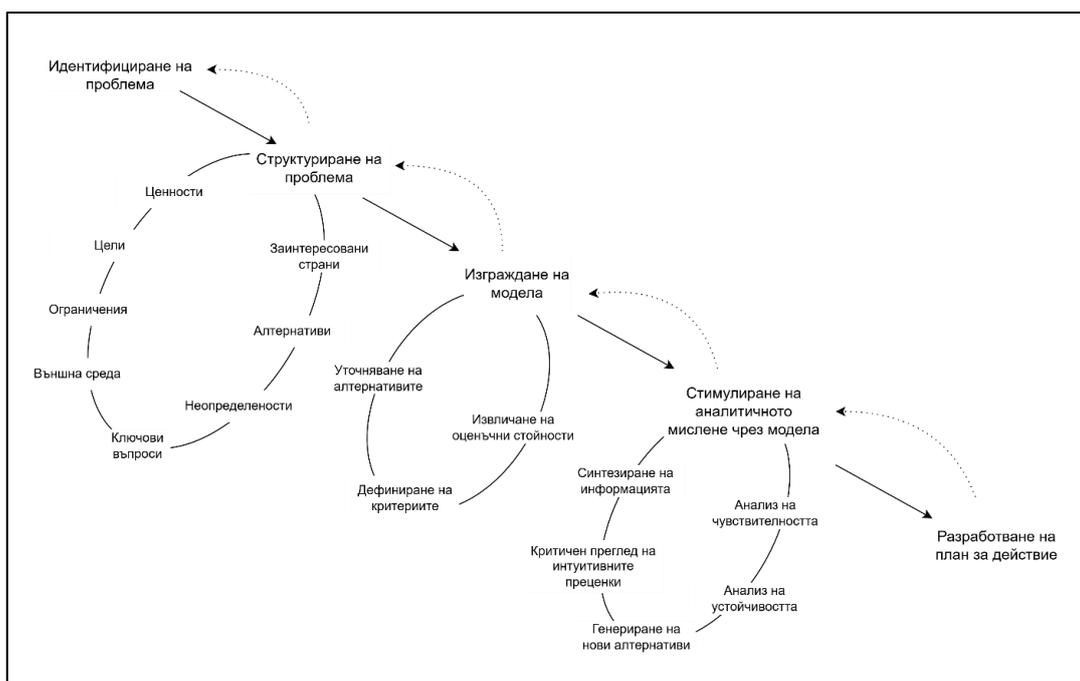
Многокритериалният анализ за вземане на решения (MCDA¹) представлява утвърден аналитичен подход за оценяване на сложни проблеми чрез съпоставяне на множество хетерогенни критерии. В съвременните управленски и научни практики MCDA е широко използван поради способността си да обединява различни типове данни – количествени, качествени, експертни, статистически и пространствени – и да подпомага вземането на решения в условия на несигурност, противоречиви цели и наличие на множество заинтересовани страни [8].

Основното предимство на подхода произтича от възможността за структуриране на комплексни проблеми в ясно дефинирана система от критерии, трансформиране на различните скали на измерване в съизмерими единици, определяне на тегла според значимостта на

¹ Multi-Criteria Decision Analysis

факторите и прилагане на алгоритми за класифициране и избор на най-подходящата алтернатива. Тази способност за съпоставяне на критерии от различни направления – екологични, социални, икономически или пространствени – е особено ценна при устройственото планиране, в което конфликтът между интереси и ограничения е присъща характеристика [9].

Процесът на вземане на решения, представен на фиг. 1, включва последователно преминаване през няколко етапа: идентифициране на проблема, структуриране на ключовите елементи, създаване на аналитичен модел, критичен анализ и разработване на практически приложим план за действие. В рамките на този цикъл се уточняват цели, ценности, ограничения, заинтересовани страни и алтернативи, които впоследствие се трансформират в критерии и модели за оценка. Процесът е итеративен – на всяка стъпка се осъществява връзка назад към предходните етапи с цел подобряване на формулировките, повишаване на стабилността на решенията и изпитване на тяхната чувствителност [3]. По този начин се гарантира, че крайният избор е логически обоснован и устойчив спрямо неопределеностите на реалната среда.



Фиг. 1. Процесът на MCDA (адаптирано по [3]; превод: Бисера Иванова)

В международната практика подходът MCDA се прилага успешно в области като управление на земеползването, оценка на въздействието върху околната среда, управление на ресурси и устройствено планиране, благодарение на адаптивните методи, които предлага. Това го прави особено подходящ подход за вземане на решения в процеса на устройствено планиране в България, като подпомага интегрирането на експертни оценки с обществените предпочитания, минимизира субективността в оценяването и създава условия за научно обосновано и устойчиво проектиране на устройствените решения.

4. МЕТОДЪТ ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

4.1. Изграждане на модела

Един от най-разпространените методи за многокритериален анализ е Процесът на аналитична йерархия (Analytic Hierarchy Process – AHP), разработен от Томас Саати. Методът разглежда сложния проблем като система от взаимосвързани елементи, подредени в йерархичен модел, който позволява анализът да се извършва последователно – от общата цел към групите критерии и специфичните показатели. По този начин субективните експертни оценки се превръщат в количествени резултати, организирани в проследима структура.

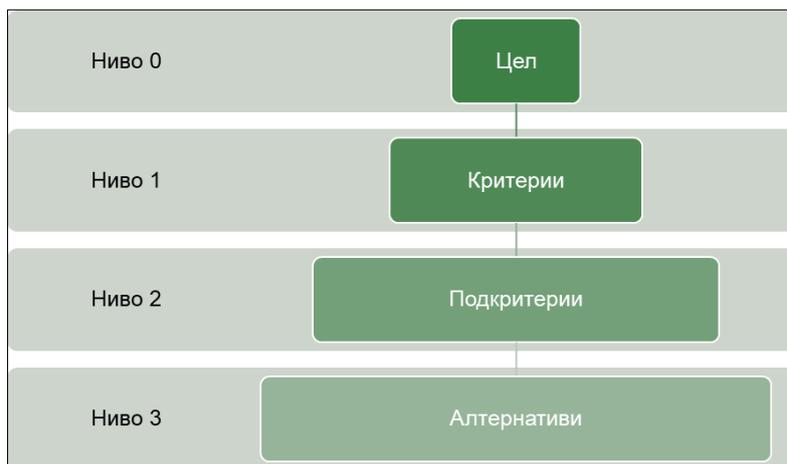
Основен етап от прилагането на метода AHP е дефинирането и структурирането на критериите, участващи в процеса на оценка. В контекста на устойчивото устройствено

планиране критериите могат да произтичат от различни тематични направления – екологични, социални, икономически и пространствени фактори. Формирането им следва едновременно да отразява концептуалната рамка на планирането и реалните изисквания за балансирано развитие на териториите.

Йерархичният модел, представен на фиг. 2, включва три нива, които могат да бъдат разширени в зависимост от сложността на проблема:

- (1) общата цел на анализа;
- (2) критерии;
- (3) подкритерии, описващи отделните аспекти на оценявания проблем.

Такъв тип структуриране осигурява логическа яснота и последователно оценяване чрез сравнения, като ограничава необходимостта от разглеждане на множество зависимости едновременно. В допълнение, йерархичният модел улеснява интегрирането на експертни мнения и повишава съгласуваността на резултатите в следващите етапи.



Фиг. 2. Йерархичен модел на АНР

4.2. Определяне на тежестите на всеки елемент от модела

АНР използва сравнения по двойки на всяко йерархично ниво, посредством които се оценява относителната значимост на всеки критерий спрямо останалите в рамките на едно конкретното ниво. За целта се използва деветстепенната скала на Саати, представена в табл.1. Следва нормализиране и осредняване на оценките, от които се изчисляват тежести, отразяващи приноса на отделните критерии към целта. Надеждността на оценките се проверява чрез коефициент на консистентност (CR), който позволява проследяване на логическата зависимост на поставените оценки и преразглеждането на отделни сравнения при необходимост. Теоретичната структура на метода е представена в табл. 2. [5]

Таблица 1. Деветстепенната скала на Саати [5]

Интензитет на важност	Определение
1	Еднаква важност
3	Донякъде по-важно
5	Значително по-важно
7	Много по-важно
9	Абсолютно по-важно
2, 4, 6, 8	Междинни стойности

Таблица 2. Теоретичната структура на метода АНР

Етап	Описание	Формула/метод	Резултат
1. Дефиниране на йерархията	Определяне на цел, критерии и подкритерии.	–	Структура на проблема
2. Сравнение на критериите по двойки	Експертна оценка на относителната важност на критериите по скалата на Саати (1–9).	$A = [a_{ij}]$, където $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$, $a_{ii} = 1$.	Матрица на сравненията
3. Проверка на съгласуваност на преценките	Проследяване на логическата зависимост при сдвоените сравнения	$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$, $CR = \frac{CI}{RI}$	Надеждност на преценките (при $CR \leq 0.1$)
4. Изчисляване на тежестите на всеки критерий	Нормализиране на колоните на матрицата и осредняване на редовете.	$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$	Вектор с относителни тежести w_i
5. Изчисляване на крайните тежести	Комбиниране на тежестите от всички нива на йерархията.	$w_{global,i} = w_{local,i} * w_{parent}$ $w_{global,i}$ – глобална (крайна) тежест на елемента i ; $w_{local,i}$ – локална тежест на елемента i в рамките на йерархичното ниво; w_{parent} – тежест на критерия, към който принадлежи елемента;	Краен приоритет на критериите

4.3. Нормализация и оценка на алтернативите

Следващата стъпка при прилагане на метода АНР е всяка алтернатива – в случая териториални единици или сценарий – да бъде оценена спрямо всеки критерий от предходното йерархично ниво. Тази процедура осигурява сравнимост между различните показатели, първоначално изразени в несъпоставими мерни единици.

За тази цел се прилага нормализация на реалните стойности по унифицирана скала чрез подхода *benefit–cost*¹. В редица примери за прилагане на АНР в контекста на планиране на територии се въвеждат самостоятелни локални скали за оценяване за всеки критерий, които преобразуват реалните единици в относителна стойност. Смесването на критерии от тип *benefit* и *cost* без предварителна трансформация може да доведе до логическа несъгласуваност и изкривяване на крайната оценка. [6]

¹ *Benefit* критерии: оценяват се във възходящ ред (по-висока стойност = по-висок приоритет).
Cost критерии: оценяват се в низходящ ред (по-висока стойност = по-нисък приоритет)

За намаляване на субективността при оценяване на алтернативите се препоръчва нормализация на реалните стойности по унифицирана скала, при която стойностите на всички критерии се преобразуват в тип benefit чрез скала от 0 до 1:

▪ критерии от тип *полза* (benefit criteria), при които по-високите стойности са по-благоприятни:

$$(1) \quad R_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{i,\min}}{X_{i,\max} - X_{i,\min}};$$

▪ критерии от тип *разход* (cost criteria), при които по-ниските стойности са предпочитани

$$(2) \quad R_{ij} = \frac{X_{i,\max} - X_{ij}}{X_{i,\max} - X_{i,\min}},$$

където R_{ij} е нормализирана стойност за критерий i и алтернатива j ; X_{ij} е реалната стойност; $X_{i,\max}$, $X_{i,\min}$ са максимална и минимална стойност в извадката.

Крайна интегрирана оценка за алтернатива j се изчислява като претеглена сума:

$$(3) \quad S_j = \sum_{i=1}^n w_{global,i} * R_{ij},$$

Полученият резултат представлява интегриран индекс, който отразява степента, до която дадена алтернатива удовлетворява целта на анализа. Индексът може да се използва за класиране, категоризиране или зонироване на територии, както и като основа за картографиране в последващи пространствени анализи.

5. ИНТЕГРАЦИЯ НА АНР С ГИС ПРИ УСТРОЙСТВЕНОТО ПЛАНИРАНЕ

Интегрирането на метода АНР с географските информационни системи (ГИС) представлява утвърдена методология за пространствен многокритериален анализ. ГИС осигурява необходимата среда за визуализиране, обработка и комбиниране на пространствени данни, а АНР – количествена рамка за определяне на относителните тежести на критериите. Чрез тяхното интегриране се изгражда последователен аналитичен модел, който позволява пространствено обоснована оценка на територии и избор на оптимални алтернативи.

Процедурата по съвместяване [10] включва:

- (1) Пространствено моделиране на критериите чрез отделни растерни или векторни слоеве;
- (2) Преобразуване на всеки векторен слой в растерен;
- (3) Нормализиране на стойностите в единна скала;
- (4) Прилагане на глобалните тегла, изчислени чрез АНР;
- (5) Обединяване на критериите в интегриран резултат (Weighted Overlay);
- (6) Генериране на карта, визуализираща относителния приоритет на териториите според дефинираната цел на метода АНР.

Комбинираният метод позволява обработване на хетерогенни данни, автоматизиране на изчисленията и проследимост на резултатите. Качеството на анализа зависи от точността на входните слоеве, коректното нормализиране и прецизното определяне на теглата. По тази причина добрата практика включва анализ на чувствителността с цел оценка на устойчивостта на резултатите.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Устойчивото устройствено планиране изисква аналитични инструменти, които едновременно да обработват хетерогенни данни, да отразяват сложните взаимодействия в територията и да подпомагат аргументирани решения. Представеният доклад очертава възможностите на многокритериалния анализ за вземане на решения (MCDA) и конкретно на метода АНР като ефективна рамка за структуриране на проблеми, определяне на относителни приоритети и намаляване на субективността при оценяването.

Интеграцията на АНР с географски информационни системи (ГИС) допълнително разширява аналитичния потенциал на метода, като позволява пространствено представяне на

критериите, класифициране на териториите и визуализиране на алтернативи чрез тематични карти. Получените карти на пригодност съчетават количествената оценка на MCDA с пространствените данни в ГИС, което подпомага вземането на решения в условия на конфликтни интереси, ресурсни ограничения и значими екологични рискове.

В заключение, приложената рамка демонстрира, че MCDA–АHP, интегриран в ГИС среда, представлява надежден и прозрачен инструмент за устойчиво планиране на териториите. Той съчетава научната аргументация с практическите потребности на устройственото планиране, като подпомага разработването на по-ефективни, обосновани и устойчиви териториални решения.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Закон за устройство на територията. Обн. ДВ, бр. 1 от 2 януари 2001 г.; доп. ДВ, бр. 86 от 13 октомври 2023 г.
2. Комисия по околна среда и развитие към ООН. *Нашето общо бъдеще (Our Common Future)*. Доклад на Световната комисия по околна среда и развитие. ООН, 1987.
3. Belton, V. & T. J. Stewart. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.
4. European Environment Agency. *The European environment — state and outlook 2020: Knowledge for transition to a sustainable Europe (SOER 2020)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019.
5. Saaty, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 1990, 9–26.
6. Triantaphyllou, E. Impact of aggregating benefit and cost criteria in four MCDA methods. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 52(2), 2005, 213–226.
7. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. New York: United Nations, 2019.
8. Wang, J. J., Y. Y. Jing, C. F. Zhang & J. H. Zhao. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2009, 2263–2278.
9. Zyoud, S. H. & D. Fuchs-Hanusch. A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. *Expert Systems with Applications*, 78, 2017, 158–181.
10. https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/multi_criteria_overlay.html (Посетен на 17.08.2025)

АДРЕС НА АВТОРА

1. Ас. инж. Бисера Иванова
Университет по архитектура строителство и геодезия
Бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1164, България
Тел: +359 888 495 500
b.ivanova_fgs@uacg.bg.

ОБЩЕСТВЕН ПРИНОС В ЕФЕКТИВНО ИЗГРАЖДАНЕ НА ГРАДОВЕТЕ

Проф. д-р инж. Кристина Микренска, д-р инж. Габриела Симеонова, инж. Иван Маринов, УАСГ

РЕЗЮМЕ

Съвременното управление на урбанизираните територии изисква наличие на точна, навременна и обемна информация. Настоящото изследване разглежда възможностите за събиране на геопространствени данни чрез доброволно гражданско участие, използвайки нискобюджетни технически средства и свободно достъпни софтуерни решения. Основната цел е изграждането на ефективна рамка за регистриране, документиране и визуализация на пространствени характеристики чрез доброволчески принос. Обект на изследването е процесът на набиране на данни като адресна номерация, видове улични настилки, електрически съоръжения и други, чрез участието на граждани с помощта на мобилни устройства и отворени цифрови платформи. Събраната информация се структурира и публикува в отворен формат, позволяващ нейното последващо използване в процеси на планиране и управление. Получените резултати потвърждават, че чрез съвместно участие могат да се събират и систематизират значителни обеми пространствени данни без необходимост от скъпа апаратура или специализирани ресурси. Изследването допринася с предложение за приложим модел за ангажиране на граждани в изграждането на „умни“ градски системи.

Ключови думи: геопространствени данни, умни градове, отворени платформи, Street view.

PUBLIC CONTRIBUTION TO SMART CITIES BUILDING

Prof. Dr. Eng. Christina Mickrenska, Dr. Eng. Gabriela Simeonova, Eng. Ivan Marinov, UASG

SUMMARY

Modern urban management requires the availability of accurate, timely, and extensive spatial information. This study explores the possibilities for collecting geospatial data through voluntary citizen engagement, using low-cost technical devices and freely accessible software solutions. The main objective is to develop an effective framework for registering, documenting, and visualizing spatial characteristics through citizen-driven contributions. The research focuses on the process of data collection, such as address numbering, types of street surfaces, electrical infrastructure, and others, through citizen participation supported by mobile devices and open digital platforms. The collected information is structured and published in an open format, allowing its further use in planning and decision-making processes. The results confirm that through collaborative participation, significant volumes of spatial data can be gathered and systematized without the need for expensive equipment or specialized resources. The study contributes a practical model for involving citizens in the development of smart urban systems.

Keywords: geospatial data, smart cities, freeware platform, Street view.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Основната идея зад концепцията за „умни градове“ е подобряване качеството на живот на гражданите, повишаване конкурентоспособността на европейските градове и индустрия, както и постигане на общоевропейските цели в областта на енергетиката и климата [2]. За реализирането на тези цели е необходимо наличие на изходна информация относно инфраструктурните елементи, както и значителен обем пространствени данни за съществуващото състояние на населените места. Развитието и модернизацията на градската среда следва да бъдат съобразени с териториалните особености, поради което наличието на качествена изходна пространствена информация е от ключово значение за ефективното управление и предоставяне на услуги.

В много от малките населени места в България данните за инфраструктурата са непълни или напълно липсват. Събирането на такава информация би изисквало значителни инвестиции и време. Поради тази причина, освен държавната администрация, в процеса следва да бъдат включени и граждани, неправителствени организации, частни фирми и всички заинтересовани страни.

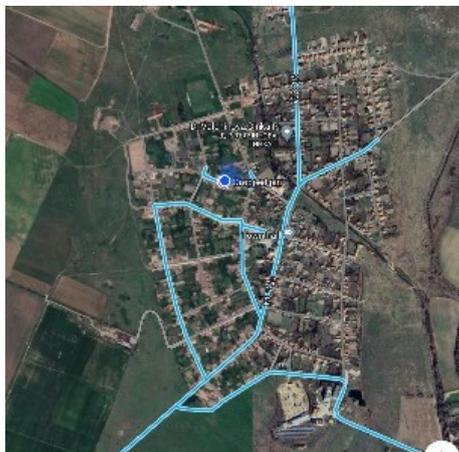
Развитието на технологиите и тяхната все по-достъпна цена улесняват използването им от обикновени потребители в ежедневието – например, смартфони с вградени LIDAR сензори и 360-градусови камери. Именно тази тенденция провокира идеята за настоящото изследване, чиято цел е разработването и изпитването на работен процес за събиране на геопропространствени данни с минимални финансови разходи. Чрез прилагането на този подход, ангажирани граждани ще могат доброволно да допринасят за процесите по управление на градската среда и повишаване на качеството на живот.

2. ИЗПОЛЗВАНИ МЕТОДИ И МАТЕРИАЛИ

Настоящото изследване е насочено към разкриване на възможностите за подобряване на процесите по регистриране, документиране и визуализиране на пространствени данни чрез използване на нискобюджетен хардуер и софтуер с отворен достъп. Основната идея е включването на граждани в процеса на доброволно събиране и споделяне на информация, чрез използване на общодостъпни платформи. Преди да се предложи работещо решение е необходимо да се анализира качеството на процеса по събиране на данни. Това включва отговори на въпроси като: „Кои софтуерни платформи са най-подходящи?“ и „Какъв хардуер е необходим за изпълнение на задачата?“.

2.1. Определяне на териториален обхват

В рамките на настоящото изследване бе избрана урбанизираната територия на село Момино село, България. За обективност на анализа бе отчетено и каква част от територията е вече заснета в предходни периоди. Оказа се, че само основните пътни артерии са били документираны чрез услугата „Google Street View“ – съответно през март 2012 г., юни 2022 г. и юни 2023 г. (фиг. 1). Извършеният анализ потвърждава необходимостта от заснемане на цялата територия при новото събиране на данни.



Фиг. 1. Данни от Google Street View, публикувани през март 2012 г., юни 2022 г. и юни 2023 г.

2.2. Използвани софтуери

Пространствената информация придобива стойност, когато е достъпна за споделяне, визуализиране и използване от широка аудитория. Изборът на безплатна платформа, съвместима с различни устройства и операционни системи, е ключов за ефективността на процеса. За целите на настоящото изследване бяха използвани следните решения: Google Street View Studio – публикуване на заснетите изображения; Google Maps – визуализиране на съдържанието; Google Earth Pro – извличане на геопространствени метаданни.

2.3. Използван хардуер

Съществува широк спектър от устройства за събиране на пространствени данни, но в рамките на настоящото изследване акцентът е поставен върху достъпни и нискобюджетни решения, които могат да бъдат използвани от граждани, желаещи да допринесат за подобряване и развитие на градската среда.

Съществуват специфични изисквания, които трябва да бъдат спазени при заснемане на изображения за „Google Street View“, за да бъдат приети и публикувани [2]: качество на снимките, свързаност на кадрите, съответствие и етика.

Минималната резолюция на снимките трябва да бъде 7.5 MP (3840 x 1920 пиксела) с формат на изображението 2:1. Не се допускат празни зони по хоризонта, груби грешки при свързването, липса на детайл в тъмни и светли участъци, замъгляване от движение или използване на визуални филтри. Снимките трябва да са фокусирани и без разсейващи ефекти, включително в централната долна част.

Всички 360-градусови снимки трябва да са заснети с ясна видимост между тях. Препоръчително е заснемане на всеки 1 метър на закрито и на всеки 3 метра на открито. Увеличаването на площта на заснемане, включително покрай уличната мрежа, увеличава шанса за свързване и одобрение от платформата.

Снимките трябва да отговарят на условията за публикуване – да са географски точно позиционирани, да не съдържат изкуствено генерирани сцени, изкривявания или нежелателни ефекти. Лични данни трябва да бъдат заснети с информирано съгласие, а съдържанието не трябва да нарушава законови или етични норми.

Три модела камери бяха разгледани като подходящи за целите на изследването. Най-добра интеграция в процеса осигурява камерата Insta360 ONE RS 1-Inch 360 Edition, благодарение на предоставения безплатен софтуер за обработка и експортиране на навигационни данни. Други разглеждани варианти са Ricoh Theta Z1 51GB и GoPro MAX 360. Средната пазарна цена на избрания модел е около 1000 щатски долара, което го прави относително достъпно решение в рамките на нискобюджетния подход.



Фиг. 2. Основни етапи при работен процес

3. РАБОТЕН ПРОЦЕС

Процесът по събиране на геопространствени данни се състои от четири основни етапа, като във всеки от тях се предвижда участие на доброволци с различна степен на познания. Разработена е диаграма, онагледяваща последователността на действията (фиг. 2).

Първият етап предвижда събиране на данни от участници без необходимост от специализирани знания или оборудване. Чрез лесни и достъпни стъпки те могат да допринесат със съдържание, което подпомага градското планиране и умните градове.

Вторият етап се фокусира върху използването на подходяща софтуерна платформа. Изборът на интуитивна и свободно достъпна среда улеснява потребителите, които не разполагат с професионален опит или инструменти за обработка на геоданни, но следват прости правила при заснемане и споделяне на информация.

Третият етап е пряко свързан с предходния – софтуерната платформа анализира каченото съдържание и преценява дали отговаря на изискванията за публикуване. Ако бъде одобрено, информацията става достъпна за анализ и използване от по-опитни потребители.

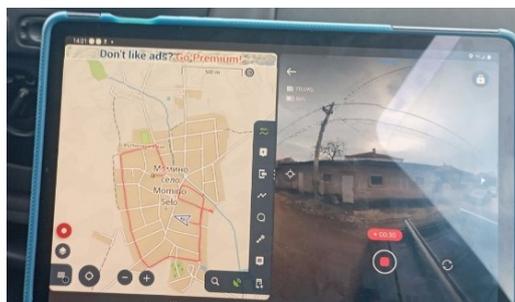
Четвъртият и финален етап е ориентиран към потребители с високо ниво на компетентност в областта на пространствения анализ. Тук се предоставя възможност за извличане на резултати, които да се използват в реални процеси по управление и планиране.

3.1. Набиране на данни

Както беше посочено по-горе, избраната камера е Insta360 ONE RS 1-Inch 360 Edition. Процесът започна с поставяне на камерата върху превозното средство, както е показано на фигура 3. Изборът на подходяща височина за монтиране на камерата зависи от спецификата на околната среда. Височината от 2 метра позволява заснемане на информация зад огради и осигурява безопасност при преминаване през запуснати улици и ниски клонки на дървета.



Фиг. 3. Закрепване на камерата на превозното средство



Фиг. 4. Организация на процеса с приложението Locus Map

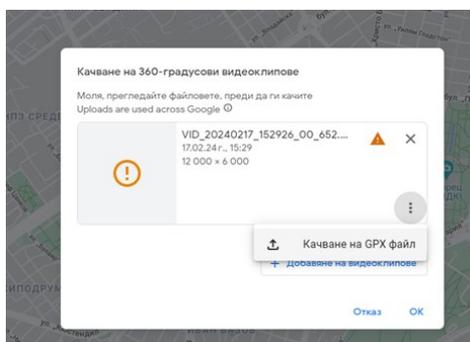
видеозаснемането. Събраните видеофайлове са в специфичния формат *.insv.

3.2. Обработка и споделяне на заснети данни

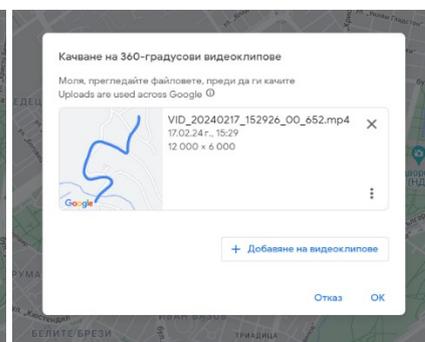
Суровите данни са свалени на компютър. Няма специфични изисквания за конфигурацията на хардуера на компютъра. Общият размер на всички файлове е 30.2GB. Безплатният софтуер Insta360 Studio 2024 е използван за конвертиране на суровите *.insv видео файлове в *.mp4 и *.grx файлове с траектории. Оригиналната резолюция се запазва без използване на филтри или специфична обработка.

За успешното изпълнение на качването на данните е необходимо да имате безплатен Google профил в Google Street View Studio. За всеки *.mp4 файл е необходим допълнителен *.grx файл (фиг. 5), който показва маршрута на заснемане (фиг. 6). Напредъкът на процеса на качване се визуализира на екрана. С тази стъпка приключва първата и по-важната част от ангажираността на доброволците в рамките на концепцията за Умни градове.

Следващият етап е одобрение на качените данни. Ако информацията е коректна и *.gpx файлът обхваща времевите маркери на видеото, Google Street View Studio приема видеото и стартира процеса на обработка и филтрация. Филтрите са необходими, тъй като „Google Street“ има правила за споделяне на лични данни и неприлично съдържание. Всички забрани и ограничения могат да бъдат намерени на адрес: <https://support.google.com/contributionpolicy/answer/7400114?sjid=9482600753925020210-EU>. По време на обработката, Google Street View извлича определени кадри от видеото, свързва кадрите в маршрут, замазва лицата на хората и регистрационните номера на превозните средства във видеото. Появява се съобщение „обработка“ в свойствата на видеото в платформата.



Фиг. 5. Качване на *.gpx файл



Фиг. 6. Качен *.gpx файл

Събраните данни се съхраняват от Google Street View безплатно за сътрудниците и потребителите. Към този момент няма ограничения за обема на качените данни. Автоматично генериран имейл уведомява доброволците за успешното качване на данните. Всички геореферирани панорами са налични в Google Maps и Google Earth Pro (фиг. 7). Данните са достъпни безплатно чрез интернет връзка.



Фиг. 7. Резултати от публикуването на заснетите данни в Google maps

4. ПРИЛОЖЕНИЯ

4.1. Google Maps

Обикновените граждани постоянно се сблъскват с трудности и проблеми, които са свързани с бързо развиващите се населени места. Всекидневието е толкова натоварено, че всяка минута е ценна и не бива да бъде изгубена в търсене на адреси и места. Затова Google Maps предлага няколко предимства за гражданите, които могат да улеснят ежедневните им задачи.

- Попълване на картата с липсваща геометрия на улици и пътища: В малките населени места има много улици, които липсват на картата. Също така, горските и полевите пътища не са отбелязани във всички карти. Чрез предложената методология, гражданите могат да добавят информация, докато извършват ежедневните си дейности или просто се разхождат и почиват.



Фиг. 8. Разглеждане на адреси и имена на улици

- Попълване на картата с липсващи имена на улици, адреси и места: На фиг. 8 е показано как адресите и имената на улици могат да бъдат извлечени от събраните данни.

- Анализ на пътната структура и тип: Анализът на настилката на пътищата предоставя основна информация за проектиране и реновиране на пътища. Чрез изображения може да се определи степента, типът на дефекта и нуждата от ремонтни работи по пътните настилки.

- Проверка за липсващи сгради: Създаването на кадастрални карти е дълъг процес в сравнение с темпото на развитие на строителството. Поддържането им актуални също не е лесен процес. Гражданите могат да следят дали тяхната сграда е изобразена, дали има несъответствия в геометрията и т.н.

- Строителен контрол: Наблюдението на строителството и откритията на промени в изпълнението на даден проект, или вече завършено строителство е начин за проверка на качеството на изпълнението. Предложената методология е икономичен вариант за контрол на качеството.

- Покритие на инфраструктурата (шахти, стълбове, улични лампи): Извличане на информация за инфраструктурни обекти за различни цели.

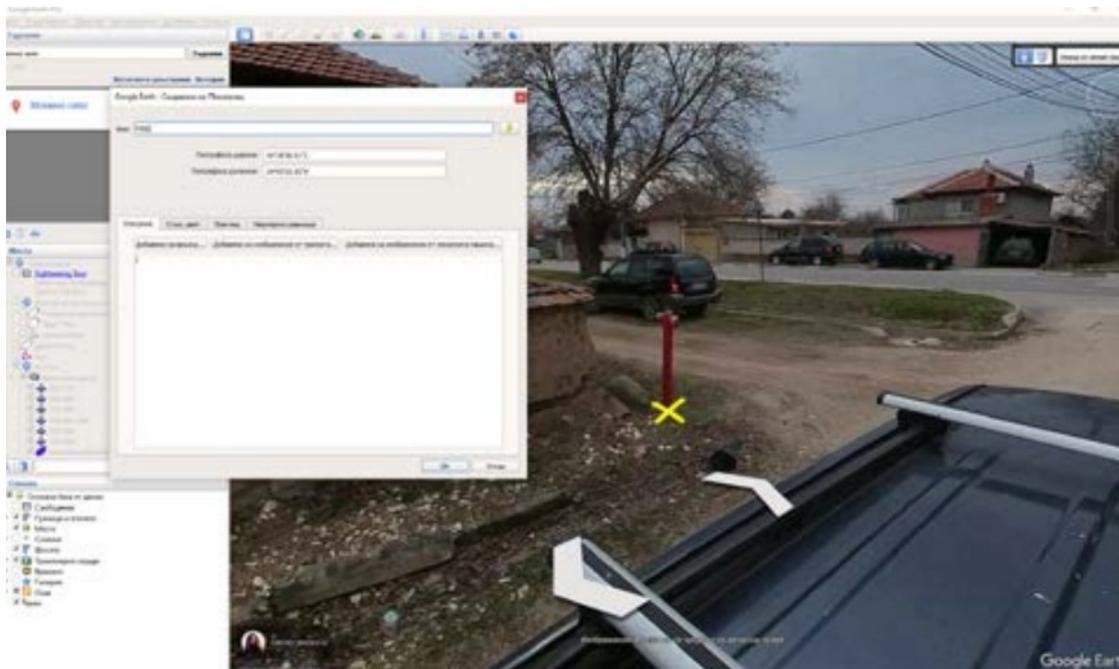
- Рисков анализ за опасни дървета, реки и други опасности: Основната цел на управлението на тези рискове е безопасността на хората и предотвратяването на катастрофални инциденти, които могат да доведат до големи икономически загуби и да допринесат за деградация на околната среда.

4.2. Google Earth Pro

Комбинирането на събраните геореферирани панорамни снимки с мощни инструменти за извличане на данни води до напреднал принос от полупрофесионалисти и експерти в процеса на умни градове. Google Earth Pro е безплатен софтуер, който предоставя възможност за извличане на геореферирани данни с точност, подходяща за прилагането им в Географски информационни системи (ГИС). Този вид създаване на съдържание е полезен както за гражданите-доброволци в процеса, така и за експертите в градската администрация. Посочените резултати, използвайки Google Maps, могат да бъдат комбинирани с глобална координатна система за местоположение.

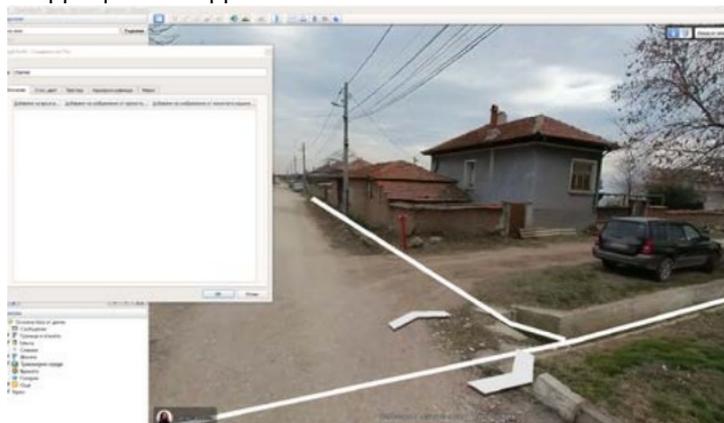
Тази стъпка изисква напреднало познание в анализа и обработката на данни от страна на потребителя на събраните данни. Необходимите хардуерни ресурси включват мобилно или стационарно устройство с интернет достъп. Геометрията в GIS се разделя на точки, линии и области. „Google Earth Pro“ поддържа:

- Измерване на точка: Чрез измерване на единична точка и добавяне на атрибутивна информация, свързана с изследването, се осигурява лесен начин за събиране на геореферирана пространствена информация (фиг. 9). Няма нужда от посещение на мястото със скъпо оборудване от експерт. Събраните данни са достатъчни не само за регистриране на проблема, но и за възможност за проверка и валидиране на данните чрез контролните системи в организацията. Измерените точки, атрибути и координати от панорамите могат да бъдат експортирани в *.kml или *.kmz файлов формат. Този експорт свързва допринасянето на гражданите с експертите за по-нататъшен анализ. Друг важен резултат не е само местоположението, но и времето на регистрацията. Времевият маркер е задължителен, когато става въпрос за местоположение. Данните са налични със своето местоположение и време, особено когато става въпрос за открития на промени.



Фиг. 9. Измерване на единична точка

- Измерване на линия: Този тип данни могат да бъдат събирани чрез внимателно картографиране от експерти. Грешката в ориентацията на изображенията води до препоръка за картографиране в близък обхват. Пример за картографиране на канавка може да се види на фиг. 10.
- Измерване на площ: Както и при линейните измервания, площите се препоръчва да се измерват само в близост до камерата. Методът е подходящ за измерване, но точността трябва да бъде установена в бъдещи изследвания.



Фиг. 10. Измерване на линия

4.3. Други приложения

Изследователите се опитват да внедрят панорамни изображения във всички възможни приложения. Разработена е система за идентификация на реклами [4] и е изследвано фотограметричното моделиране на градове от панорами [3]. Разработен е метод за многовизуална семантична сегментация [5] за разделяне на области от изображението за 3D модел на град.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследването показва, че гражданите могат да бъдат активно ангажирани в процеса на създаване на умни градове чрез доброволно участие в събирането и обработката на геопространствени данни. Разработената методика демонстрира как с използването на

достъпни технологии и инструменти, като мобилни устройства и панорамни изображения, може да се събират и анализират данни с висока точност, което е изключително полезно за управлението и планирането на градове.

Целият процес беше ефективно разделен на етапи, които позволиха на участниците, с различни нива на експертиза, да допринесат за събирането и анализирането на данни. Това създава възможности за изграждане на партньорства между гражданите и експертите, като всяка страна може да използва своите компетенции и ресурси за постигане на оптимални резултати.

Разработеният работен процес може да бъде адаптиран и усъвършенстван в бъдеще, което ще позволи още по-добро интегриране на гражданите в процесите на управление и развитие на умните градове. Процесът предоставя основа за бъдещи изследвания и надграждане, като демонстрира как интелигентната съвместна работа между гражданите и институциите може да доведе до устойчиви и ефективни решения за градската инфраструктура и управление.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Google Street View, <https://www.google.com/streetview/contribute/>, достъпен на 24.02.2025
2. European Commission, https://commission.europa.eu/euregional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en, достъпен на 24.02.2025
3. Torii, A., M. Havlena, T. Pajdla. From Google Street View to 3D City Models. Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2009 IEEE 12th International Conference, IEEE, 2009, pp. 2188–2195.
4. Zamir, A., A. Darino, M. Shah. Street View Challenge: Identification of Commercial Entities in Street View Imagery. Machine Learning and Applications and Workshops (ICMLA), 2011 10th International Conference, Vol. 2, IEEE, 2011, pp. 380–383.
5. Xiao, J., T. Fang, P. Zhao, M. Lhuillier, L. Quan. Image-based Street-Side City Modeling. ACM Transactions on Graphics (TOG), Vol. 28, ACM, 2009, p. 114.

АДРЕСИ НА АВТОРИТЕ

1. Доц. д-р инж. Кристина Микренска
УАСГ, Катедра „Геодезия и геоинформатика“
Email: kmikrenska_fgs@uacg.bg
2. Д-р инж. Габриела Симеонова
УАСГ, Катедра „Геодезия и геоинформатика“
Email: gabriela.simeonova3@gmail.com
3. Инж. Иван Маринов
УАСГ, Катедра „Висша геодезия“
Email: ivan.marinov@abv.bg

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА СЪВРЕМЕННИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ДОКУМЕНТИРАНЕ НА
НЕДВИЖИМОТО КУЛТУРНО НАСЛЕДСТВО**

**Д-р инж. Габриела Симеонова, Ортодрома ЕООД
доц. д-р инж. Кристина Микренска, УАСГ**

РЕЗЮМЕ

Документирането на недвижимото културно наследство представлява процес на събиране, анализ и съхраняване на информация за исторически, архитектурни и археологически обекти с цел тяхното опазване, реставрация и популяризиране. Традиционно, геодезическите методи играят ключова роля в набирането на данни, но напредъкът в технологиите открива нови възможности за реалистично и детайлно представяне на историческите обекти. Безпилотните летателни апарати (БЛА) и наземното лазерно сканиране се утвърждават като ефективни инструменти за създаване на тримерни цифрови модели, които осигуряват висока точност, подпомагат реставрационните дейности и съхраняват ценна визуална информация за бъдещите поколения. Настоящото изследване разглежда приложимостта и значението на тези методи в процеса на документиране, анализ и опазване на културното наследство.

Ключови думи: недвижимо културно наследство, пространствени данни, наземно лазерно сканиране, безпилотен летателен апарат, тримерни цифрови модели.

**APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES FOR DOCUMENTATION OF IMMOVABLE
CULTURAL HERITAGE**

**Dr. Eng. Gabriela Simeonova, Ortodroma Ltd., Prof. Dr. Eng. Christina Mickrenska,
UACG**

SUMMARY

Documentation of immovable cultural heritage is the process of collecting, analysing and preserving information about historical, architectural and archaeological sites for the purpose of their conservation, restoration and promotion. Traditionally, surveying methods have played a key role in data collection, but advances in technology are opening up new opportunities for realistic and detailed representation of historic sites. Unmanned aerial vehicles (UAVs) and terrestrial laser scanning are emerging as effective tools for creating three-dimensional digital models that provide high accuracy, support restoration activities, and preserve valuable visual information for future generations. This study examines the applicability and importance of these methods in the process of documenting, analyzing, and preserving cultural heritage.

Keywords: immovable cultural heritage, spatial data, terrestrial laser scanning, unmanned aerial vehicle, 3D digital models

АДРЕСИ НА АВТОРИТЕ

1. Д-р инж. Габриела Симеонова
УАСГ, Катедра „Геодезия и геоинформатика“
бул. Христо Смирненски 1, София, 1046,
Email: gsimeonova_fgs@uacg.bg
2. Доц. д-р инж. Кристина Микренска
УАСГ, Катедра „Геодезия и геоинформатика“
бул. Христо Смирненски 1, София, 1046,
Email: kmikrenska_fgs@uacg.bg

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИЗКУСТВЕНИЯ ИНТЕЛЕКТ В ОЦЕНКАТА НА НЕДВИЖИМИ ИМОТИ – СЪВРЕМЕННИ ТЕНДЕНЦИИ И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА

Гл. ас. д-р инж. Иванка Каменова, УАСГ

РЕЗЮМЕ

Настоящата публикация изследва възможностите и предизвикателствата, свързани с прилагането на изкуствения интелект (AI) при оценката на недвижими имоти. Основен фокус е поставен върху автоматизираните модели за оценка (AVMs), използвани за бързо, мащабно и относително точно прогнозиране на стойността на имотите въз основа на разнообразна информация. Анализирани са водещите AVM платформи за оценка на недвижими имоти в световен и български контекст, заедно с техните конкретни приложения в практиката. Направена е съпоставка между AI базирана оценка и експертна пазарна оценка по ключови критерии. Сравнението е онагледено с подходящ пример от оценителската практика. Очертани са предимствата, рисковете и предизвикателствата на оценките, извършвани с помощта на изкуствен интелект, а също така са изведени препоръки към техните ползватели. В заключението са разгледани бъдещите перспективи за оценителската професия.

Ключови думи: оценка на недвижими имоти, нормативна уредба, изкуствен интелект, автоматизиран модел за оценка, AVM платформа за оценка на недвижими имоти.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN REAL ESTATE VALUATION – CURRENT TRENDS AND CHALLENGES

Chief Assist. Prof. Dr. Eng. Ivanka Kamenova, UACG

SUMMARY

This publication explores the opportunities and challenges associated with the application of artificial intelligence (AI) in real estate valuation. The main focus is placed on automated valuation models (AVMs), which are used for rapid, large-scale, and relatively accurate forecasting of property value based on diverse information. Leading AVM platforms for real estate valuation are analyzed in both global and Bulgarian contexts, along with their specific practical applications. A comparison has been made between an AI-based valuation and an expert market appraisal across key criteria. The comparison is illustrated with a relevant example from valuation practice. The advantages, risks, and challenges of valuations carried out with the help of artificial intelligence are outlined, and recommendations for their users are also provided. The conclusion discusses the future prospects for the valuation profession.

Keywords: real estate valuation, regulatory framework, artificial intelligence (AI), automated valuation model (AVM), AVM real estate platform.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Оценяването на недвижими имоти традиционно се извършва чрез комбинация от експертна преценка, сравнителен анализ и стандартизирани методологии. Съществуват много дефиниции за оценката на недвижими имоти. Една от тях е поместена в първата книга, издадена в България на тази тематика, определяща оценката на недвижими имоти (недвижимо имущество) като „изкуство или наука за определяне на стойността на определен интерес към дадено недвижимо имущество за специфична цел в определен момент от времето, като се вземат предвид всички характеристики на собствеността върху недвижимото имущество, а също така като се разглеждат всички икономически фактори на пазара, включително и обема на алтернативните инвестиции“ [5, стр.6]. Прилага се и нормативна уредба свързана с оценяването. Съгласно Международните стандарти за оценяване (МСО), оценката представлява „действие или процес на формиране на заключение за стойност към датата на оценка“ [4, стр.11]. Европейските стандарти за оценяване (ЕСО) подчертават, че „оценката трябва да бъде изготвена професионално, обективно и на базата на задълбочен анализ на имота и пазара, така че резултатът да издържи евентуално оспорване“ [5, стр.68]. Според чл. 6, ал. 3 от Закона за независимите оценители (ЗНО), оценката представлява „становище на независимия оценител относно стойността на обекта за конкретна цел в определен момент от време и в условията на конкретен пазар, изготвено под формата на доклад в писмена форма, подписан и подпечатан“ [3]. За независимите оценители, упражняващи дейност на територията на страната са задължителни за приложение Българските стандарти за оценяване (БСО) – “рецепция на международните стандарти за оценяване и на европейските стандарти, относими към регулацията на оценяването, съгласно българското законодателство” [1, стр.7]. В част втора, раздел първи на БСО се разглеждат подробно специфичните подходи и методи за оценка на недвижими имоти, съобразени с пазарната практика в страната.

Начините, по които недвижимите имоти, се купуват, продават, отдават под наем, финансират, оценяват, проектират, управляват и т.н., вече са се променили драстично през последните години [7, стр.26]. С напредъка на дигитализацията и навлизането на изкуствения интелект в различни сектори се трансформира и начинът на оценка на недвижими имоти. Съвременните алгоритми позволяват автоматизация на анализа, подобрена точност и значително ускоряване на процесите.

Целта на настоящата статия е да анализира основните съвременни тенденции в използването на изкуствен интелект в оценката на недвижими имоти, с фокус върху приложимостта на АVM моделите, националния контекст, както и върху потенциалните рискове и бъдещите перспективи.

2. ИЗКУСТВЕНИЯТ ИНТЕЛЕКТ (AI) И АВТОМАТИЗИРАНИТЕ МОДЕЛИ ЗА ОЦЕНКА (AVMS)

Изкуственият интелект (AI) се определя като „наука за възгледите (принципите и концепциите), методите и средствата за създаване на интелигентни (разумни) компютърни програмни системи“ [6, стр. 11]. Такива системи са и автоматизираните модели за оценка (AVMs) – интелигентни системи, които изчисляват стойността на даден имот към определена дата, използвайки сложни алгоритми за избор на сравними имоти посредством техники за математическо моделиране по автоматизиран начин [8, стр. 24]. Изкуственият интелект и автоматизираните модели за оценка навлизат в оценителската практика още в началото на 2000-те години, но съществен напредък и по-широко приложение се наблюдават след 2010 г. в резултат на:

- увеличения обем от налични данни (големи бази с цени на имоти, информация за транспортната, социалната и техническата инфраструктура, демография, пазарни тенденции и др.);
- технологичен напредък в машинното обучение и прогностичния анализ;
- нуждата от по-бързи и евтини методи за оценка, особено от банки, инвестиционни фондове и онлайн платформи.

Водещи страни, прилагащи AI в оценката на имоти са:

- САЩ – пионер в автоматизираната оценка
- Великобритания – активно използва AVM технологии в ипотечното кредитиране
- Германия и Нидерландия – включват AI при оценка за банки и инвестиционни фондове

- Австралия и Канада – използват AI за онлайн платформи и масови оценки
- Китай – използва AI както от правителствени, така и от частни платформи

2.1. Водещи AVM платформи за оценка на недвижими имоти в света и в България

Под AVM платформи за оценка на недвижими имоти се разбират системи, които прилагат автоматизирани модели за оценка за прогнозиране на стойността на имоти въз основа на разнообразни данни. Информация за най-известните AVM платформи за оценка на недвижими имоти в света е поместена в табл. 1:

Таблица 1. AVM платформи за оценка на недвижими имоти в света

Платформа	Страна	Характеристики и роля на AI
Zillow Zestimate	САЩ	Най-популярната AVM в света. Използва машинно обучение, исторически данни и сателитни снимки
Redfin Estimate	САЩ	Комбинираща AI с анализ на пазарни и имотни данни, често по-точен от Zillow в някои региони
HouseCanary	САЩ	Платформа за инвеститори и банки – използва AI модели, които предвиждат не само текуща, но и бъдеща стойност
CoreLogic	САЩ, Австралия	Анализира големи обеми данни и прилага машинно обучение за по-точно прогнозиране на стойността на имотите. Използва се от банки и застрахователи
Hometrack	Великобритания	AVM за банки, ипотечни институции и онлайн портали. Използва AI за прогнозиране и оценка на риска
REalyse	Великобритания	Комбинираща AI и Big Data за оценка на имоти и анализ на инвестиционен потенциал
PropMix.io	САЩ, глобално	AVM и анализ на пазара в реално време – силно ориентирана към AI

През последните години изкуственият интелект (AI) все по-активно навлиза в различни аспекти от оценителската практика, включително и в България. Той може да се използва като подпомагач инструмент, но не и като самостоятелен източник на правно валидна оценка. Сертифицираното оценяване се извършва от правоспособни специалисти – независими оценители, съгласно Българските стандарти за оценяване (БСО) [1] и Закона за независимите оценители (ЗНО) [6].

Редица компании и дигитални платформи вече използват алгоритми, базирани на машинно обучение и автоматизирани модели (AVMs), с цел бърза и ориентируваща оценка на стойността на имоти. Това се отнася както до индивидуални клиенти (купувачи и продавачи), така и до банки, агенции за недвижими имоти и финансови институции, които търсят мащабируемост и ефективност при обработка на големи обеми имотни данни. В табл. 2 са представени някои от водещите български платформи, които прилагат AI в процесите на оценяване, както и конкретните приложения на тези технологии.

Таблица 2. AVM платформи за оценка на недвижими имоти в България

Компания / Платформа	Как използва AI	Конкретни приложения в практиката
ValueRepublic	Статистически и ML модели (регресия, SVM и др.)	Мониторинг, анализ на портфейли, оценка на риска, предварителни оценки
SmartVal.bg	AVM с ежедневно обновени данни	Оценка на недвижима собственост, подготовка за имотна сделка
PSPi	Експресна оценка на национално ниво	Пазарни анализи, индексна портфейлна преоценка на жилищни активи
Zimoti	AI базиран on-page оценител	Безплатен пазарен ориентир

3. AVMS ОТВЪД ЧИСЛАТА – КЪМ КОНТЕКСТУАЛНА, ВИЗУАЛНА И ДОКУМЕНТАЛНА ИНТЕЛИГЕНТНОСТ

Традиционните AVMs определят вероятната стойност на недвижими имоти въз основа на ограничен набор от числови и качествени показатели – като година на строеж, местоположение, площ и тип на имота. Въпреки тяхната полезност при обработка на големи обеми данни, тези модели не отчитат редица важни контекстуални фактори, които опитните оценители използват при индивидуалните оценки. С навлизането на AI в AVM се разширява капацитетът на моделите, като те започват да включват динамични, трудно формализируеми показатели. Алгоритмите за машинно обучение могат да интегрират информация като:

- тенденции в заетостта и нивата на безработица;
- вероятност за отлив на наематели;
- наличие на местни удобства (училища, заведения, зони за отдих);
- промени в устройственото зонироване;
- лихвени проценти, данъчни облекчения, други макроикономически показатели и фискални инструменти).

Това става възможно благодарение на консолидацията на множество източници на данни и възможността за взаимодействие с алгоритъма – оценителят може не само да получава информация, но и да задава обратно въпроси към системата, получавайки бързи отговори по конкретни казуси.

3.1. Основни приложения на AVMs в оценката на недвижими имоти

Основни приложения на AI в областта на оценяването на недвижими имоти включват:

- **Визуално обследване чрез AI**

Едно от най-иновативните приложения на AI в AVM е анализът на изображения – от обяви, огледи или дроне. Моделите могат да разпознават качеството на довършителните работи, типа обзавеждане и реалното състояние на имота, което значително надгражда възможностите на класическите портфолио модели, особено при големи масиви от имоти. Това позволява автоматичното включване на състоянието на имота като променлива при оценка на хиляди имоти в мащабен анализ – задача, непосилна при ръчно преглеждане на хиляди снимки.

- **Обработка на договори за наем**

AI може да извлече критична информация от стотици договори за наем – клаузи за индексация, права за прекратяване, срокове на действие – и автоматично да генерира график на тенденциите (trend schedule). Това значително улеснява процесите на изследване и проверка на информация за компания или инвестиционна възможност (due diligence) при придобиване на сгради, където обикновено се преглеждат десетки различни договори. Оценителят може да

провежда интерактивен диалог с модела, без да е необходимо да преглежда цялата документация.

- **Внасяне на корекции на пазарни аналози в текущ момент**

AI системите позволяват адаптивно ценообразуване чрез проследяване на локални събития. Моделът може в реално време да отчете това в стойността на имота, което би отнело дни или седмици при човешки анализ.

4. СЪПОСТАВКА МЕЖДУ AI БАЗИРАНА ОЦЕНКА И ТРАДИЦИОННА ЕКСПЕРТНА ОЦЕНКА НА НЕДВИЖИМ ИМОТ

Кратко сравнение, представено по критерии, между AI базирана оценка и традиционна експертна оценка на недвижим имот е направено в табл. 3.

Таблица 3. Сравнение между AI базирана оценка и традиционна експертна оценка на недвижими имоти

Критерий	AI базирана оценка	Традиционна експертна оценка
Скорост	Мигновена или за няколко минути	От няколко часа до няколко дни
Цена	Много по-ниска (често безплатна онлайн)	Висока – зависи от типа имот и страната
Данни	Големи обеми от публични и частни източници, включително сателитни данни	Ограничени до официални документи, огледи и местен пазарен опит
Контекст и специфики	Ограничен – повечето AVMs не отчитат ремонт, състояние, обзавеждане	Прецизен – включва оглед и оценка на физическото състояние
Прозрачност	Често "черна кутия" – не се знае точно как алгоритъмът решава	Документиран метод, основан на стандарти и наредби
Актуализация	Може да бъде в реално време	Само при нова поръчка или преоценка
Приложимост	Подходяща за масови оценки, предварителен анализ, автоматизирани системи	За оценка на нестандартни, реновирани и уникални имоти с висока стойност
Субективност	Обективна – основава се на числа и модели	Субективна – зависи от преценката и опита на оценителя
Правна стойност	Липсва такава	Висока – легитимен документ при сделки и пред институции

Различието между двата вида оценки – тези, базирани на изкуствен интелект, и традиционните експертни оценки, изготвени от сертифициран оценител – може да бъде онагледено с конкретен пример от оценителската практика. За целта е оценен недвижим имот, често срещан на пазара. Обектът представлява двустаен апартамент с площ от 76 m², разположен на четвърти етаж в пететажна жилищна сграда ново строителство, намираща се в гр. София, район Лозенец, кв. Кръстова вада.

Резултатът от AI-базираната оценка, извършена чрез платформата SmartVal.bg [9], е представен на фиг. 1.

AI Прогнозна Оценка

AI оценка: **168758 €**

Песимистична прогноза: 143444 €

Оптимистична прогноза: 194071 €

✓ **Вашият профил беше успешно създаден.**
Проверете имейла си за достъп до SmartVal.

Желая да:

Закупя такъв имот

Желая асистенция за покупко-продажба.

Заяви

Фигура 1. AI базирана оценка - резултат

Експертната пазарна оценка е изготвена от автора на статията, сертифициран оценител, съгласно методологията на БСО, като финалният резултат е показан в табл. 4.

Таблица 4. Обобщение на резултата от експертна пазарна оценка

Оценителски методи	Пазарна стойност, €	Тежестен коефициент	Коригирана пазарна стойност, €
Метод на пазарните сравнения	199 070	0.6	119 442
Метод на капитализация	149 000	0.4	59 600
Препоръчителна пазарна стойност	179 042 €		

Установената разлика между AI оценката и препоръчителната пазарна стойност в експертната пазарна оценка е минимална - 5.74%.

5. ПРЕДИМСТВА И ПРЕПОРЪКИ ЗА ПОЛЗВАТЕЛИТЕ НА AI БАЗИРАНИ ОЦЕНКИ

Традиционната експертна оценка остава най-точният и надежден метод, особено при нетипични, ремонтирани или високостойности недвижими имоти. Човешката експертиза е незаменима при сложни казуси, специфични правни въпроси и ключови сделки, при които е необходим контекстуален анализ и професионална интерпретация. Причината за неподдържането на автоматизирани оценки за определени категории имоти като комерсиални, индустриални или специализирани такива е по-скоро ограничената наличност на достатъчно данни за сравними обекти, както и сложността на имоти с отличителни архитектурни елементи или специфични строителни характеристики. Например платформите Hometrack, Redfin Estimate и Zillow Zestimate обикновено са ограничени до жилищни имоти – еднофамилни къщи, апартаменти и таунхауси. Сходна тенденция се наблюдава и при българските AVM платформи, които са почти изцяло фокусирани върху сегмента на жилищните недвижими имоти – основно апартаменти в различни градове на страната (ValueRepublic, SmartVal.bg, PSPi). Платформата Zimoti разширява този обхват, като включва и къщи, както и етажи от тях, сред обектите, подлежащи на AI-базирана оценка.

Сред **основните предимства** на AI базираните оценки се открояват тяхната висока скорост, ниска цена и обективност. Те значително улесняват клиентското обслужване, маркетинга, анализа на портфейли и извършването на предварителни оценки. Възможността за интегриране на големи обеми от количествени и качествени данни, както и тяхната интерактивност, повишава ефективността и позволява по-прецизни прогнози и по-добро вземане на решения.

Изведените **препоръки**, произтичащи от разгледаните предимства и ограничения на AI, могат да се обобщят според вида на ползвателите:

- **За собственици и купувачи:** да използват AI платформи като SmartVal.bg или Zimoti.com за бърз първоначален ориентир относно пазарната стойност на имота и за сравнение на различни имоти на пазара.
- **За банки и финансови институции:** решения като ValueRepublic могат да подпомогнат мониторинга и управлението на големи портфейли от недвижими имоти чрез автоматизирани оценки и регулярни актуализации.
- **За агенции за недвижими имоти:** интегрирането на AI инструменти като PSPi улеснява клиентското обслужване, съкращава времето за реакция и повишава процента на превръщане на потенциални клиенти в реални.
- **За оценители на недвижими имоти:** препоръчително е AI решенията да се използват като допълнение, а не като заместител на професионалната експертиза – за предварителен анализ, за идентифициране на аномалии в пазарните данни и за повишаване на ефективността при обработка на големи обеми информация. Също така е важно оценителите да развиват дигитална грамотност и да познават методологията на използваните алгоритми, за да могат критично да интерпретират и валидират резултатите.

Въпреки очертаните предимства и широкия потенциал на AI инструментите в оценителската дейност, тяхното ефективно и отговорно приложение предполага задълбочено познаване и на съпътстващите ги рискове и предизвикателства.

6. РИСКОВЕ И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРИ ПРИЛАГАНЕТО НА AI В ОЦЕНИТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ

Макар изкуственият интелект и автоматизираните модели за оценка да разкриват значителни възможности за модернизирани и оптимизирани оценителската практика, тяхното приложение не е лишено от съществени предизвикателства. Тези технологии поставят редица нови въпроси, свързани с точността и прозрачността на резултатите, защитата на данните, регулаторната рамка, запазването на професионалната експертиза, както и с възможни неравенства в достъпа до иновации. Критичното осмисляне на тези аспекти е предпоставка не само за минимизиране на потенциалните рискове, но и за устойчивото и отговорно интегриране на AI в оценителския процес.

Основните рискове и предизвикателства включват:

- **Непрозрачност на алгоритмите и липса на обяснимост** – AI моделите често функционират като „черни кутии“, което затруднява разбирането на начина, по който се

вземат решения. Това създава пречки за проверимост, доверие и приемане на резултатите от страна на оценителите, клиентите и регулаторните органи.

- **Неточности в резултатите** – качеството на данните, с които се обучават моделите, е решаващо. Непълни, неточни или исторически изкривени данни могат да доведат до систематични грешки и дискриминационни резултати, които компрометират надеждността на оценките.
- **Уязвимост към кибератаки и нарушаване на сигурността на данните** – използването на AI и AVM платформи изисква събиране, съхраняване и обработка на големи обеми чувствителна информация, което ги прави потенциална мишена за злонамерени атаки и повишава риска от неоторизиран достъп, изтичане на данни и компрометиране на поверителността.
- **Правни и етични предизвикателства** – регулациите в областта на изкуствения интелект все още се развиват, а в много страни липсва ясна нормативна уредба, която да урежда неговото приложение в оценителската практика. Това създава празнини в отговорността и контрола, както и несигурност при определянето на правата и задълженията на участниците в процеса.
- **Зависимост от технологиите и подценяване на човешката експертиза** – прекомерното разчитане на автоматизирани модели може да доведе до negliжиране на професионалния опит и критичното мислене. Това увеличава риска от некоректни оценки в случаи, когато контекстуални фактори извън обхвата на модела имат съществено значение.
- **Неравен достъп до технологиите** – малките оценителски компании и индивидуалните специалисти често нямат ресурси за внедряване и използване на съвременни AI инструменти, което създава пазарно неравновесие и води до концентрация на експертиза и влияние в ръцете на големи технологични или финансови институции.

Технологично обещаващ, изкуственият интелект не е универсално решение, а неговата ефективност и надеждност зависят от множество фактори. Преодоляването на предизвикателствата, свързани с внедряването му в оценителската дейност, изисква съчетание от задълбочена техническа експертиза и стратегическо мислене. Само при такъв подход AI може да бъде интегриран устойчиво и отговорно в практиката по оценяване на недвижими имоти. Това е особено важно в българския контекст, където достъпът до добре структурирани и надеждни данни остава все още ограничен. Гарантирането на валидността на резултатите предполага осигуряване на висококачествени входни данни, правилен избор и обучение на алгоритмите, както и прозрачност и обяснимост на техните решения. При липса на необходимите знания и умения нараства рискът от неправилна интерпретация, зависимост от непрозрачни модели тип „черна кутия“ и вземане на неоптимални решения, които могат да компрометират точността и легитимността на оценителския процес.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изкуственият интелект не е заплаха, а партньор в трансформацията на оценителската дейност. Перспективата за бъдещето не се свързва със заместване на човека, а с усъвършенстване и разгръщане на неговия потенциал чрез взаимодействие с технологиите. Алгоритмите и автоматизираните модели ще поемат все по-голяма част от рутинната, количествена и документално-интензивна работа, но ключовите аспекти на оценката – интерпретацията на контекст, разчитането на локални пазарни специфики и разпознаването на нюансите в стойността – остават в ръцете на експертите. Предизвикателството пред бъдещето не е технологично, а културно – да приемем изкуствения интелект не като конкурент, а като съюзник. Това предполага преосмисляне на ролята на оценителя – от изолирана експертиза към интегриран интелигентен процес, в който човешката интуиция и технологичната прецизност се допълват. Истински напредък ще настъпи тогава, когато вместо да се страхуваме от изкуствения интелект, започнем да го обучаваме, използваме и усъвършенстваме. Бъдещето на оценката на недвижими имоти е в хибридният модел – където експертната човешка преценка и машинната ефективност функционират съвместно.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Български стандарти за оценяване (БСО), 03.11.2025,
<https://private.ciab-bg.com/uploads/common/hkxfb5j0pm19g2ya.pdf>
2. Европейски стандарти за оценяване (ЕСО), 03.11.2025,
https://kpo.bg/documents/EVS%202025_1_bg%20tm.pdf
3. Закон за независимите оценители (ЗНО), обн. ДВ бр. 98 от 14 ноември 2008 г., 03.11.2025,
<https://lex.bg/laws/ldoc/2135605218>
4. Международни стандарти за оценяване (МСО), 03.11.2025,
https://kpo.bg/documents/International%20Valuation%20Standards%202025_BG.pdf
5. Милингтън, А. Оценка на недвижимо имущество. София, Юрапел 19, 1993, 119, ISBN 954-8169-06-3
6. Нишева, М., Д. Шишков. Изкуствен интелект. Добрич, Интеграл, 1995, 179, ISBN 954-8643-11
7. Block, A., Z. Aarons. PropTech 101: Turning Chaos Into Cash Through Real Estate Innovation. Charleston, South Carolina, USA, Advantage Media Group, 2019, 244, ISBN: 978-1-64225-060-2
8. European Standards for Statistical Valuation Methods for Residential Properties, European AVW Alliance, 2022, 3rd Edition, ISBN: 978-2-9602973-0-0, 27.09.2025,
https://www.europeanavmalliance.org/files/aaa/Downloads/EAA_Standards_3rd_Edition.pdf
9. <https://smartval.bg/>, 03.11.2025.

АДРЕС НА АВТОРА

1. Гл. ас. д-р инж. Иванка Каменова
Университет по архитектура, строителство и геодезия
бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1164, България
+359 899489158
kamenova_fgs@uacg.bg

7. СПЪТНИКОВИ СИСТЕМИ И ИЗСЛЕДВАНИЯ (V) – ДОКЛАДИ И ДИСКУСИЯ

34. XXXV МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ
София, 05 – 07 ноември 2025 г.

XXXV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 05 – 07 November 2025

ОЦЕНКА НА ТОЧНОСТТА НА RTK GNSS ИЗМЕРВАНИЯ С ПОМОЩТА НА ТЪРГОВСКИ И НЕТЪРГОВСКИ CORS МРЕЖИ

Ас инж. Диана Побихайло - ZPSU, доц. д-р инж. Аспарух Камбуров – МГУ,
инж. Димитро Митченко - KRNU

РЕЗЮМЕ

Високоточното определяне на местоположение с помощта на глобални навигационни спътникови системи (GNSS) е от решаващо значение за съвременните геодезически и инженерни приложения. Кинематичният метод в реално време (RTK) задоволява повечето изисквания към точността, но неговата ефективност зависи от характеристиките на използваните корекции (единични или мрежови, плътност на мрежовите инфраструктурни станции, корекционни формати и протоколи, разстояние до станциите и др.). Днес са налични както комерсиални, така и некомерсиални инфраструктурни мрежи, но въпросът за тяхната точност в реални условия е необходимо да се изследва периодично във връзка с непрекъснатото развитие на GNSS технологиите, в т.ч. системни модернизации, усъвършенстване на хардуера, корекционните и комуникационните услуги и пр. Тази статия представя сравнителен анализ на точността на GNSS измервания в RTK режим с използване на корекционни услуги от четири инфраструктурни мрежи за района на Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“. Измерванията са извършени с помощта на приемниците CHCNAV i50 и Trimble R4 в 6 опорни точки, впоследствие сравнени с референтни стойности, определени с помощта на роботизирана тотална станция Trimble S6. Оценката се основава на изчисляването на хоризонтални и вертикални грешки, както и на средноквадратичната грешка за всеки източник на GNSS корекции. Според получените резултати мрежата GeoНет демонстрира най-ниска средноквадратична грешка (~0.026 m) мрежите 1Yocto и EUREF EPN - малко по-лоши резултати, а с EGNOS EDAS се получи най-нискоточните резултати, при все това със стойности под 5 cm. Допълнително бяха анализирани и резултати от кинематични наблюдения с последваща обработка (PPK) в опорните точки, но поради кратката продължителност на инициализацията им (методът Stop-and-Go), тези данни се използват само като индикативни. Настоящото проучване позволи оценка на надеждността на някои комерсиални и некомерсиални инфраструктурни мрежи, а получените резултати показват потенциала на некомерсиалните мрежи за постигане на сантиметрова точност, която отговаря на много изисквания на съвременната геодезическа практика.

Ключови думи: GNSS, инфраструктурни мрежи, VRS, RTK, PPK.

ACCURACY EVALUATION OF RTK GNSS MEASUREMENTS USING COMMERCIAL AND NON-COMMERCIAL CORS NETWORKS

Assist. Prof. Diana Pobihailo, Assoc. Prof. Asparuh Kamburov, eng. Dmitro Mitchenko

SUMMARY

High-precision Global Navigation Satellite System (GNSS) positioning is critical for modern surveying and engineering applications. The Real-Time Kinematic (RTK) method provides centimeter-level accuracy in real time, but its effectiveness depends heavily on the characteristics of the correction network (density, correction formats and protocols, distance to a reference station, etc.). Today, both commercial and non-commercial RTK networks are available, but the issue of their accuracy in real conditions needs to be investigated periodically in connection with the continuous development of GNSS technologies, including system modernization, improvements in hardware, and correction and communication services. This study presents a comparative accuracy analysis of GNSS measurements in RTK mode using correction services from four commercial and non-commercial continuously operated reference station (CORS) networks for the area of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski” in Sofia, Bulgaria. The coordinate observations were obtained using CHCNAV i50 and Trimble R4 receivers and compared with reference values determined using a Trimble S6 robotic total station. The assessment was based on the calculation of horizontal and vertical errors, as well as the Root Mean Square Error (RMSE) for each GNSS correction source. According to the results of this study, the GeoNet network demonstrated the lowest RMS (~0.026 m), confirming its high efficiency in real-time conditions. The 1Yocto and EUREF networks showed slightly worse results, with EGNOS acquiring the least accurate results, yet still lower than 5 cm RMS. Additionally, the results of Post-Processed Kinematic (PPK) observations were analyzed; however, owing to the short duration of the Stop-and-Go initializations used, these data are considered only indicative. The present study allowed an assessment of the reliability of some commercial and non-commercial CORS networks, and the obtained results show the potential of non-commercial networks to achieve centimeter accuracy, which meets many requirements of modern geodetic practice.

Keywords: GNSS, CORS networks, VRS, RTK, PPK

1. INTRODUCTION

Modern surveying, mapping, and engineering tasks increasingly require accurate real-time positioning. GNSS technologies, particularly the RTK method, are widely used to achieve centimeter accuracy in the field. However, the accuracy level significantly depends on the chosen correction network. This study compared the positioning accuracy of four CORS networks: GeoNet, 1Yocto, EUREF, and EGNOS. Commercial and non-commercial services differ significantly in terms of base station density, quality of transmitted corrections, and signal stability. Additionally, the approximate results in the PPK mode were analyzed, but with a limited duration of fixation. The reference coordinates of the control points were obtained using a Trimble S6 robotic total station, which allowed us to objectively assess the accuracy of the GNSS measurements. The data were collected in Sofia (Bulgaria) using Trimble R4 and CHCNAV i50 receivers and processed at the Trimble Business Center (TBC) v. 2024.1.

Main tasks performed:

- GNSS observations of control points in RTK mode using the GeoNet, 1Yocto, EGNOS, and EUREF networks.
- Control GNSS observations in the PPK mode; post-processing with raw data from 1Yocto.
- Comparison of the obtained coordinates with the reference values.
- Analysis of which network provides the highest accuracy for use in engineering geodesy.

2. OVERVIEW OF THE GNSS METHODS USED

2.1. RTK – principles and accuracy factors

The RTK method is based on the differential determination of coordinates in real time using two GNSS receivers: a base station and a rover. The base station is located at a point with known coordinates and, in parallel with the rover, measures the carrier frequency phases and pseudo-distances to satellites [6]. Based on the difference between the observations and the known position of the base, corrections are calculated and transmitted to the rover receiver via a radio channel or an Internet connection [9]. These corrections allow compensating for the main errors of the GNSS signal (e.g., ionospheric and tropospheric delays and satellite clock errors), so that RTK provides centimeter accuracy in real time

[6], [7]. The method involves resolving the entire phase ambiguities on the fly, which allows for the quick determination of coordinates in the selected coordinate system [6]. An important condition for stable RTK operation is the constant transmission of corrections at a frequency of at least 1 Hz [1]. One of the key accuracy limitations is the distance between the base and rover stations; as this distance increases, the accuracy decreases owing to the growth of uncorrelated errors, primarily ionospheric errors. The typical RTK accuracy within 30 km is $\approx 8 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ horizontally and $\approx 15 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ vertically (CEP) [10]. In practice, RTK provides reliable operation with baselines of up to 20-30 km. If this threshold is exceeded, the initialization time increases significantly, and the quality of the fixed solution deteriorates [10]. To improve accuracy and increase coverage, network RTK solutions are used, in particular, Virtual Reference Station (VRS) technology [11]. The VRS method creates a virtual base near the rover based on the interpolation of corrections from several real reference stations, which effectively reduces the length of the base line to several kilometers, ensuring high accuracy even at large distances from the physical base [11].

2.2. PPK: methodology, advantages and limitations

The PPK method allows for high positioning accuracy without the need for constant communication between the base and rover GNSS receivers during fieldwork. Unlike RTK, which transmits corrections in real time, PPK applies corrections offline during post-observation processing [7]. Similar to RTK, PPK is based on a differential analysis of phase measurements. The base and rover stations synchronously record raw data, which are then combined in software to calculate the relative position of the rover to the base [7]. The processing considers accurate satellite orbits, delay models in the environment, and resolves phase ambiguities. Owing to the possibility of using forward and reverse time computations, the method demonstrates increased resistance to interference and signal loss. If phase cycles are successfully captured, the PPK accuracy can reach $2.5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ horizontally, which corresponds to class B accuracy in classical geodesy [6], [7]. One of the main advantages of PPK is its independence from stable communication with the base station; the rover can be located even at more than 50 km, provided that the observations are recorded accurately [7]. However, the weakness of the method is that the coordinates are calculated only after fieldwork, and additional post-processing is required, which increases the overall time to obtain the result and requires appropriate software.

2.3. CORS networks: commercial and non-commercial services, characteristics and reliability

2.3.1. Non-commercial networks

To improve the efficiency and accessibility of high-precision GNSS positioning, networks of continuously operating reference stations have been created that provide corrections to users. In terms of coverage and purpose, such networks are divided into global/continental networks, intended primarily for scientific and navigational purposes, and regional/local networks, focused on practical tasks of land management, construction, transport, and so on. Non-commercial networks are usually created by governmental or scientific institutions and provide data openly or on preferential terms. An example is the European continental EPN (EUREF Permanent GNSS Network, Fig. 1), which unites more than 300 permanent stations across Europe [3]. Data from all EPN stations (daily and hourly observation files, real-time streams) are available free of charge through open data centers, and the results of their processing—accurate coordinates, velocities, and tropospheric parameters—are regularly published for users [3]. Thus, the EUREF network provides the foundation for geodetic reference and long-term stability of reference frames in Europe. However, it was not created specifically for the operational service of RTK corrections to end users; its main purpose is to maintain a single high-precision reference system and scientific monitoring (e.g., geodynamics and climate) [3]. For practical applications, EPN data can be used in post-processing or for developing national differential positioning services. One EPN station, codenamed SOFI, operates in Bulgaria (Table 1, Fig. 2). It provides an NTRIP RTK data stream, freely available after subscription, which was used in this study.

Table 1. SOFI station configuration. Source - <https://epncb.oma.be/networkdata/siteinfo4onestation.php?station=SOFI00BGR>

RESPONSIBLE AGENCY	BKG (Bundesamt fuer Kartographie und Geodesie)
RESPONSIBLE FOR METADATA	BKG (Bundesamt fuer Kartographie und Geodesie)
CURRENT STATION CONFIGURATION	sofi00bgr_20250307.log
STATUS IN EPN	included since 22-06-1997
DATA LICENSE	CC-BY-4.0
LAST AVAILABLE DATA	01-10-2025
LAST RECEIVER	LEICA GR50 (07-03-2025 to now)
SET TO TRACK	GPS+GLO+GAL+BDS+SBAS
LAST ANTENNA	LEIAR25.R3/LEIT (29-04-2010 to now)

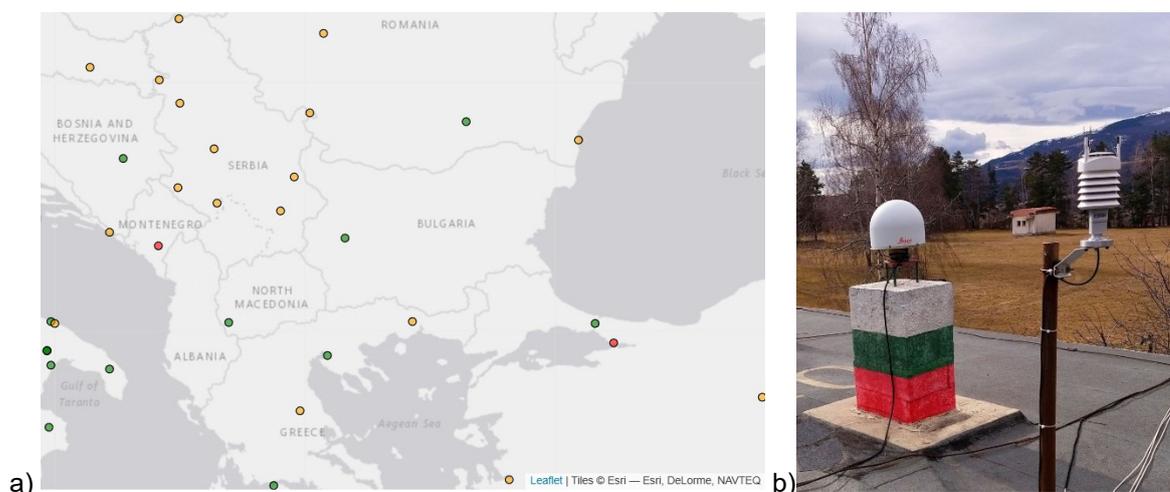


Figure 1 (a, b). a - EUREF EPN coverage in SE Europe. Stations in green are providing daily, hourly & real-time data; stations in orange - daily & hourly data; stations in red - only daily data; b – the EPN station [SOFI](#), located near Sofia.

Source: [EUREF Permanent GNSS Network](#)

Another example of a non-commercial service is the EGNOS satellite-based differential correction system. EGNOS is a European Satellite-Based Augmentation System (SBAS) consisting of a network of ground stations and geostationary satellites that transmit corrections to Global Positioning System (GPS)/Global Navigation Satellite System (GLONASS) signals to improve accuracy and ensure integrity for users in Europe [2, 4]. The EGNOS signal provides corrections to the GPS and GLONASS orbits and clocks, as well as to the ionospheric delay, which reduces positioning errors. EGNOS is used for aircraft approaches, maritime navigation, and other tasks that do not require centimeter accuracy. Although the EGNOS DGNSS accuracy is insufficient for geodetic work, it provides RTK coverage in the vicinity of its monitoring stations (Fig. 2) through a dedicated NTRIP RTK caster. This service, The EGNOS Data Access Service (EDAS), offers ground-based access to EGNOS data through the Internet on a controlled access basis (similar to EUREF). There is one station in Bulgaria, located at Sofia Airport, codenamed SOFA (SOFB).

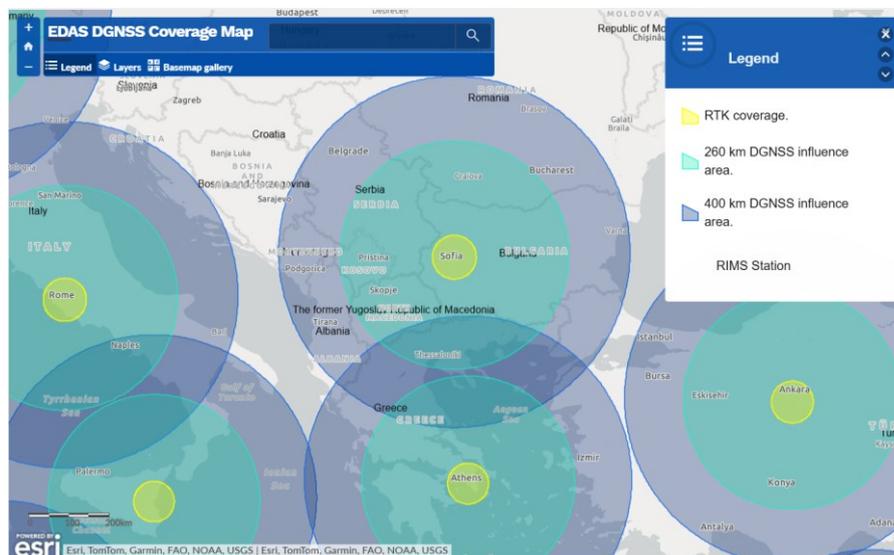


Figure 2. EGNOS coverage in SE Europe. The yellow circles represent areas with RTK data coverage, and the green and blue circles represent DGNS data.

Source: [EDAS DGNS Coverage Map](#)

2.3.2. Commercial networks

At the national and regional levels, many countries have commercial networks of GNSS reference stations that provide RTK/PPK services to subscribers. These networks are usually operated by private companies or governmental surveying agencies for a fee, but they offer users high accuracy and convenience without the need to deploy their own base station in the field. For example, in Bulgaria, there are four networks certified by the State Agency for Geodesy, Cartography, and Cadastre, that is, they meet the official minimal requirements for GNSS measurements for cadastral purposes [1]. Two of these networks were used in this study: GeoNet and 1Yocto.

The GeoNet network covers the entire territory of Bulgaria and provides access to RTK corrections with centimeter accuracy required for surveying [1]. The network is based on modern Trimble hardware and software, which guarantees the reliability of the service; the declared signal availability is close to 100%, as each network station is connected to a control center that monitors data quality and system continuity.

The other RTK service, 1Yocto, includes 43 permanent GNSS stations of the latest generation across the country, which track all global navigation systems (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou [9]. This system is also certified, confirming compliance with accuracy and reliability requirements [2]. The 1Yocto network center provides users with several modes of operation: real-time, with the ability to receive corrections from the nearest physical station, from a virtual reference station (VRS) near the user, or from a selected station in various formats (RTCM, CMR) [9]. For post-processing needs, 1Yocto provides data archives: the user can download RINEX (Receiver Independent Exchange Format) files with raw measurements of both real base stations and generated virtual ones (on request for given coordinates), with an arbitrary recording interval [7]. Thus, the service covers the full range of needs - from kinematic positioning 'in the field' to high-precision static measurement and subsequent processing.

Access to the resources of the GeoNet and 1Yocto networks is provided through subscription; different tariff plans allow you to choose the optimal mode of use (hourly, monthly, annual, etc.) [1], [5].

The territorial coverage of the networks under consideration is shown on the maps of the stations in Bulgaria (Fig. 3 – a and b).

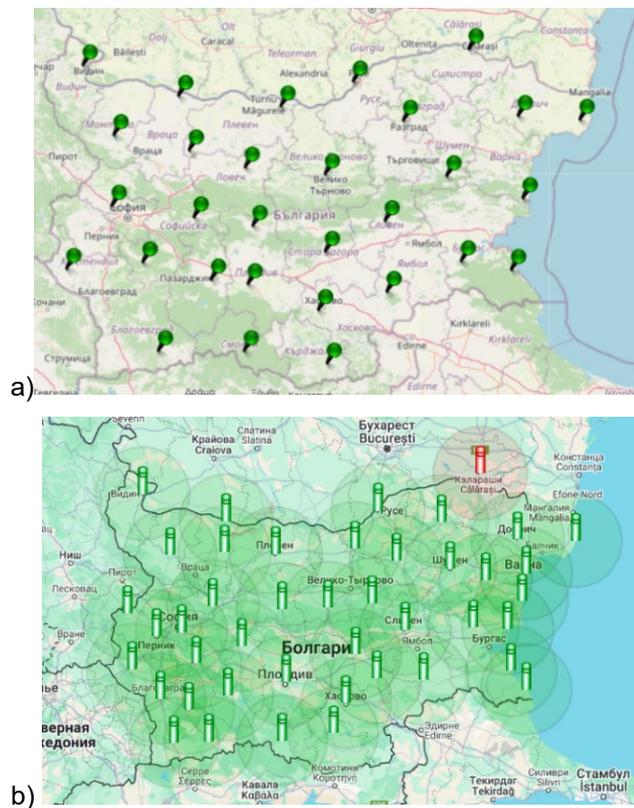


Figure 3. Network stations of GeoNet (a) and 1Yocto (b).

When comparing commercial and non-commercial GNSS networks, the following can be noted: commercial networks (GeoNet, 1Yocto) are focused on the prompt provision of corrections with maximum accuracy and convenience for the end user, while non-commercial networks (EUREF, EGNOS) are mainly focused on providing fundamental infrastructure and a wide range of navigation services. The choice of a particular service depends on the accuracy requirements and budget; for example, the monitoring of man-made deformations requires centimeter-level accuracy, which can only be achieved with RTK/PPK, whereas EGNOS sub-meter corrections are sufficient for GIS mapping or vehicle navigation [4]. All the networks under consideration, both commercial and free, play an important role in the modern GNSS navigation structure, complementing each other and providing users of different categories with the required level of accuracy and reliability.

3. METHODS

3.1. Tools and equipment

Field measurements were performed using modern geodetic equipment. For angular and linear measurements, a Trimble S6 robotic electronic total station was used (Fig. 4, a). This device is equipped with an auto-target tracking system that provides smooth and fast guidance. The Trimble S6 has high-precision angle sensors (accuracy of up to 3"). Two receivers are used for GNSS observations: Trimble R4 and CHCNAV i50 (Fig. 4 - b, c).



Figure 4. Tools and equipment

The Trimble R4 receiver supports GPS L1/L2 signals. It can operate in both static and kinematic modes, receiving RTK corrections via an internal UHF (Ultra High Frequency) radio modem or GSM (Global System for Mobile Communications) module. The second receiver, CHCNAV i50, belongs to the new generation of GNSS equipment: the built-in 624-channel receiver provides simultaneous tracking of all major constellations (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou), fast signal search and RTK positioning even in difficult reception conditions. The CHCNAV i50 receiver was equipped with a 4G modem to connect to Internet services for differential corrections. All GNSS receivers were mounted on standard milestones with a level and a measuring scale to determine the height of the antenna above the point.

3.2. Location of the control points

The study was conducted on the university campus, which has open spaces among several buildings. Several reference points were laid on the surface (asphalt/soil), where observations were made. Wooden pegs and metal markers were used to establish these points. (Fig. 5).



Fig. 5. Location of the study area

As shown in Fig. 5, the points were grouped within a plot of $\sim 50 \times 50$ m, which allowed for their mutual reference by both the GNSS and total station. The “Station” point was selected as the reference point

for the total station installation. Other points were placed in such a way as to be in the field of view of the total station.

3.3. Observation procedure

The measurement consisted of three stages on different days using the RTK and PPK methods to determine the coordinates. During GNSS observations, several sources of corrections were used: commercial network services GeoNet, 1Yocto, and non-commercial services EUREF and EGNOS. In addition, a robotic total station was used to obtain reference coordinates of the points. All measurements were made in the UTM34N (Universal Transverse Mercator, zone 34 North)/WGS84 (World Geodetic System 1984) coordinate system. Below is a description of the work progress for each stage:

3.3.1. Stage I (07.03.2025)

In the first stage, three points were laid: "Station", "Orient_1" and "Orient_2". Because of the close location of "Orient_2" near the building, it was not possible to determine its exact coordinates using the Trimble R4 receiver; therefore, this point was excluded from further research. The coordinates of "Station" and "Orient_2" were determined in the RTK and PPK modes (PPK observation time >10 min). The data obtained at the first stage were not included in the general calculations because the time of observations at the first stage in PPK mode differed from the time of observations at the subsequent stages, and the reference coordinates of these points were not measured.

3.3.2. Stage II (20.03.2025).

At the second stage, additional items were added: "2", "3", "4", "5", "6", "7". A Trimble R4 receiver was used, which operated in RTK and PPK modes using the GeoNet CORS network (using the VRS mountpoint). Simultaneously, a Trimble S6 robotic total station was used to measure the traditional line-angle references between the points. These data were then used for joint processing and mutual control.

3.3.3. Stage III (26.03.202).

In the final stage, control RTK measurements were performed using the CHCNAV i50 multi-frequency receiver. The aim of this study was to compare the accuracies of different differential correction networks. The CHCNAV i50 receiver was connected to three services in sequence: 1Yocto (using the NEARSMS mountpoint), EUREF (the nearest EPN station), and EGNOS/EDAS (the SOFB mountpoint). At each station, several independent coordinate measurements were performed by switching the source of corrections. During the third stage, the loss of the reporter at point 5 occurred. Therefore, this point was excluded from calculations.

3.3.4. Data processing was performed at the Trimble Business Centre.

The results were processed using the Trimble Business Center software version 2024.1. The Trimble Business Center is a professional geospatial data processing software that allows the import, editing, and analysis of GNSS and total station measurements. The software supports PPK post-processing, creation of virtual base stations, coordinate visualization, and accurate export of results to various formats.

All collected field data were imported into the TBC: GNSS observation files and total station measurement log. External reference data were imported for the post-processing of GNSS data in the PPK mode. During data processing, the GNSS vectors for the different network servers underwent a quality control review. One VRS was automatically created for the GeoNet and 1Yocto network servers, which made it possible to accurately determine the coordinates using the RTK mode. In addition, data from real base stations were used for non-commercial EGNOS and EUREF servers.

When processing the PPK data, two VRS stations were created with the manual selection of their location, and one real base station was used. As a result of processing the PPK data in the Trimble Business Center software environment, several solutions were generated for some points owing to

variations in satellite geometry or changes in the fixation mode. For further analysis, the solution with the lowest Position Dilution of Precision (PDOP) and the maximum number of satellites was selected as the most stable.

In this way, errors were eliminated (red flags), baselines for the stations were constructed, and the most stable GNSS signals were selected for both PTK and PPK measurements. The data obtained are summarized in Table 2 and were used to analyze the accuracy of each method. After completing the calculations, all the data were exported to Excel for further analysis.

Table 2. Coordinates of the measured points in WGS84 UTM 34N projection

Method	Service provider	Point name	Coordinates		
			Northing	Easting	Ellipsoid height
RTK	1Yocto	2	4725693.721	692882.486	635.950
		3	4725713.199	692865.237	635.580
		4	4725723.393	692859.674	635.415
		5	-	-	-
		6	4725710.588	692856.015	635.455
		7	4725680.867	692856.444	636.306
		GeoNet	2	4725693.715	692882.456
	3		4725713.187	692865.204	635.565
	4		4725723.396	692859.645	635.460
	5		-	-	-
	6		4725710.579	692855.973	635.421
	7		4725680.841	692856.437	636.289
	EGNOS		2	4725698.643	692881.379
		3	4725717.086	692865.795	632.579
		4	4725727.452	692860.314	632.194
		5	-	-	-
		6	4725714.481	692856.592	631.900
		7	4725685.828	692855.328	638.977
		EUREF	2	4725693.789	692882.503
	3		4725713.262	692865.272	635.502
	4		4725723.501	692859.718	635.338
5	-		-	-	
6	4725710.675		692856.051	635.335	
7	4725680.906		692856.461	636.088	
PPK	1Yocto		2	4725693.679	692882.492
		3	4725713.172	692865.260	635.578
		4	-	-	-
		5	4725717.594	692845.941	635.457
		6	4725710.632	692856.017	635.436
		7	4725680.834	692856.458	636.292
		Conventional	-	2	4725693.688
3	4725713.189			692865.225	635.561
4	4725723.407			692859.656	635.433
5	4725717.549			692845.907	635.421
6	4725710.562			692855.989	635.434
7	4725680.852			692856.431	636.271

4. RESULTS AND ANALYSIS

4.1. Introduction and aim of the analysis

This section analyses the accuracy of GNSS measurements made using the CHCNAV i50 and Trimble R4 receivers, compared with reference coordinates obtained by the Trimble S6 robotic total station. All coordinates are in the UTM34N (WGS84) system. The study covers four RTK networks: GeoNet, 1Yocto, EGNOS and EUREF. For each network, horizontal and vertical errors were determined, and then the RMS was calculated for a set of points. This made it possible to assess which network provides the best positioning accuracy. A comparison between RTK and PPK methods was also made, but due to the limited duration of observations in PPK mode, the results of this comparison are considered only within the framework of this study and cannot be considered generalized.

4.2. Calculation of horizontal and vertical errors

To assess the accuracy of the GNSS measurements, the horizontal and vertical errors were calculated for each point in all the observation methods by comparing the obtained coordinates with the reference coordinates determined using the Trimble S6 robotic total station. Subsequently, for each network (GeoNet, 1Yocto, EUREF, EGNOS in RTK mode, and GeoNet in PPK mode), the RMS was calculated for all points included in the analysis.

The horizontal error is defined as the distance in the plan view between the GNSS measurement and the reference coordinate:

$$(1) \quad \Delta_{hor} = \sqrt{(E - E_{ref})^2 + (N - N_{ref})^2}$$

where E and N are the East and North coordinates of the measured point, respectively.
 E_{ref} , N_{ref} — appropriate reference coordinates.

The vertical error is defined as the absolute difference between the height of the measured point and the reference:

$$(2) \quad \Delta_{vert} = |H - H_{ref}|$$

where H is the ellipsoidal height.
 H_{ref} — ellipsoidal height from a total station.

After that, the mean squared error was calculated separately for each correction network:

$$(3) \quad RMS_{hor} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta_{hor,i}^2)}$$

$$(4) \quad RMS_{vert} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta_{vert,i}^2)}$$

where n — the number of points included in the calculation for the respective network.

Point 5 for RTK was not used in the calculations, as it was lost before the relevant measurements were taken. At the same time, for the PPK mode, point 5 was included in the analysis, as its coordinates were obtained during the second stage of observations, when it was still in place.

In the RTK mode using the EGNOS network, points 3, 4 and 6 were excluded from the calculations, since the receiver did not reach a fixed solution at these locations (there was only a “float” position). The probable reason is the presence of nearby buildings (at 20-30 m) and woody vegetation, which could have worsened the quality of the satellite signal. This may also be due to the architecture of the EGNOS NTRIP data stream, which provides only GPS+GLONASS corrections in the legacy RTCM 2.3 format.

The results of the individual calculations of the horizontal and vertical errors for each point are presented in Table 3, which also shows the difference between the measured and reference values used to calculate the root mean square error. The generalized RMS values for each RTK network and PPK method are presented separately in Table 4, which allows for a comparative analysis of the accuracy of the applied technologies.

Table 3. Individual horizontal and vertical errors of GNSS measurements for each point

Method	Network	Name of point	Hor. Precision (68 %)	Vert. Precision (68 %)	Δ		
					Northing	Easting	Height
RTK	1Yocto	2	0.039	0.022	0.033	0.021	0.022
		3	0.016	0.019	0.010	0.012	0.019
		4	0.023	0.018	-0.014	0.018	-0.018
		5					
		6	0.037	0.021	0.026	0.026	0.021
		7	0.020	0.035	0.015	0.013	0.035
		2	0.028	0.007	0.027	-0.009	0.007
	GeoNet	3	0.021	0.004	-0.002	-0.021	0.004
		4	0.016	0.027	-0.011	-0.011	0.027
		5					
		6	0.023	0.013	0.017	-0.016	-0.013
		7	0.013	0.018	-0.011	0.006	0.018
		2	5.073	2.686	4.955	-1.086	2.686
	EGNOS	3	3.938	2.982	3.897	0.570	-2.982
		4	4.098	3.239	4.045	0.658	-3.239
		5					
		6	3.965	3.534	3.919	0.603	-3.534
		7	5.097	2.706	4.976	-1.103	2.706
	EUREF	2	0.108	0.159	0.101	0.038	-0.159
		3	0.087	0.059	0.073	0.047	-0.059
		4	0.113	0.095	0.094	0.062	-0.095
5							
6		0.129	0.099	0.113	0.062	-0.099	
7		0.062	0.183	0.054	0.030	-0.183	
PPK		1Yocto	2	0.028	0.003	-0.009	0.027
	3		0.039	0.017	-0.017	0.035	0.017
	4						
	5		0.056	0.036	0.045	0.034	0.036
	6		0.075	0.002	0.070	0.028	0.002
	7		0.032	0.021	-0.018	0.027	0.021

Table 4. RMS for each network and GNSS method

RMS	RTK				PPK
	1Yocto	GeoNet	EUREF	EGNOS	1Yocto
Northing	0.021	0.016	0.089	4.965	0.039
Easting	0.019	0.014	0.049	1.094	0.030
Height	0.024	0.016	0.127	2.696	0.020
Horizontal	0.028	0.021	0.102	5.085	0.049
General	0.037	0.026	0.163	5.755	0.053

PPK was performed using only the 1Yocto network. The problem is the initialization type (Stop-and-go), which provided worse results near trees and buildings, unlike the On-the-fly type, used in RTK. Therefore PPK results are presented for general guidance within this study.

4.3. Comparison of measurement results using different networks and methods.

Three separate diagrams were created to visually assess the positioning accuracy.



Diagram 1. RMS by Northing (N), Easting (E) and Height (H) coordinates for all RTK networks.

Diagram 2 clearly shows that the GeoNet network provided the lowest RSM values among all RTK networks, in particular: 0.014 m in east (E), 0.016 m in north (N), 0.016 m in height (H), with a total SCR of only 0.026 m. The 1Yocto and EUREF networks showed slightly worse results (0.037 m and 0.163 m, respectively). EGNOS, in its turn, showed significantly higher errors - up to 5.76 m of total RSM, which makes it unsuitable for high-precision geodesy in conditions of partial sky overlap. It is worth noting that points 3, 4 and 6 were excluded from the EGNOS calculations due to the lack of a fixed solution, which is likely due to the influence of surrounding buildings and trees.

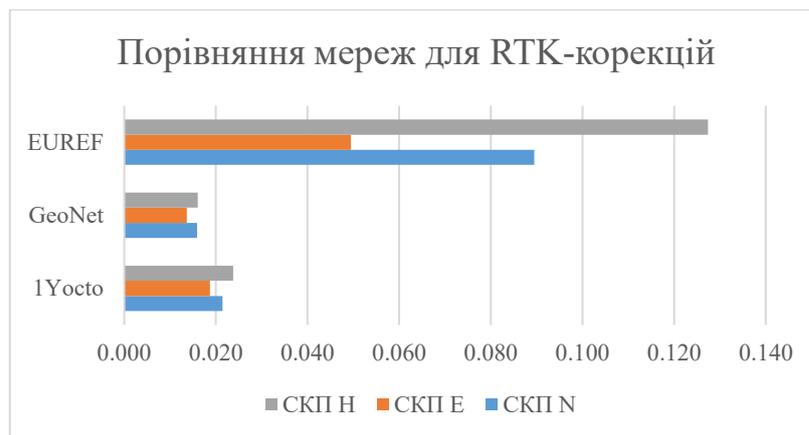


Diagram 2. Northing (N), Easting (E) and Height (H) coordinates for all RTK networks, but without EGNOS to improve the readability of the rest of the data

Diagram 3 shows a comparison between RTK and PPK (both from GeoNet). Despite the fact that PPK usually allows for higher accuracy, in this study, the RTK mode gave better results, with an overall RMS of 0.026 m for RTK versus 0.053 m for PPK. The main reason for this was the short fixation time in PPK - only 20-25 seconds per point, which limits the effectiveness of resolving phase uncertainties. RTK with GeoNet virtual stations provided stable fixes and high-quality corrections.

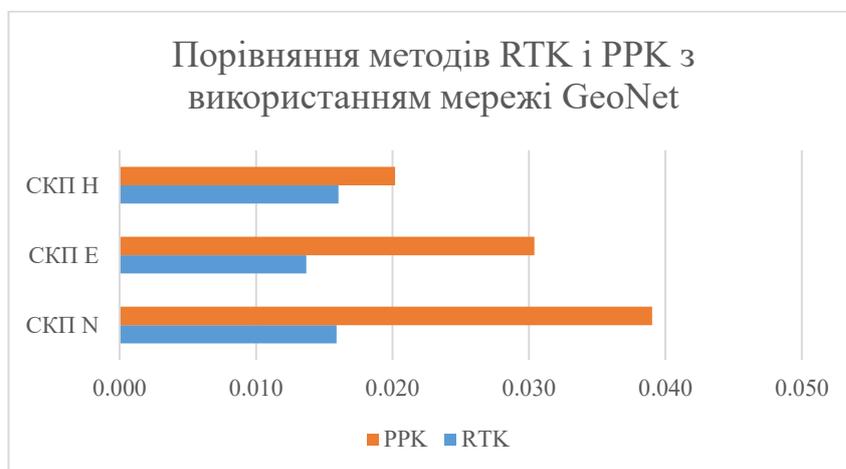


Diagram 3. Comparison of the total RSM in RTK (GeoNet) and PPK (GeoNet) modes

Thus, the results demonstrate that GeoNet is the most reliable network among those studied, and the RTK mode, in the presence of stable communication with the base, can outperform PPK under conditions of insufficient fixation time. The comparative values of all RMS are presented in Table 4.

5. CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

In this study, a comparative assessment of the accuracy of GNSS measurements in RTK mode, using CHCNAV i50 and Trimble R4 receivers, was performed in comparison with the reference coordinates determined by the Trimble S6 robotic total station. The main focus was on determining which of the studied RTK networks (GeoNet, 1Yocto, EUREF, and EGNOS) provided the lowest positioning errors under real conditions. For reference comparison, the results in the PPK mode were also analyzed; however, owing to the limited observation time, their assessment should be considered only in the context of this particular experiment.

The results of the analysis are as follows.

- 1) GeoNet provided the highest accuracy among all RTK networks, with an overall RMS of 0.026 m, including 0.014 m in the east coordinate, 0.016 m in the north coordinate, and 0.016 m in height.
- 2) 1Yocto and EUREF performed worse, with overall RMS values of 0.037 m and 0.163 m, respectively.
- 3) EGNOS was the least suitable for high-precision geodesy, with a total RMS of 5.755 m, which is explained by both the influence of obstacles in the observation area (buildings, trees) and possibly the usage of different coordinate system in the correction stream.

The study also recorded the loss of point 5 before the RTK measurements were made, so it was not included in this analysis but was used in the PPK. Also, it is impossible to obtain a fixed solution for individual points in EGNOS mode, which indicates the importance of choosing a measurement location based on the sky view. It is worth noting that points 3, 4 and 6 were not taken into account in the EGNOS case due to the lack of a fixed solution, which reduces the confidence in the results of this network in difficult conditions.

The results obtained show that when using modern commercial RTK networks (in particular, GeoNet), GNSS measurements can fully meet the requirements of high-precision geodesy, providing centimeter accuracy in plan and height. At the same time, the accuracy largely depends on the stability of communication, the number of available base stations and the quality of corrections.

Recommendations for future research:

- 1) Increase the initialization time in the PPK mode to 10-15 minutes to achieve a stable phase solution.
- 2) Observations should be carried out in the most open areas, especially when using satellite augmentation systems (EGNOS).
- 3) Establish backup points or duplicate replicas on the ground to avoid data loss.

- 4) The sample of observations should be expanded to different geographical conditions to confirm the stability of the results.
- 5) Analyze not only accuracy, but also time-to-first-fix (TTFF), fix stability and signal recovery after loss as additional parameters for evaluating GNSS networks.

Thus, the study confirmed that GeoNet is the most reliable among the studied RTK networks, and the positioning results meet the practical requirements for accurate geodetic surveying. Proper organization of observations, network selection, and consideration of terrain features remain key factors for achieving high accuracy in GNSS measurements.

This study is part of an Erasmus+ student mobility exchange project for the academic year 2024/2025.

6. REFERENCES

1. Yocto, [Online], available at: <https://1yocto.bg/>
2. Battrick, B. and Danesy, D. (2006), The European Geostationary Navigation Overlay System – A Cornerstone of Galileo, ESA Publications Division, Noordwijk, The Netherlands.
3. EUREF Permanent GNSS Network, EPN Central Bureau, [Online], available at: <http://epncb.oma.be>
4. European Satellite Services Provider – EGNOS Information, ESSP SAS, [Online], available at: <https://www.essp-sas.eu/>
5. GeoNet Bulgaria, [Online], available at: <https://www.geonet.bg/>
6. Ghilani, C. D. (2017). Adjustment Computations: Spatial Data Analysis, 6th ed., Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
7. Hofmann-Wellenhof, B, Lichtenegger, H. and E. Wasle. (2007). GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo & more, Springer.
8. Meneses III, S. F. M. (2021). Rapid Testing: Analysis of GNSS Rapid Static Observations Suitability for Engineering Surveys in Urban Environments in the Time of COVID-19. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVI-4/W6-2021, pp.213–218. [Online]. Available: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLVI-4-W6-2021/213/2021/>
9. RTK корекции 1Yocto. Геоинформационна компания (Bulgarian Geoinformation Co.), [Online]. Available: https://www.geoinformation.bg/?page_id=338 (дата звернення: квітень 2025).
10. Trimble Inc. Siteworks Help – GNSS Positioning and Accuracy Guidelines. [Online]. Available: <https://siteworkshelp.trimble.com/> (Accessed: April 2025).
11. Wanninger, L. (2002). Virtual Reference Stations (VRS) for Centimeter-Level Kinematic Positioning. Proceedings of ION GPS, Portland, OR, 2002, pp. 1400–1407.

ADDRESS OF THE AUTHORS

1. Assist. Prof. Diana Petrovna Pobigaylo, Department of Surveying, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine, km_pdp@ztu.edu.ua
2. Assoc. Prof. Asparuh Krasenov Kamburov Department of Mine Surveying and Geodesy, University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, asparuh.kamburov@mgu.bg
3. Eng. Dmytro Volodymyrovych Mitchenko, Kryvyi Rih National University, dmitrii.mitchenko@gmail.com.

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГЕОДИНАМИЧНИ ПРОЦЕСИ ПРИ ОПАЗВАНЕ НА КУЛТУРНИ
ПАМЕТНИЦИ В РАЙОНА НА ИЗТОЧНИ РОДОПИ ВЪЗ ОСНОВА НА ДАННИ ОТ SAR –
ОБЕКТ „ПЕРПЕРИКОН“**

**Проф д- р инж. Христо Николов, Проф д- р инж. Деница Борисова,
Елица Узунова, Иван Стоев,
ИКИТ – БАН**

РЕЗЮМЕ

Културното наследство на България представлява ключов компонент от националната идентичност, като значителна част от него е локализирана в територии с висока природна стойност и сложни геоложки характеристики. Регионът на Източните Родопи се отличава с изключително висока концентрация на археологически и скални паметници, включително светилища, крепости и гробни съоръжения, които свидетелстват за дългосрочното взаимодействие между човешките общности и природната среда. Геоложката структура на района, характеризираща се с вулcano-седиментни и метаморфни формации, го прави особено податлив на ерозионни процеси и свлачищни явления. Тези процеси представляват сериозна заплаха за физическата цялост и устойчивост на културните обекти. В този контекст дистанционните изследвания и геоинформационните системи (ГИС) предоставят ефективни инструменти за мониторинг на промените в земната повърхност и за оценка на геодинамичната стабилност. Информацията получена от сателитни SAR апаратурни комплекси, както и от други сателитни инструменти за дистанционни изследвания, осигуряват надеждна основа за количествена оценка на геоложкия риск и за разработване на стратегии за устойчиво управление на културното наследство. В рамките на настоящото изследване се демонстрира приложимостта на резултати от интерпретация на SAR данни за анализ на геодинамичните процеси в района на светилището „Перперикон“, като се акцентира върху предимствата на технологията за ранно откриване на деформации и потенциални рискови зони, както и на тяхното проследяване за различни времеви периоди.

Ключови думи: културно наследство, дистанционно наблюдение, деформации на Земята, SAR и оптични данни, растителна маска.

**STUDYING GEODYNAMIC PROCESSES IN THE PRESERVATION OF CULTURAL
MONUMENTS IN THE EASTERN RHODOPE REGION BASED ON SAR DATA – USE
CASE “PERPERIKON” SITE**

**Prof. Dr. Eng. Hristo Nikolov, Prof. Dr. Eng. Denitsa Borisova,
Elitsa Uzunova, Ivan Stoev, SRTI – BAS**

SUMMARY

Bulgaria's cultural heritage constitutes a fundamental element of its national identity, with a substantial proportion situated in ecologically valuable regions characterized by complex geological structures. The Eastern Rhodope Mountains, in particular, exhibit an extraordinary density of archaeological and lithocultural monuments—including sanctuaries, fortifications, and necropolises—that serve as enduring

evidence of the prolonged interaction between anthropogenic activity and the natural environment. The region's lithostratigraphy, dominated by volcano-sedimentary and metamorphic formations, renders it highly susceptible to geomorphological processes such as erosion and mass wasting, including landslides. These dynamic processes pose significant risks to the structural integrity and long-term preservation of cultural heritage assets. In this context, the integration of remote sensing technologies and geoinformation systems (GIS) offers a robust methodological framework for the spatiotemporal monitoring of surface deformations and the assessment of geodynamic stability. Data acquired from satellite-based Synthetic Aperture Radar (SAR) platforms, complemented by other multispectral and hyperspectral remote sensing modalities, provide a quantitative basis for evaluating geological hazards and informing evidence-based strategies for the sustainable conservation of cultural resources. This study demonstrates the utility of SAR data interpretation in characterizing geodynamic activity within the vicinity of the Perperikon sanctuary. The analysis underscores the advantages of SAR-based interferometric techniques for the early detection of ground deformation patterns, the delineation of potential hazard zones, and the temporal tracking of surface instability phenomena.

Key words: cultural heritage, remote sensing, ground deformations, SAR and optical data, vegetation mask.

АДРЕСИ НА АВТОРИТЕ

1. Проф д-р инж. Христо Николов
Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev St, Bl. 1, 1113 Sofia, Bulgaria,
e-mail: hristo@stil.bas.bg;
2. Проф д-р инж. Деница Борисова
Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev St, Bl. 1, 1113 Sofia, Bulgaria
e-mail: dborisov@stil.bas.bg
3. Елица Узунова
Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev St, Bl. 1, 1113 Sofia, Bulgaria
e-mail: elitzauzunova@space.bas.com
4. Иван Стоев
Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev St, Bl. 1, 1113 Sofia, Bulgaria,
e-mail: ivanstoev@space.bas.com

**СРАВНЕНИЕ НА МОДЕЛА ЗА ЙОНИЗАЦИЯ CORIMIA – 3-ИНТЕРВАЛНА
АПРОКСИМАЦИЯ С ДАННИ ОТ СПЪТНИЦИ ЗА КОСМИЧЕСКИ ЛЪЧИ**

**Чл. кор. дфн Проф. Петър Велинов, доц. д-р Симеон Асеновски, доц. д-р Лъчезар
Матеев, ИКИТ – БАН**

РЕЗЮМЕ

Моделът за йонизация CORIMIA се използва за описание на процеса на йонизация в земната атмосфера, причинен от частици на космическите лъчи. В това изследване се представя три-интервална апроксимация на функцията на йонизационните загуби dE/dh за протони от космическите лъчи със заряд $Z=1$. Подходът разширява предишния дву-интервален модел чрез въвеждане на трети интервал за по-високи енергии на частиците ($E_k > 5 \text{ GeV}$), подобрявайки точността на изчисленията на скоростта на йонизация в горните слоеве на атмосферата. Извеждат се аналитични изрази за законите на загуба на енергия и съответните атмосферни прагови параметри за всеки интервал. Получената формулировка позволява по-подробна оценка на добива на йонизация и допринася за по-добро представяне на енергийнозависимото поведение на протоните от космически лъчи в рамките на CORIMIA.

Ключови думи: Йонизация от космически лъчи, модел CORIMIA, три-интервална апроксимация, функция на загуба на енергия, йонизация на протони, атмосферна йонизация

**COMPARISON OF CORIMIA IONIZATION MODEL – 3-INTERVAL
APPROXIMATION WITH SATELLITE DATA FOR COSMIC RAYS**

**Corr. Memb. DSci. Peter Velinov, Assoc. Prof., Simeon Asenovski, Assoc. Prof.
Lachezar Mateev, I – BAS**

SUMMARY

The CORIMIA ionization model is used to describe the process of ionization in the Earth's atmosphere caused by cosmic ray particles. In this study, a three-interval approximation of the ionization loss function dE/dh is presented for cosmic ray protons with charge $Z=1$. The approach extends the previous two-interval model by introducing a third interval for higher particle energies ($E_k > 5\text{GeV}$), improving the accuracy of ionization rate calculations in the upper atmospheric regions. Analytical expressions are derived for the energy loss laws and the corresponding atmospheric cut-off parameters in each interval. The obtained formulation allows a more detailed estimation of the ionization yield and contributes to a better representation of the energy-dependent behavior of cosmic ray protons within the CORIMIA framework.

Keywords: Cosmic Ray Ionization, CORIMIA Model, Three-Interval Approximation, Energy Loss Function, Proton Ionization, Atmospheric Ionization

1. INTRODUCTION

Cosmic rays are high-energy charged particles originating from galactic, solar, and interstellar sources. Upon entering the Earth's atmosphere, they interact with atmospheric constituents, producing cascades of secondary particles that contribute to atmospheric ionization and chemical changes [1]. The ionization caused by cosmic rays plays a fundamental role in atmospheric electricity, cloud microphysics, and long-term climate variability [2]. Depending on their origin and energy, cosmic rays are generally divided into three main components: Galactic Cosmic Rays (GCRs), Solar Energetic Particles (SEPs), and Anomalous Cosmic Rays (ACRs). The GCRs dominate during quiet solar conditions and provide the background ionization at all latitudes. SEPs are transient, event-related fluxes associated with solar flares and coronal mass ejections, while ACRs represent a lower-energy component accelerated at the heliospheric boundary [3–5].

The differential energy spectra of these components are shown in Figure 1, where the typical fluxes of GCRs during solar maximum and minimum are compared with representative SEP and ACR spectra. As illustrated, galactic protons and alpha particles contribute most significantly in the range between 0.1 and 10 GeV, which corresponds to the energy interval most relevant for atmospheric ionization processes.

Accurate modeling of cosmic ray ionization requires a detailed description of the energy loss of charged particles as they penetrate the atmosphere. The CORIMIA (Cosmic Ray Ionization Model for the Atmosphere) model provides such a framework by analytically integrating the energy loss function $(1/p)(dE/dh)$ over the primary energy spectrum, accounting for geomagnetic shielding and solar modulation effects [6]. The precision of this approach strongly depends on the adopted approximation of the ionization loss function, which determines the rate of energy dissipation with atmospheric depth.

Previous studies employed a two-interval approximation based on the Bethe–Bloch theory [7], successfully reproducing the observed ionization at low and medium energies. However, at higher kinetic energies ($E_k > 5$ GeV), deviations become noticeable. Therefore, a three-interval approximation has been developed to extend the applicability of CORIMIA for high-energy protons ($Z=1$), providing better continuity and improved representation of the ionization loss function across a wide energy range [8].

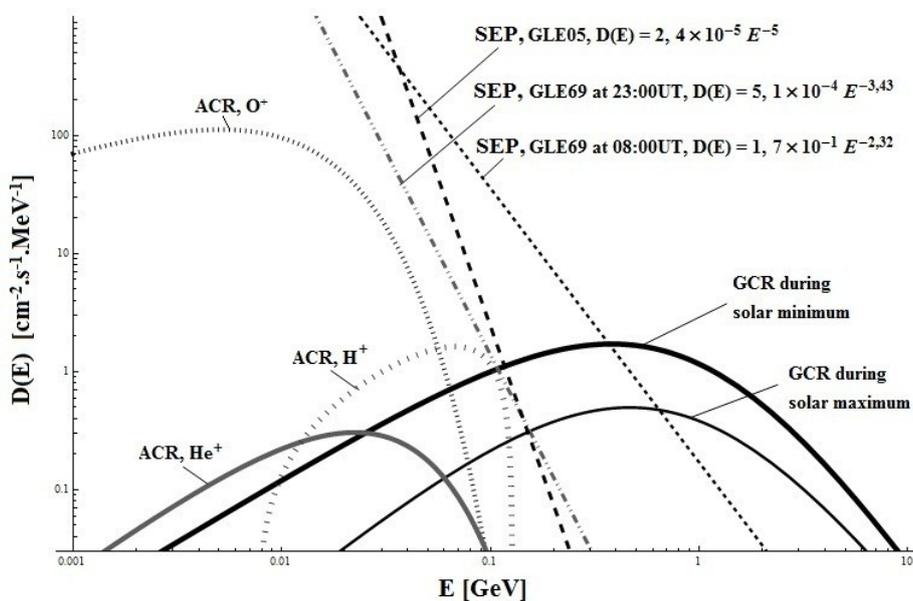


Fig. 1. Differential energy spectra of Galactic Cosmic Rays (GCR), Solar Energetic Particles (SEP), and Anomalous Cosmic Rays (ACR) for different particle species and solar conditions.

2. IONIZATION FUNCTION AND MODEL FORMULATION

The ionization rate in the Earth's atmosphere produced by cosmic ray particles is determined by their energy loss per unit mass thickness, expressed as:

$$(1) \quad q(h) = \left(\frac{\rho(h)}{Q} \right) \int_{E_{cut}}^{\infty} D(E) \left(\frac{dE}{dh} \right) dE,$$

where $\rho(h)$ is the atmospheric density at altitude h , $D(E)$ is the differential cosmic ray spectrum, Q is the mean energy required for the creation of an ion pair ($Q=35$ eV), and E_{cut} is the effective cut-off energy determined by geomagnetic and atmospheric shielding.

The CORIMIA (COsmic Ray Ionization Model for the Atmosphere and Ionosphere) model evaluates $q(h)$ for various charged particles ($Z \geq 1$) using analytical expressions for the ionization loss function dE/dh . Following the approach of [3, 4], the model separates the particle energy range into characteristic intervals where the dependence of dE/dh on E can be approximated by power laws.

3. ENERGY LOSS FUNCTION

For protons ($Z=1$), the energy loss function is expressed as:

$$(2) \quad \left(\frac{1}{\rho} \right) \left(\frac{dE}{dh} \right) = A_i \cdot E^{-\alpha_i}, \quad E_{i-1} \leq E < E_i,$$

where A_i and α_i are constants determined for each interval i . In the three-interval approximation, the limits are chosen as:

$$(3) \quad E_1 = 0.15 \text{ GeV}, \quad E_2 = 0.6 \text{ GeV}, \quad E_3 = 5.0 \text{ GeV}.$$

Thus, the function becomes:

$$(4) \quad - \left(\frac{1}{\rho} \right) \left(\frac{dE}{dh} \right) = \begin{cases} 242 \cdot E^{-\frac{3}{4}}, & 0.15 \leq E < 0.6 \text{ GeV} & \text{Interval 1} \\ 2, & 0.6 \leq E < 5.0 \text{ GeV} & \text{Interval 2} \\ 0.7 \cdot E^{0.123}, & E \geq 5.0 \text{ GeV} & \text{Interval 3} \end{cases}$$

These intervals correspond respectively to low-energy, intermediate, and high-energy domains of cosmic ray protons.

4. PENETRATION DEPTH AND ATMOSPHERIC CUT-OFF

The quantity of matter traversed by a particle is given by the integral:

$$(5) \quad \bar{h} = \int_{E_k}^{E_c} \left(\frac{1}{\rho} \right) \left(\frac{dE}{dh} \right) dE,$$

which defines the penetration depth as a function of the particle's initial energy E_k . Using the above approximation, analytical expressions for $\bar{h}(E_k)$ are derived for each interval. For example, for $E_k \geq 5$ GeV:

$$(6) \quad \bar{h} = \bar{h}_3 = \left(\frac{1}{0.7} \right) \int_{E(h)}^{E_k} \left(\frac{dE}{E^{0.123}} \right) = \left(\frac{1}{0.7 \times 0.877} \right) (E_k^{0.877} - E_3(0.877)(h)),$$

and the inverse relation gives the energy of the particle at a given depth:

$$(7) \quad E_3(h) = (E_k^{0.877} - 0.61 \cdot \bar{h})^{1.14}.$$

These relations provide the atmospheric energy thresholds and are further used to calculate $q(h)$ through integration over the cosmic ray spectrum.

The three-interval approximation thus improves the description of energy loss processes for low, medium, and high energies, ensuring a more accurate estimation of the ion production rate in the middle and upper atmosphere. The resulting formulation is implemented in the CORIMIA model and serves as the basis for subsequent calculations of ionization profiles under quiet and disturbed heliospheric conditions.

5. THREE-INTERVAL APPROXIMATION FOR COSMIC RAY PROTONS ($Z = 1$)

The ionization rate in the atmosphere depends strongly on the spectrum of primary cosmic ray particles and the energy-dependent ionization losses during their propagation. For charged particles with $Z=1$ (protons), the energy loss function dE/dh is approximated by three characteristic intervals according to Equation (4). This approach extends the previous two-interval model by including a high-energy domain that improves the description above 5 GeV, where relativistic effects and deep penetration become significant.

6. ATMOSPHERIC CUT-OFF ENERGIES AND DEPTH RELATIONS

The atmospheric cut-off represents the depth (or equivalent mass thickness) at which a cosmic ray particle of given kinetic energy E_k is completely absorbed or loses its ability to ionize the atmosphere effectively. For the three-interval approximation, the total penetration depth is expressed as the sum of contributions from each interval:

$$(8) \quad \bar{h} = \bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3 = \left(\frac{1}{242}\right) \int_{0.15}^{0.6} \left(\frac{dE}{E^{0.75}}\right) + \left(\frac{1}{2}\right) \int_{0.6}^{5.0} dE + \left(\frac{1}{0.7}\right) \int_{5.0}^{E_{a3}(h)} \left(\frac{dE}{E^{0.123}}\right).$$

Evaluating these integrals gives:

$$(9) \quad \bar{h} = \left(\frac{1}{423.75}\right) \left(600^{\frac{7}{4}} - 0.15^{\frac{7}{4}}\right) + \left(\frac{1}{2}\right) (5.0 - 0.6) + \left(\frac{1}{0.61}\right) \left(E_{a3}^{0.877} - 5.0^{0.877}\right).$$

From this relation, the atmospheric cut-off energy in the third interval is derived as:

$$(10) \quad E_{a3}(h) = (297.9 + 0.61\bar{h})^{1.14}.$$

This expression defines the lower energy boundary for protons penetrating into Interval 3 ($E \geq 5$ GeV).

7. TRANSITION BETWEEN INTERVALS

When the particle energy passes through the boundaries at 600 MeV or 5 GeV, separate relations describe the behavior in the overlapping regions between intervals:

$$(11) \quad \bar{h} = \bar{h}_2 + \bar{h}_3 = \left(\frac{1}{2}\right) \int_{E_{32}(h)}^{5.0} dE + \left(\frac{1}{0.7}\right) \int_{5.0}^{E_k} \left(\frac{dE}{E^{0.123}}\right),$$

which yields the energy for the 5 GeV transition as:

$$(12) \quad E_{32}(h) = 5.0 - 2\bar{h} + 3.28(E_k^{0.877} - 5.0^{0.877}).$$

Similarly, when the particle crosses both interval boundaries (600 MeV and 5 GeV), the total depth is:

$$(13) \quad \bar{h} = \bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3 = \left(\frac{1}{242}\right) \int_{E_{32}(h)}^{0.6} \left(\frac{dE}{E^{0.75}}\right) + \left(\frac{1}{2}\right) \int_{0.6}^{5.0} dE + \left(\frac{1}{0.7}\right) \int_{5.0}^{E_k} \left(\frac{dE}{E^{0.123}}\right).$$

and the corresponding energy boundary becomes:

$$(14) \quad E_{31}(h) = \left(600^{\frac{7}{4}} - 423.75\hbar + 211.88(5.0 - 0.6) + 694.67(E_k^{0.877} - 5.0^{0.877}) \right)^{\frac{4}{7}}.$$

8. SPECIAL CASES FOR BOUNDARY TRANSITIONS

For the 600 MeV boundary, when the incoming particle energy lies in Interval 2:

$$(15) \quad \hbar = \left(\frac{1}{2} \right) \int_{0.6}^{E_{600,2}} dE = \left(\frac{1}{2} \right) (E_{600,2} - 0.6) \rightarrow E_{600,2} = 0.6 + 2\hbar.$$

When the energy belongs to Interval 3, the relation becomes:

$$(16) \quad \hbar = \left(\frac{1}{2} \right) (5.0 - 0.6) + \left(\frac{1}{0.61} \right) (E_{600,3}^{0.877} - 5.0^{0.877}),$$

and hence:

$$(17) \quad E_{600,3} = (0.61\hbar + 5.0^{0.877} - 0.3(5.0 - 0.6))^{1.14}.$$

Finally, for the 5 GeV boundary, when the particle enters from infinity:

$$(18) \quad \hbar = \left(\frac{1}{0.7} \right) \int_{5.0}^{E_{5000,3}} \left(\frac{dE}{E^{0.123}} \right) = \left(\frac{1}{0.61} \right) (E_{5000,3}^{0.877} - 5.0^{0.877}).$$

and the corresponding relation is:

$$(19) \quad E_{5000,3} = (5.0^{0.877} + 0.61\hbar)^{1.14}.$$

9. DISCUSSION

Figure 3 illustrates the three-interval approximation of the ionization energy loss function $(1/\rho)(dE/dh)$ for cosmic ray protons ($Z=1$) in the CORIMIA model. Each colored region corresponds to a distinct energy domain:

the low-energy interval (0.15–0.6GeV), where the ionization losses follow a steep inverse power law, the intermediate interval (0.6–5GeV), characterized by nearly constant specific losses, and the high-energy interval (>5GeV), where relativistic corrections modify the loss function toward a slow rise with energy.

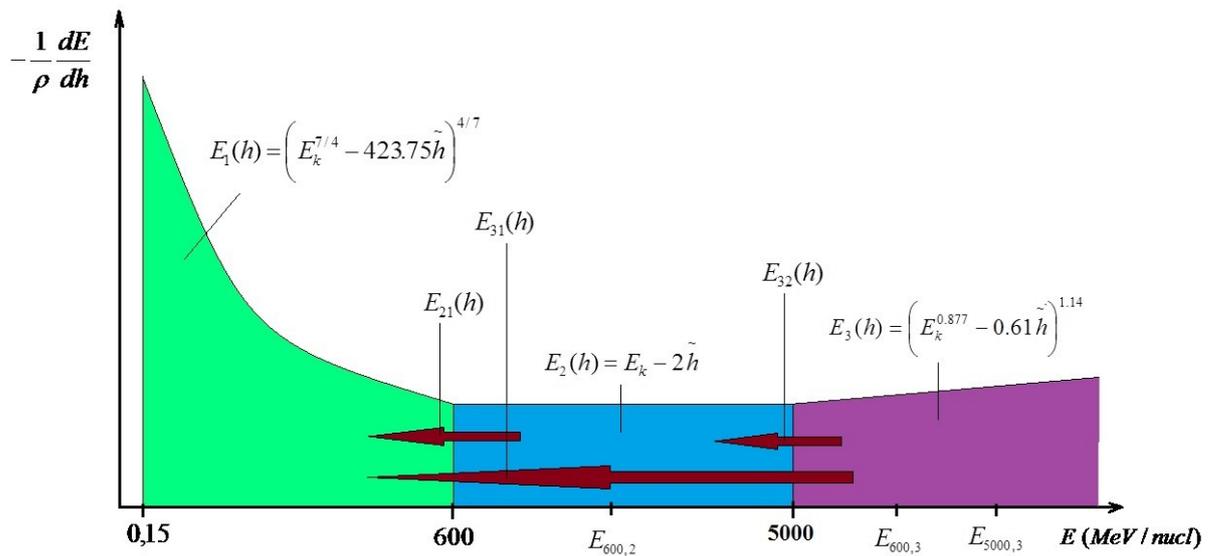


Fig. 2. Three-interval approximation of the ionization energy loss function for cosmic ray protons ($Z = 1$). The curves $E_1(h)$, $E_2(h)$, and $E_3(h)$ correspond to the laws of energy losses for the individual intervals, while $E_{21}(h)$, $E_{32}(h)$, and $E_{31}(h)$ represent the transition cases where the kinetic energy of the ionizing particles crosses one or two energy boundaries.

The analytical relations $E_1(h)$, $E_2(h)$, and $E_3(h)$ describe the evolution of particle energy with atmospheric depth for each interval. The additional functions $E_{21}(h)$, $E_{32}(h)$, and $E_{31}(h)$ define the transitional cases when the penetrating proton crosses one or two boundaries between adjacent intervals. These relations ensure continuity of the energy–depth dependence and prevent artificial discontinuities in the total ionization rate $q(h)$, which was a limitation of earlier two-interval models. Physically, the three-interval approach captures the different regimes of proton–air interactions.

At low energies, the stopping power is dominated by ionization and excitation processes following the Bethe–Bloch law; in the mid-energy range, the specific loss per unit path becomes nearly constant; and at relativistic energies, energy losses increase again due to radiative and density-effect corrections.

This behavior determines the shape of the ionization profile in the atmosphere, particularly above the Pfozter maximum.

By integrating the loss function over the differential proton spectrum $D(E)$, the CORIMIA model provides altitude-dependent ionization rates that are consistent with empirical data and Monte Carlo simulations [3, 4]. The implementation of the third energy interval improves the accuracy of the calculated ionization rate in the upper stratosphere and mesosphere, where the contribution of high-energy protons becomes significant. This extension is especially relevant for space weather studies, as it allows the model to simulate both quiet-time galactic cosmic ray ionization and event-driven enhancements from solar energetic particles (SEPs).

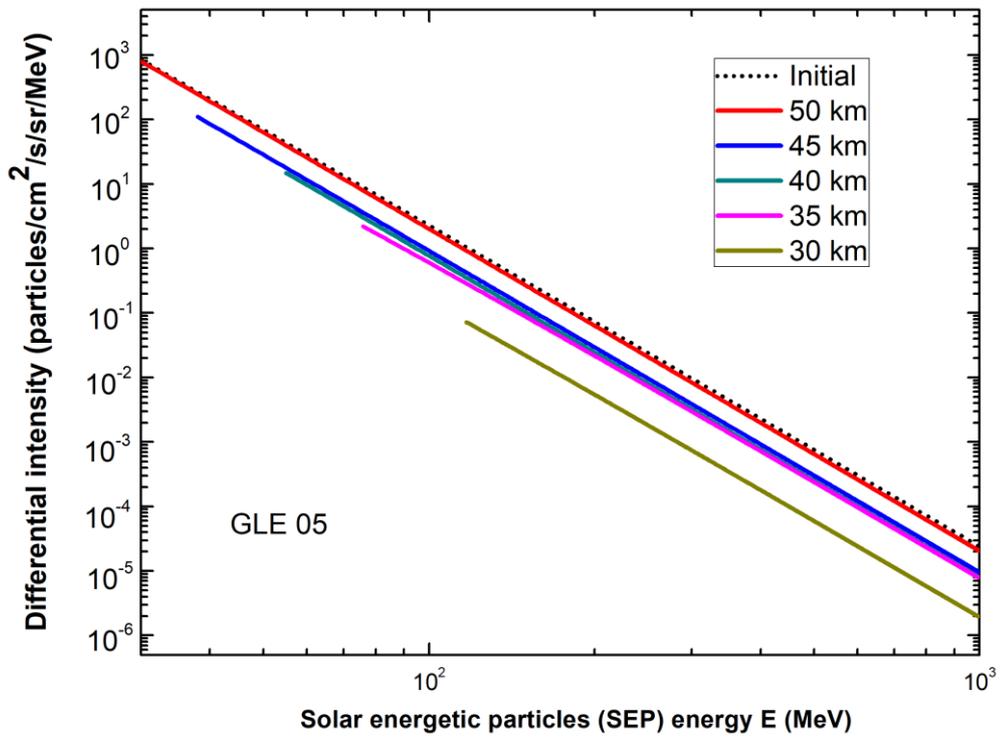


Fig. 3. Solar energetic particles (SCRs) spectrum from SPE event on 23 February 1956 at altitudes 30, 35, 40, 45, 50 km with initial spectrum outside of the atmosphere (dotted curve), this is the most powerful solar proton event in the history of space era

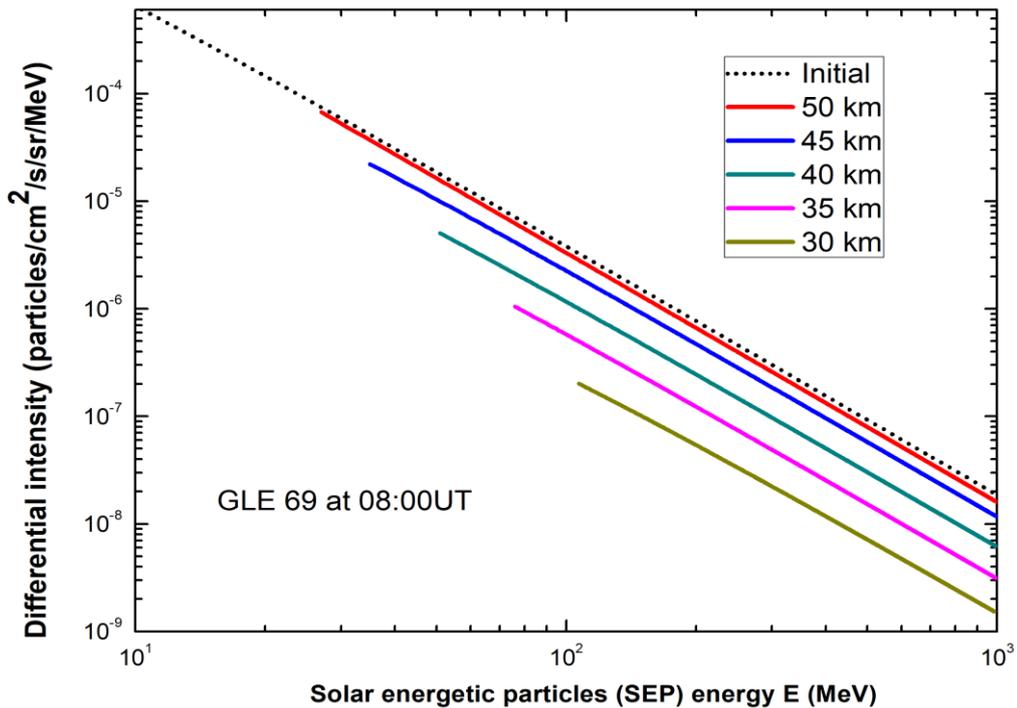


Fig. 4. Solar energetic particles (SCRs) spectrum from SPE event on 20 January 2005 at 8:00 UT for altitudes 30, 35, 40, 45, 50 km with initial spectrum outside of the atmosphere (dotted curve). This is the second powerful solar proton event in the space era.

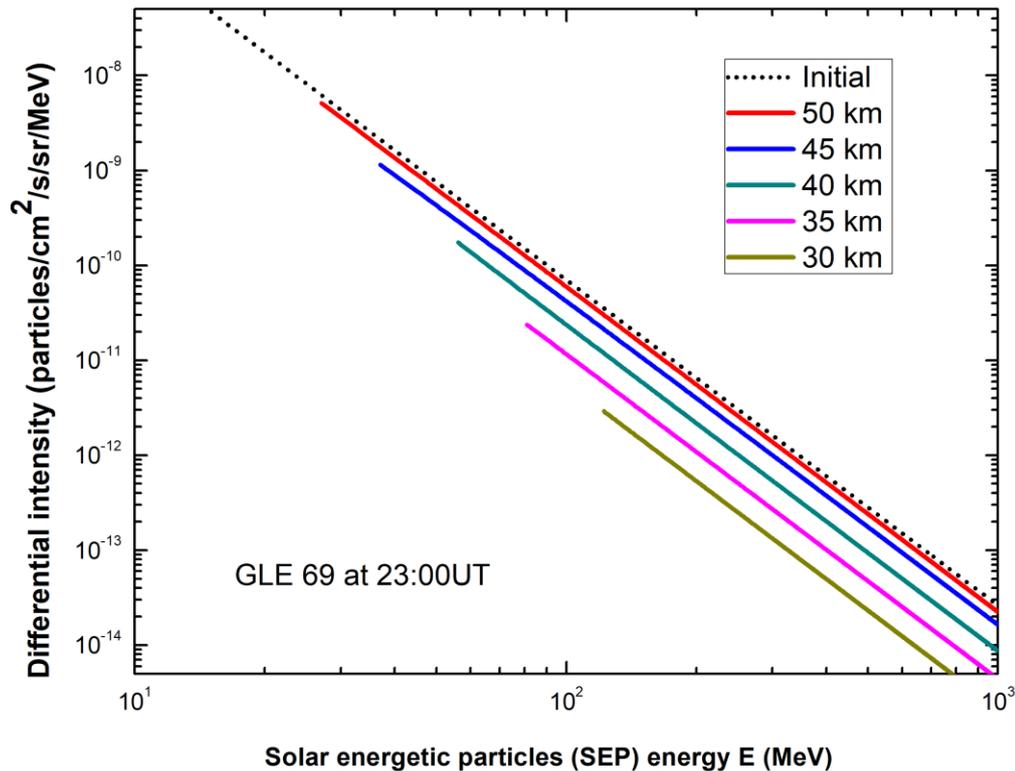


Fig. 5. Solar energetic particles (SCRs) spectrum from SPE event on 20 January 2005 at 23:00 UT for altitudes 30, 35, 40, 45, 50 km with initial spectrum outside of the atmosphere (dotted curve). This is the second powerful solar proton event in the space era.

10. CONCLUSIONS

The three-interval approximation developed within the CORIMIA ionization model represents a significant refinement in the analytical treatment of cosmic ray-induced ionization. Compared with the earlier two-interval formulation, the inclusion of a high-energy domain (above 5 GeV) provides:

- improved continuity of the ionization loss function across energy boundaries,
- more realistic representation of relativistic energy losses,
- and enhanced accuracy of the ion production rate in the upper atmosphere.

The analytical expressions derived for $E_i(h)$ and $E_{ij}(h)$ yield compact formulas for the atmospheric cut-off energies and penetration depths. These relations can be used in both forward modeling and inverse reconstruction of particle energy spectra from observed ionization profiles. The CORIMIA model, supplemented by the present three-interval approximation, therefore offers a robust framework for studying ionization processes across the full range of cosmic ray proton energies, linking theoretical physics with practical space climate applications.

11. REFERENCES

1. Bazilevskaya, G.A., Usoskin, I.G., Flückiger, E.O. et al. Cosmic ray induced ion production in the atmosphere. *Space Science Reviews*, 2008, 137, 149–173.
2. Usoskin, I.G., Kovaltsov, G.A. Cosmic ray induced ionization in the atmosphere: Full modeling and practical applications. *Journal of Geophysical Research*, 2006, 111, D21206.
3. Velinov, P.I.Y., Asenovski, S., Mateev, L., Mishev, A. Improved COsmic Ray Ionization Model for Atmosphere and Ionosphere (CORIMIA) with account of Monte Carlo Simulations. *Journal of Physics: Conference Series*, 2013, 409, 012212. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/409/1/012212>.

4. Velinov, P.I.Y., Asenovski, S., Mateev, L. Ionization of Solar Cosmic Rays in Ionosphere and Middle Atmosphere Simulated by CORIMIA Programme. *Comptes Rendus de l'Académie Bulgare des Sciences*, 2013, 66(2), 235–242.
5. Moraal, H., McCracken, K.G. The time structure of ground level enhancements in solar cycle 23. *Space Science Reviews*, 2012, 171, 85–95.
6. O'Brien, K. Cosmic-ray propagation in the atmosphere. *Nuov Cim*, 1971, A 3, 521–547
<https://doi.org/10.1007/BF02823324>.
7. Bethe, H. Zur Theorie des Durchgangs schneller Korpuskularstrahlen durch Materie. *Annalen der Physik*, 1930, 397, 325–400.
8. Velinov, P.I.Y., Asenovski, S., Mateev, L., Mishev, A., Tonev, P.T. Numerical calculation of cosmic ray ionization rate profiles in the middle atmosphere and lower ionosphere with relation to characteristic energy intervals. *Acta Geophysica*, 2013, 61, 494–509.

ADDRESS OF THE AUTHORS

1. Corr. Memb. Prof. Peter I.Y. Velinov Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences (BAS) PeterIYVelinov@gmail.com
2. Assoc. Prof. Simeon Asenovski Space Research and Technology Institute – BAS asenovski@gmail.com
3. Assoc. Prof., Lachezar Mateev Space Research and Technology Institute - BAS lachezar909@gmail.com.

**МОНИТОРИНГ С БЛС И ПРОСТРАНСТВЕНО-ВРЕМЕВИ АНАЛИЗ НА ИЗМЕНЕНИЕТО
НА БРЕГОВАТА ЛИНИЯ В МЕСТНОСТ КАВАЦИ (2020 – 2025), ЮЖНО БЪЛГАРСКО
ЧЕРНОМОРСКО КРАЙБРЕЖИЕ**

Инж. Найлян Салиева, ШУ „Епископ Константин Преславски“

РЕЗЮМЕ

Настоящото изследване анализира динамиката на бреговата линия и морфодинамичните промени в крайбрежния сектор „Каваците“ (Южно Българско Черноморие) чрез пространствено-времеви анализ, обхващащ периода от 80-те до 2025 г. Чрез интеграция на топографски карти, сателитни изображения и ортофотомозайки от въздушно фотограметрично заснемане с безпилотни летателни системи (БЛС) (2020 – 2025) са изследвани пет представителни плажа: Каваците-север, Каваците-юг, Смокини-север, Смокини-юг и Къмпинг „Веселие“. Създадени са високо разделителни ортофотомозайки (3 cm/px) и цифрови модели на повърхността (6–60 cm/px) чрез дроне DJI Phantom 4 RTK и WingtraOne, базирани на RTK-GNSS контрол. Позициите на бреговата линия са дигитализирани и анализирани с помощта на системата DSAS (v5.0) по 96 трансекта на 20 m разстояние. За периода 2020 – 2025 г. е установена доминираща тенденция към акумулация, като 77.1% от трансектите показват положителен седиментен баланс. Средното нетно изместване на бреговата линия е +5.48 m, а средната скорост на изменение – +0.15 m/г. Плаж „Къмпинг Веселие“ демонстрира най-интензивна акумулация (+17.25 m), докато Смокини-юг отчита най-силна ерозия (–12.14 m). Каваците-север е най-стабилният участък, характеризиращ се с постоянна акумулация по всички трансекти. Резултатите подчертават пространствената хетерогенност на бреговата динамика, обусловена от геоморфоложките особености и степента на антропогенно въздействие. Потвърдена е високата ефективност на БЛС-фотограметрията като инструмент за високоточен мониторинг и пространствен анализ на българското крайбрежие.

Ключови думи: пясъчни плажове, брегова динамика, въздушна фотограметрия, Каваци, Южнобългарско Черноморие.

**UAS-BASED MONITORING AND SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF SHORELINE
CHANGE IN THE KAVATSI LOCALITY (2020–2025), SOUTHERN BULGARIAN BLACK
SEA COAST**

Eng. Nayliyan Salieva, Konstantin Preslavsky University of Shumen

SUMMARY

This study investigates shoreline dynamics and morphodynamic changes in the Kavatsite coastal sector (Southern Bulgarian Black Sea coast) through a multi-temporal analysis spanning from 2020 to 2025. By integrating topographic maps, orthophotos, and high-resolution UAS photogrammetry (2020 – 2025), five representative beach-dune systems were assessed: Kavatsite-North, Kavatsite-South, Smokini-North, Smokini-South, and Camping Veselie. Orthophoto mosaics (3 cm/px) and Digital

Surface Models (6–60 cm/px) were produced using DJI Phantom 4 RTK and WingtraOne drones, supported by RTK-GNSS ground control. Shoreline positions were digitized and analyzed using DSAS (v5.0) along 96 transects spaced at 20 m. Between 2020 and 2025, an accretional trend was dominant, with 77.1% of the transects advancing. The mean Net Shoreline Movement (NSM) was +5.48 m and the mean End Point Rate (EPR) was +0.15 m/year. Camping Veselie Beach exhibited the highest accretion (+17.25 m NSM; +0.31 m/yr EPR), while Smokini-South recorded the most severe erosion (-12.14 m). Kavatsite-North was the most stable unit, with 100% of the transects advancing. The results highlight the spatial heterogeneity of shoreline behavior, shaped by geomorphology and human pressure. The study confirms the effectiveness of UAS photogrammetry for high-resolution coastal monitoring in Bulgaria.

Keywords: sandy beaches, shoreline dynamics, UAS mapping, Kavatsite beach, Black Sea coast.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Крайбрежните зони са сред най-динамичните терестриални среди, формирани от непрекъснатото взаимодействие между морски и континентални процеси. Променливостта на релефа, вълновото въздействие, приливите и изменението на морското ниво – обусловени както от метеорологични, така и от евстатични фактори – допринасят за постоянното развитие на бреговата ивица. Тези изменения създават комплексна крайбрежна морфология, при която пространствено-времевата динамика е от решаващо значение за разбиране на физическата среда и устойчивото управление на ресурсите.

Българското Черноморско крайбрежие, с дължина 518 km, представя богата мозайка от брегови форми, резултат от взаимодействието между геоложка структура, седиментен транспорт и хидродинамична енергия [13]. Докато северните участъци са скалисти и тектонски обусловени, южната част е съставена от низини с развити пясъчни плажове и дюнни системи. Тези пясъчни крайбрежия са особено чувствителни към природни и антропогенни въздействия, като изпълняват съществена роля за биологичното разнообразие и защитата от ерозия и наводнения [8].

Безпилотните летателни системи (БЛС, дроне) се утвърдиха като основен инструмент за мониторинг на плажово-дюнни системи в България поради своята ефективност и достъпност [5], [10], [13], [16]. За прецизно картографиране са необходими ортофотомозайки с GSD от 2 до 5 cm и цифрови модели на повърхността с резолюция под 25 cm/px [1], [12], [15], [18], [19], [9], [17], [20]. Съвременните дроне с високоточни сензори осигуряват тези изисквания, предоставяйки необходимите пространствени данни за детайлно наблюдение и анализ на морфодинамичните промени [2], [3], [6], [11], [14].

Основен фокус на настоящото изследване е крайбрежната ивица на Медни рид, разположена между Бургас и Созопол, която представлява характерна зона за анализ на взаимодействието между геоложката структура и бреговата морфодинамика. Този участък от българското крайбрежие се отличава с ясно изразена комбинация от скалисти носове, пясъчни заливи и дюнни полета, особено в района на Созопол и местността „Каваци“. Тук пясъчните натрупвания са добре развити в резултат от съвместното влияние на морски и речни процеси, както и литоложкия характер на хълмистото било на Медни рид. Попов и Мишев (1974) [8] подчертават, че тази територия е уникална за България, тъй като съчетава обширни плажове, разположени в непосредствена близост до издигнат релеф, което създава благоприятни условия за акумулация и съхранение на крайбрежни дюни.

Настоящото изследване има за цел да допринесе за по-задълбочено разбиране на еволюцията на бреговата линия и динамиката на морските плажове в района на плажовия сектор „Каваците“ чрез прилагане на стандартизирана методика за картиране. Чрез интегриране на заснемания с БЛС, цифрово моделиране на повърхнината и теренна валидация се идентифицират и класифицират природни и антропогенни елементи на крайбрежния ландшафт [13], [16], [10].

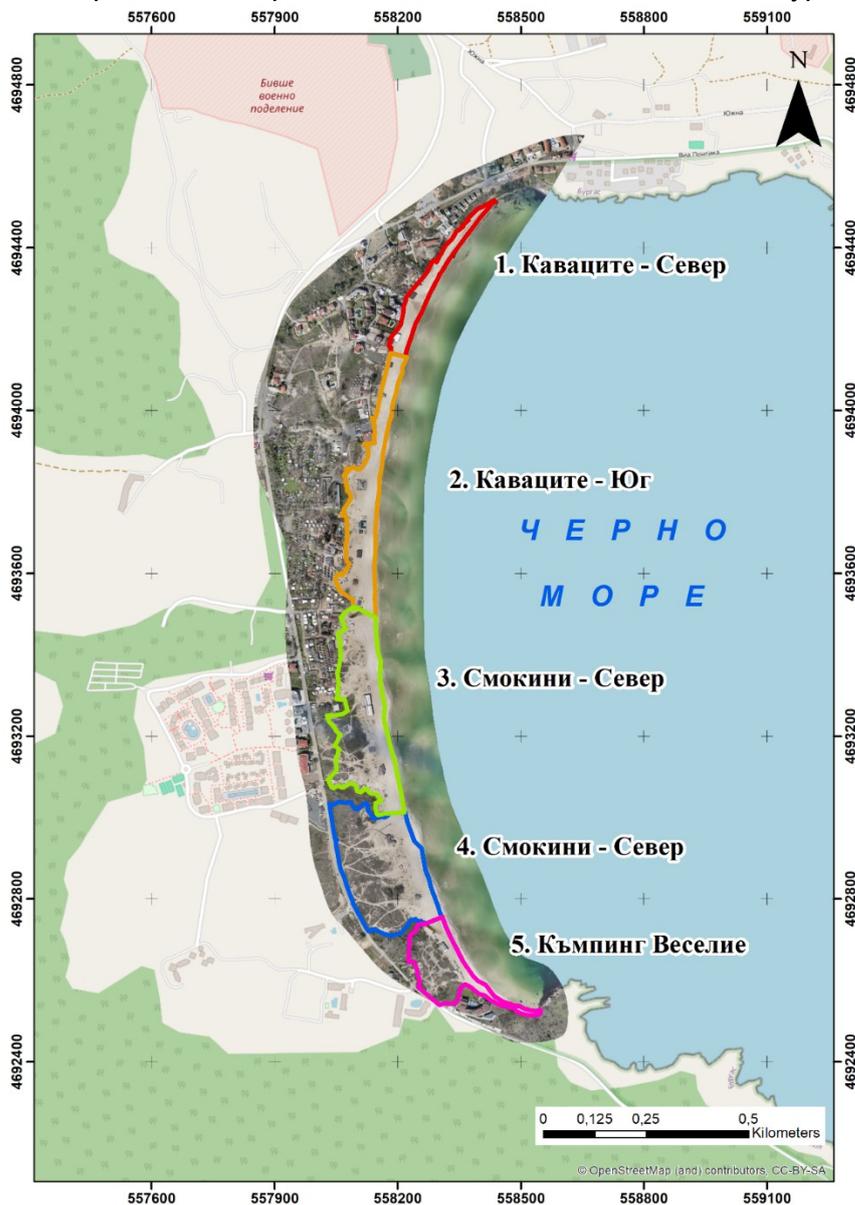
По-конкретната задача е да се извърши оценка на пет представителни плажово-дюнни системи (фиг. 1): (1) плаж Каваците-север, (2) плаж Каваците-юг, (3) плаж Смокини-север, (4) плаж Смокини-юг и (5) плаж „Къмпинг Веселие“. Тези обекти са избрани заради тяхното геоморфоложко разнообразие и различна степен на антропогенно въздействие. Анализът е фокусиран върху динамиката на бреговата линия, включително скоростното ѝ изместване в

периода от 1980-те години до 2025 г., като предоставя важни данни за пространственото планиране и стратегиите за опазване по този променлив участък от българското крайбрежие.

2. РАЙОН НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Изследваната територия се намира по Южното Черноморие, на приблизително 2.5 km южно от град Созопол, и обхваща цялата зона на плаж „Каваците“ – седиментна крайбрежна система, разделена на пет отделни плажови единици (Фиг. 1) съгласно действащата кадастрална карта. Бреговата линия има обща север-южна ориентация и източно изложение, формирайки слабо извит залив, ограничен от скалисти носове. Литоложката основа се състои от горнокредни вулканити в северната част и средноюрски интрузивни скали в южната, върху които лежат холоценски алувиални и морски пясъци. Плажовете са съставени от фини карбонатно-кварцови пясъци (D_{50} : 0.28–0.42 mm), съдържащи 40–50% CaCO_3 [7], [8].

Съгласно кадастралния регистър най-северният морски плаж е Каваците-север (67800.PL.5), с площ от 1.38 ha и приблизителна дължина 210 m. Той е силно повлиян от урбанизация и изградена крайбрежна инфраструктура. Непосредствено на юг се намира Каваците-юг (67800.PL.343; 3.63 ha, 320 m), където все още се наблюдават по-широки пясъчни ивици и първични дюнни хребети, макар и подложени на натиск от сезонен туризъм.



Фиг.1. Разположение на изследваните морски плажове при местност „Каваци“, Южнобългарско Черноморие

Третият сегмент е Смокини-север (67800.PL.344; 5.32 ha, 430 m), който се отличава с по-обширна активна плажна зона, ограничена от полупрекъснати дюни. Той плавно преминава в Смокини-юг (67800.PL.345; 5.73 ha, 460 m), където се намира най-развитата дюнна система в района, включваща добре запазени бели и сиви дюни с височина до 12 m. Най-южният морски плаж – „Къмпинг Веселие“ (67800.PL.381; 2.38 ha, 310 m) – остава относително антропогенизиран и частично попада в защитени територии.

Крайбрежната морфология е резултат от надлъжен брегови транспорт на седименти, морска абразия от съседни скални участъци (напр. нос Христос и нос Света Агалина) и еолични процеси. Районът „Каваците“ се разглежда като динамична акумулативна форма с висока геоморфоложка стойност. Последно изследване на Prodanov et al. (2023) [13] определя крайбрежния сегмент Кавази – Смокини като един от най-богатите на дюнно разнообразие по Българското Черноморие, включващ ясно изразени последователности от бели, сиви и ембрионални дюни. Картографиране с БЛС и теренни наблюдения потвърждават наличието на добре развити преддюнни хребети и междюдюнни понижения, поддържащи приоритетни природни местообитания по Директивата за хабитатите на ЕС (напр. 2110, 2120, 2130) [13].

Въпреки локализирана деградация, причинена от човешка дейност, районът запазва сравнително висок природозащитен потенциал и е особено подходящ за стандартизиран мониторинг на плажово-дюнните системи.

3. МЕТОДИКА И ДАННИ

Настоящото изследване прилага интегриран геопространствен подход за оценка на еволюцията на бреговата линия в сектор Каваците чрез съчетаване на фотограметрия с БЛС, теренна валидация и диахронен пространствен анализ. Обект на наблюдение са пет отделни плажово-дюнни системи: Каваците-север, Каваците-юг, Смокини-север, Смокини-юг и Къмпинг Веселие (фиг. 1). Методиката е структурирана в четири основни етапа [13], [15], [16], [17]:

Етап 1. Създаване на пространствен архив

Изградена е детайлна геопространствена база данни, комбинираща високоразделителни ортофотомозайки, генерирани чрез БЛС (с GSD 3–5 cm), с исторически картографски и геоданни, включително:

- Топографски карти в мащаб 1:5000 (1982 – 1983 г.), предоставени от Агенция по геодезия, картография и кадастър;
- Сериите от ортофотомозайки на Министерство на земеделието и храните (2007, 2011, 2019, 2022 г.);
- Картографски и геодезически данни от Институт по океанология – БАН (2018 – 2024 г.), обхващащи въздушни заснемания с БЛС и наземни контролни измервания [13], [16].
- Тази консолидирана база осигурява дългосрочен поглед върху промените в бреговата линия и позволява разграничаване между естествени и антропогенни крайбрежни елементи.

Етап 2. Теренни дейности и БЛС-заснемане

Всички полети с БЛС са проведени в съответствие с националните регулации за въздушно пространство и с издадени разрешителни от Главна дирекция „Гражданска въздухоплавателна администрация“. Контролните (GCP) и проверовъчните (check points) точки са измерени с HiTarget V90Plus RTK GNSS с точност до сантиметър, гарантираща прецизна геореференция на ортофотомозайките и цифровите модели на повърхността (DSM).

Заснеманията са извършени при оптимални метеорологични и морски условия (скорост на вятъра < 5 m/s, ниска мътност), при височина на полета от 219 m над морската повърхност с GSD ≈ 2.8 cm/px, както и на 50 m над морфодинамично активни зони за постигане на по-висока пространствена резолюция (~1.45 cm/px) [5], [9], [13], [16], [18], [19].

Етап 3. Обработка на данни и генериране на продукти

Събраните изображения са обработени чрез софтуери Agisoft Metashape Professional, Pix4Dmapper и Global Mapper. Генерирани са следните продукти:

- Цифрови модели на повърхността (DSM) с резолюция от 60 до 6 cm/px;
- Ортофотомозайки с GSD 3 cm/px;
- Фотореалистични 3D модели (3D Tiled Mesh).

Качественият контрол включва анализ на остатъчните грешки и визуална проверка за осигуряване на точност и консистентност.

Таблица 1. Пространствени данни за мониторинг на бреговата линия (1982 – 2025 г.)

Тип данни	Източник / Платформа	Години	Пространствен а резолюция / мащаб	Цел / Бележки
Топографски карти	Агенция по геодезия, картография и кадастър	1982–1983	1:5000	Реконструкция на изходна брегова линия
Ортофото изобр.	Министерство на земеделието и храните	2007, 2011, 2019, 2022	~0.5–1.0 m GSD	Диахронна дигитализация на бреговата линия
БЛС ортомозайки	DJI Phantom 4 RTK, WingtraOne	2020–2025	3 cm/px (средно)	Високоразделителна детекция на бреговата линия
Цифрови модели на повърхността (DSM)	БЛС + RTK GNSS (HiTarget V90Plus)	2020–2025	6–60 cm/px	Морфология на плажа и дюните; 3D анализ
Данни от геодезически и измервания	Институт по океанология – БАН	2018–2024	точност до сантиметър (RTK)	Контролни точки и проверка на качеството на данните, получени чрез БЛС
Исторически брегови линии (вектор)	Интегрирани от горните източници	1982–2025	производни от карти и ортофото	Входни данни за DSAS анализ на промените в бреговата линия

Етап 4. Анализ на промените в бреговата линия

Преди извършване на анализите, позициите на бреговата линия са ръчно дигитализирани в ГИС среда въз основа на ортофотомозайките и проверени спрямо теренни наблюдения. За количествена оценка е използвана системата DSAS v5.0 (Digital Shoreline Analysis System) в рамките на ArcGIS 10.8. Измерванията включват:

- **Net Shoreline Movement (NSM)** – *нетно изместване* на бреговата линия, измерва линейното разстояние между най-ранната и най-късната позиция на бреговата линия по даден трансект. Положителните стойности показват акумулация (проградация), а отрицателните – ерозия (отстъпление);

- **End Point Rate (EPR)** – *линейна скорост на изменение* на бреговата линия, изчислява се като отношение на NSM към броя години между най-ранната и най-късната дата. Представява опростен показател за годишната скорост на промяна (m/yr).

За анализа са генерирани 96 трансекта на 20 m интервали по протежение на бреговата линия, покриващи периодите 1982 – 2025 и 2020 – 2025 г. Резултатите позволяват статистически надеждна интерпретация на тенденциите – акумулация или ерозия – в различните плажови подсектори [4], [15].

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

В този раздел се представя цялостна оценка на динамиката на изменението на бреговата линия в сектор „Каваците“ за периода 2020 – 2025 г., обхващащ пет отделни плажово-дюнни системи: Каваците-север, Каваците-юг, Смокини-север, Смокини-юг и Къмпинг Веселие. Анализът е извършен въз основа на метриците Net Shoreline Movement (NSM) и End Point Rate (EPR), които са изчислени от ортофотомозайки, генерирани чрез БЛС-заснемане, и обработени

в Digital Shoreline Analysis System (DSAS v5.0). Това позволява количествено определяне на пространствените модели и темповете на изместване на бреговата линия във времето.

Агрегираните данни от 96 трансекта разкриват преобладаваща тенденция към акумулация, – 77.1% от трансектите показват акумулация (проградация) на бреговата линия, докато 22.9% отчитат ерозия. Средното изместване по NSM е +5.48 m, а средната скорост по EPR – +0.15 m/yr, което свидетелства за нетен положителен седиментен баланс в целия сектор.

Акумулационните трансекти показват по-големи средни стойности – +8.82 m (NSM) и +0.22 m/yr (EPR), спрямо ерозионните, при които те са съответно –5.76 m и –0.14 m/yr. Най-голяма акумулация (проградация) на бреговата линия е регистрирана при плаж „Къмпинг Веселие“ (+17.25 m), докато най-значително отстъпление е установено при Смокини-юг (–12.14 m).

Тези контрастни резултати илюстрират ясно изразена локална променливост в седиментната динамика, формирана от различия в геоморфоложката конфигурация, експозицията спрямо вълновата енергия и антропогенни въздействия като сезонна инфраструктура и рекреационен натиск.

Таблица 2. Пространствено обобщение на метриците NSM и EPR за бреговата линия по подсектори (2020 – 2025 г.)

Морски плаж	% трансекти с акумулация	Среден NSM (m)	Среден EPR (m/yr)	Статус
Каваците-север	100%	9.21	0.24	Стабилен акумулативен сектор
Каваците-юг	85% (11/13)	6.69	0.17	Преобладаваща акумулация с локализиран ерозионни участъци
Смокини-север	37% (10/27)	–1.61	–0.04	Доминиращ ерозионен режим (отрицателен седиментен баланс)
Смокини-юг	77% (10/13)	2.68	0.07	Комбиниран седиментен режим (акумулация и локални ерозии)
Къмпинг Веселие	100%	11.63	0.31	Най-интензивна акумулация (проградация)
Целият сектор	77.1% (74/96)	5.48	0.15	Положителен седиментен баланс за целия сектор

Тази цялостна оценка за сектор „Каваците“ подчертава хетерогенността на поведението на бреговата линия в рамките на относително кратък участък от крайбрежието. Изключително стабилната северна зона при Каваците-север се характеризира с непрекъсната акумулация на седименти и пълно отсъствие на регистрирана ерозия. В контраст, Смокини-север се характеризира с най-висока интензивност на ерозионните процеси – 63% от трансектите показват отстъпление на бреговата линия, макар и при сравнително ниски годишни темпове.

Смокини-юг и Каваците-юг демонстрират смесена динамика – доминираща акумулация, но включват локализиран ерозионни участъци (зони на отстъпление на бреговата линия), които вероятно отразяват локализиран човешки въздействия или прекъснат седиментен транспорт. От своя страна, морски плаж „Къмпинг Веселие“ се отличава с последователна и равномерна акумулация на бреговата линия, което свидетелства за слабо антропогенно въздействие и благоприятни морфодинамични условия.

4.1. Секторен анализ

Каваците-север. Този участък показва най-стабилния морфодинамичен профил в целия сектор. Всичките 20 трансекта регистрират положително изместване на бреговата линия със среден NSM от +9.21 m и EPR от +0.24 m/yr. Тази тенденция отразява непрекъсната акумулация на седименти и пълна липса на ерозионни признаци, вероятно обусловени от добре развита преддюнна система и минимално антропогенно въздействие.

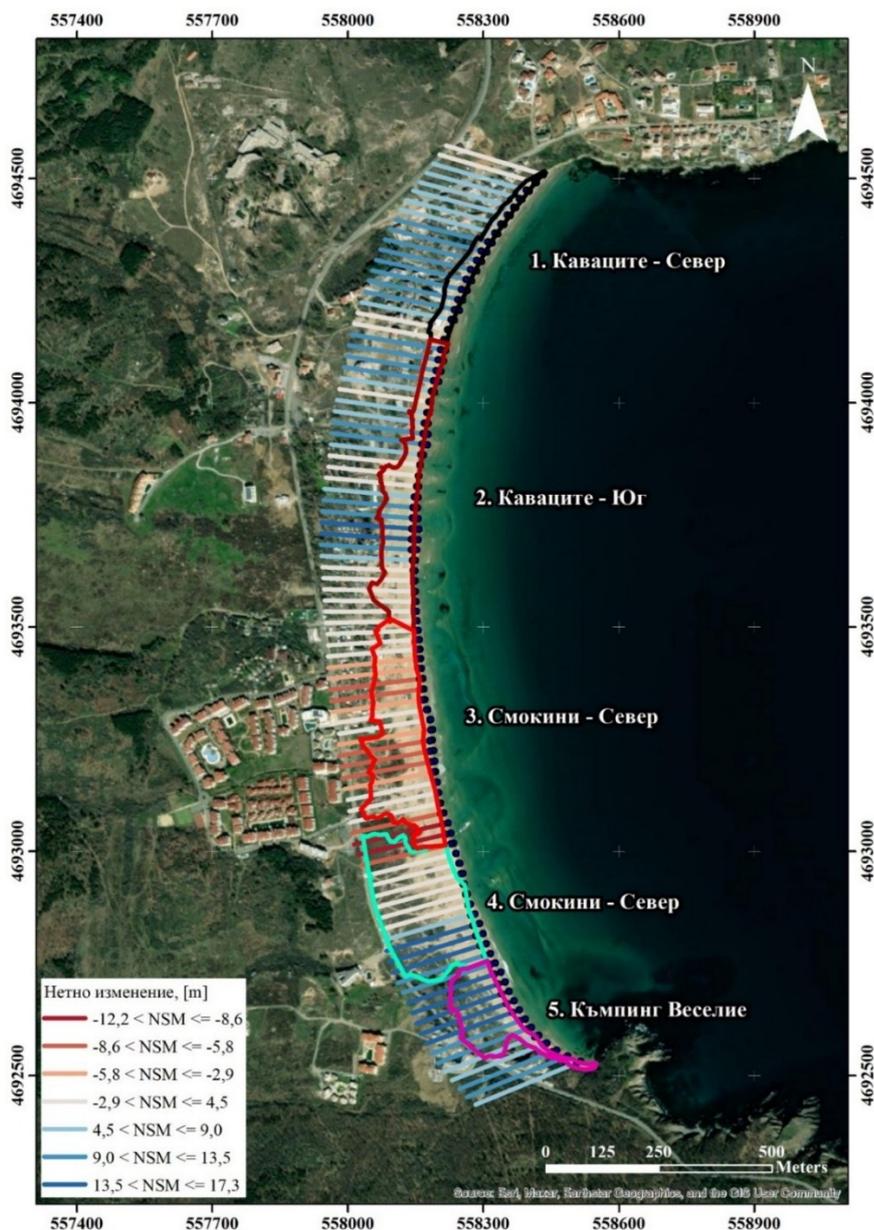
Каваците-юг. Плажът демонстрира предимно акумулационен сигнал – 11 от 13 трансекта показват напредване (среден NSM: +6.69 m, EPR: +0.17 m/yr). Все пак два трансекта отбелязват леко отстъпление, което подсказва локализирана нестабилност. Тези зони могат да бъдат

свързани с пешеходни пътеки към плажа, сезонна инфраструктура или нарушен транспорт на седименти между дюните и плажа.

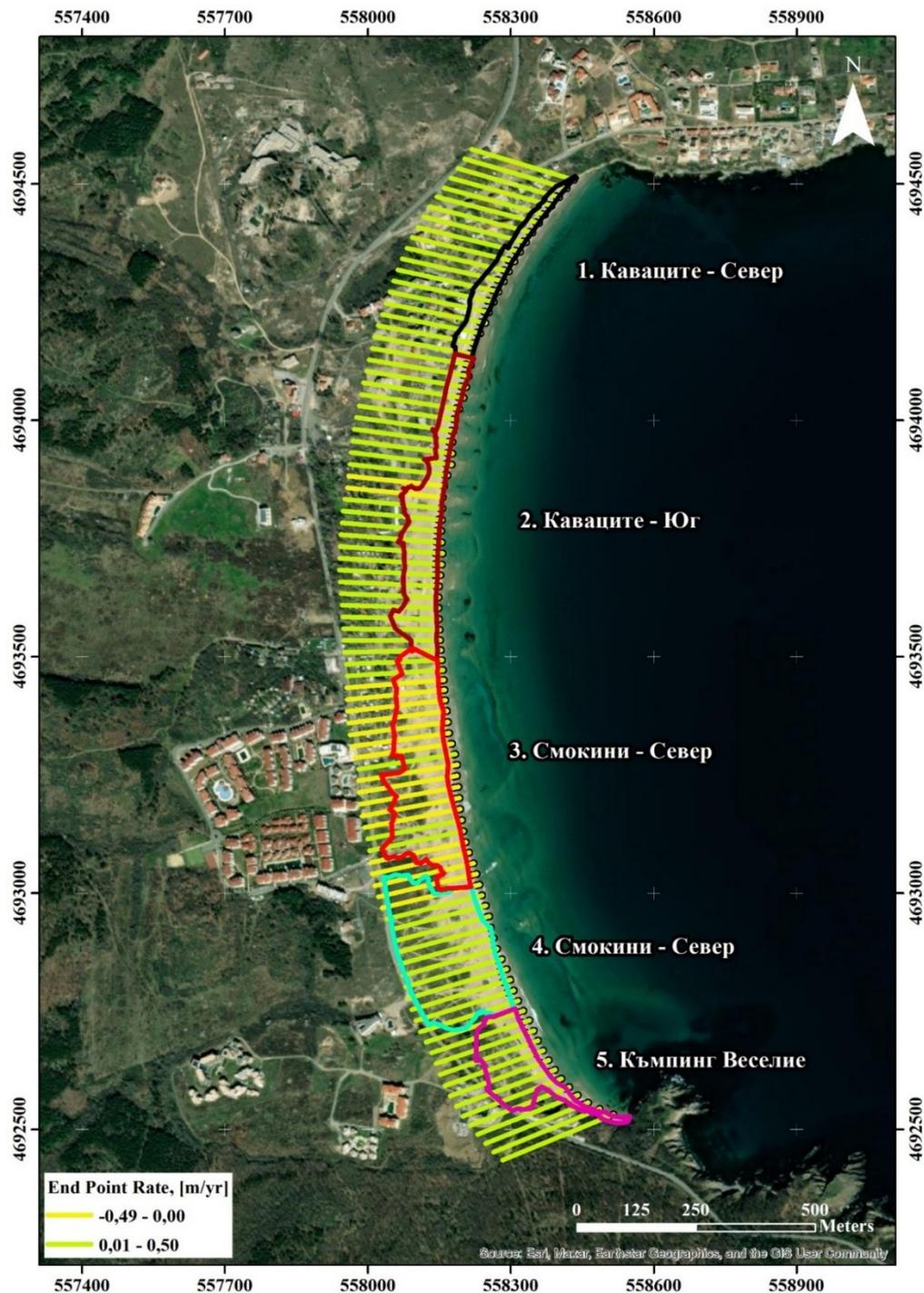
Смокини-север. Това е най-уязвимият на ерозия участък в рамките на изследването. От 27 анализирани трансекта, 17 показват отстъпление на бреговата линия със среден NSM: -1.61 m и EPR: -0.04 m/yr. Макар ерозионната интензивност да е умерена, пространственият ѝ обхват е значителен, а липсата на компенсаторна акумулация поставя въпроси относно дефицит на седименти и потенциална деградация на дюните в дългосрочен план.

Смокини-юг. Плажът показва обща тенденция към акумулация (среден NSM: $+2.68$ m, EPR: $+0.07$ m/yr), като 10 от 13 трансекта напредват. Въпреки това именно тук е регистрирана най-силно изразената локализирана ерозия в целия сектор (-12.14 m). Тези разнопосочни сигнали предполагат влияние на временни процеси на седиментно „прескачане“.

Къмпинг Веселие. Представлява най-устойчивата морфодинамична зона в сектор „Каваците“. Всичките 13 трансекта показват напредване на бреговата линия със среден NSM: $+11.63$ m и EPR: $+0.31$ m/yr. Тази последователна и значителна проградация се дължи на благоприятни условия за акумулация на седименти, като защитена експозиция, непрекъснат седиментен приток и липса на антропогенна инфраструктура, която би нарушила естествените процеси.



Фиг. 1. Пространствено разпределение на нетното преместване на бреговата линия (Net Shoreline Movement, NSM) по 96 трансекта в сектор Каваците за периода 2020 – 2025 г.



Фиг. 2. Пространствено разпределение на темпа на изменение на бреговата линия (End Point Rate, EPR) в сектор Каваците за периода 2020 – 2025 г.

Един от най-интересните аспекти на анализа е съществуването на противоположни тенденции в рамките на един и същ плаж. Например Смокини-юг регистрира общо напредване на бреговата линия, но същевременно включва и най-интензивния случай на ерозия (-12.14 m). Това свидетелства за процеси на седиментен байпас или наличие на прегради в дългобреговия транспорт, които създават морфодинамични „джобове“. Тези зони често се създават от временни съоръжения като сезонни бариери, които променят местната хидродинамика.

Наличието на добре запазени и ясно разграничими дюнни местообитания (бели, сиви, ембрионални) в някои подсектори подчертава потенциала за консервация и включване в мониторингови системи по Директивата за хабитатите на ЕС (2110, 2120, 2130). За целта обаче е необходимо редовно наблюдение и пространствена диагностика, включително цифрово моделиране на релефа и фитоценози, каквито са използвани в настоящото изследване.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследването предоставя цялостна оценка на динамиката на бреговата линия в плажовия сектор „Каваците“ чрез прилагане на високорезолюционна БЛС-фотограмметрия, цифрово моделиране на релефа и геопространствен анализ с помощта на системата DSAS. Анализът на 96 трансекта, обхващащи пет плажово-дюнни системи, разкрива ясно изразена тенденция към акумулация за периода 2020 – 2025 г. – 77.1% от трансектите показват положителен седиментен баланс, със средно нетно изместване на бреговата линия от +5.48 m и средна скорост на изменение от +0.15 m/г.

Най-силно изразена акумулация (проградация) е отчетена при плаж „Къмпинг Веселие“ (+17.25 m), докато най-интензивна ерозия е наблюдавана при Смокини-юг (–12.14 m). Плажовете Каваците-север и Къмпинг Веселие демонстрират устойчив седиментен режим и стабилно морфодинамично поведение, което ги определя като референтни участъци за бъдещи програми за мониторинг и опазване. От друга страна, Смокини-север и Каваците-юг показват комбиниран седиментен режим с локализирани ерозионни участъци, които изискват по-активно управление и ограничаване на антропогенния натиск.

Резултатите потвърждават ефективността на БЛС-фотограмметрията като надежден, прецизен и мащабируем инструмент за мониторинг на бреговата линия и оценка на състоянието на плажово-дюнните системи. Комбинацията от високоспециализирани пространствени данни, геоморфоложки анализ и количествена оценка на промените осигурява научно обоснована основа за устойчиво управление на крайбрежните ресурси.

Предвид установената хетерогенност на седиментните процеси и локализираните прояви на ерозия, се препоръчва регулярен мониторинг с висока пространствена и времева резолюция, както и включване на сектор „Каваците“ в интегрирани национални програми за устойчиво управление на българското Черноморско крайбрежие.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е проведено във връзка изготвянето на дисертационен труд „Мониторинг на морски плажове чрез използване на съвременни дистанционни методи и данни по проект „Картографиране и пространствено-времеви анализ на плажово-дюнните системи по Южното Българско Черноморско крайбрежие: еволюция, антропогенен натиск и екологични рискове за дюнните местообитания (MapBGBeachDune)“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ при Министерство на образованието и науката, по Договор № КП-06-Н84/5 от 16.12.2024 г. по Конкурс за фундаментални научни изследвания – 2024 г.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Bekova, R., B, Prodanov. Assessment of beach macrolitter using unmanned aerial systems: a study along the Bulgarian Black Sea Coast, *Marine Pollution Bulletin*, United Kingdom, 196, 115625, 2023
2. Bekova, R., B, Prodanov. Spatiotemporal variation in marine litter distribution along the Bulgarian Black Sea sandy beaches: amount, composition, plastic pollution, and cleanliness evaluation, *Frontiers in Marine Science*, Switzerland, 11, 1416134, 2024
3. Dimitrov, L. et al. Seabed mapping of the Bulgarian coastal zone between Sozopol and Tsarevo (Southern Bulgarian Black Sea), *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, Bulgaria, 72(5), pp 634-640, 2019
4. Himmelstoss, E. et al. Digital Shoreline Analysis System version 6.0, U.S. Geological Survey software release, USA, pp 1-50, 2024
5. Kotsev, I. et al. UAS-based mapping of depositional landforms along the North Bulgarian Black Sea coast in support of nature conservation. *Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020)*, 87, 2020
6. Lambev, T, et al. Digital terrain model of the Varna and Beloslav Lakes, North Bulgarian Black Sea Coast. *Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020)* 52. 2020

7. Petrova, A., L. Mihajlova, V. Vasileva, Geological map of Bulgaria on scale 1:100 000. Pomorie map sheets, Geology and Mineral Resources Committee, Enterprise of Geophysical Survey and Geological Mapping, Bulgaria, pp 1-36, 1994
8. Popov, V., K. Mishev, Geomorphology of the Bulgarian Black Sea Coast and Shelf, Bulgaria, 267, 1974 (in Bulgarian)
9. Prahov, N. et al. Application of aerial photogrammetry in the study of the underwater archaeological heritage of Nessebar, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, 20, pp 175-182, 2020
10. Prodanov, B. et al. A Standard Procedure for Dune Mapping along the Bulgarian Black Sea Coast: An Integrated Approach Combining UAS Photogrammetry, Geomorphological and Phytocoenological Surveys. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1579724, 2025
11. Prodanov, B. et al. Seabed Morphology of the Varna Bay coastal zone, Bulgarian Black Sea. In: *Comptes rendus de l'Academie Bulgare des Sciences*, 72(8), 2019
12. Prodanov, B. et al. Coastal dunes under threat of destruction: necessities conservation and inclusion into the cadastral maps and registries of the Bulgarian Black Sea Coast, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, STEF92 Technology, pp 253-264, 2024
13. Prodanov, B. et al. Spatial distribution of sand dunes along the Bulgarian Black Sea Coast: inventory, UAS mapping and new discoveries, *Nature Conservation*, Bulgaria, 54, pp 81-120, 2023
14. Prodanov, B. et al. Mapping of coastal and submarine morphological landforms using unmanned aerial systems and echo sounding data, case study: Bulgarian Black Sea coastal sector between Cape Sivriburun and Cape Kaliakra, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, 21, pp 717-726, 2021
15. Prodanov, B. et al. UAS photogrammetry as an effective tool for high-resolution mapping of depositional landforms and monitoring geomorphic change. Case study: Kamchia Shkorpilovtsi Beach, Bulgarian Black Sea Coast, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, 21, pp 623-634, 2021
16. Prodanov, B. et al. Unmanned Aerial Vehicles for Surveying the Bulgarian Black Sea Coast, "Prof. Marin Drinov" Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, pp 1-10, 2020
17. Prodanov, B. et al. 3D high-resolution mapping and identification of coastal landforms using unmanned aerial vehicles, case study: Shabla Municipality coastal sector, Bulgaria, Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020), Cyprus, 50, pp 1-8, 2020
18. Prodanov, B. et al. Drone-based geomorphological and landscape mapping of Bolata Cove, Bulgarian coast, *Sustainable Development and Innovations in Marine Technologies*, United Kingdom, pp 592-596, 2019
19. Prodanov, B. et al. Applying unmanned aerial vehicles for high-resolution geomorphological mapping of the Ahtopol coastal sector (Bulgarian Black Sea coast), *Proceedings of SGEM*, Bulgaria, 19, pp 465-472, 2019
20. Prodanov, B. et al. Loss of natural seabed and benthic habitats along the Bulgarian Black Sea Coast as a consequence of infrastructure development, SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Bulgaria, STEF92 Technology, pp 375-390, 2023.

АДРЕС НА АВТОРА

1. Инж. Найлян Салиева
 Шуменски университет „Епископ Константин Преславски“
 гр. Шумен 9700, ул. „Университетска“ № 115
 +359 897 838 915
nalyansali@gmail.com .