

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
Институт по океанология „Проф. Фритъф Нансен“

Христо Симеонов Станчев

ГЕОИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА НА БЪЛГАРСКИЯ СЕКТОР ОТ ЧЕРНО МОРЕ И КРАЙБРЕЖНАТА ЗОНА

АВТОРЕФЕРАТ

**на
ДИСЕРТАЦИЯ**

за придобиване на образователна и научна степен
“доктор”

по област на висше образование: **шифър 4** „Природни науки, Математика
и Информатика”,
професионално направление: **шифър 4.4** „Науки за Земята”,
научна специалност: **шифър 01.08.07** „Океанология”,
научно направление: „Обработка и представяне на географски
разпределена информация”

Научен ръководител:
Проф. д-р инж. Атанас Палазов – ИО-БАН

ВАРНА
2015 г.



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
Институт по океанология „Проф. Фритъф Нансен“

Христо Симеонов Станчев

ГЕОИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА НА БЪЛГАРСКИЯ СЕКТОР ОТ ЧЕРНО МОРЕ И КРАЙБРЕЖНАТА ЗОНА

АВТОРЕФЕРАТ

**на
ДИСЕРТАЦИЯ**

за придобиване на образователна и научна степен
“доктор”

по област на висше образование: **шифър 4** „Природни науки, Математика
и Информатика”,
професионално направление: **шифър 4.4** „Науки за Земята”,
научна специалност: **шифър 01.08.07** „Океанология”,
научно направление: „Обработка и представяне на географски
разпределена информация”

Научен ръководител:
Проф. д-р инж. Атанас Палазов – ИО-БАН

ВАРНА
2015 г.



Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на секция “Океански технологии”, към Института по Океанология, Българска Академия на Науките, гр. Варна, проведено на 17/12/2014 г.

Дисертацията е разработена в рамките на задочна докторантура в секция „Океански технологии“ към Институт по океанология - БАН

Дисертацията е структурирана в 4 основни глави, въведение, изводи, приноси, списък на публикациите по дисертацията и списък на използваната литература. Трудът съдържа 83 фигури и 8 таблици. В списъка на литературата са включени: 21 заглавия на български език, 3 на руски, 151 на английски език, както и 59 интернет страници.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 08.04.2015 г. от 15.00 ч. в заседателната зала на Института по океанология при БАН на ул. „Първи май“ № 40, на открито заседание на петчленно Научно жури в състав:

- 1. Проф. д-р Атанас Василев Палазов – ИО - БАН, Варна*
- 2. Проф. дн Веселин Димитров Пейчев - ИО - БАН, Варна*
- 3. Проф. д-р Румен Христов Янков – ВТУ, В. Търново*
- 4. Доц. д-р Стоян Цветанов Недков – СУ, София*
- 5. Доц. д-р Янко Златанов Милев – ВСУ, Варна*

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в библиотеката на Института по океанология „Проф. Фритьоф Хансен“, Варна, ул. „Първи май“ № 40

Въведение

Повече от 2/3 от повърхността на Земята (71%) е заета от Световния океан, който включва океаните и моретата. Черно море е най-голямото полузатворено море. Общата дължина на бреговата линия на Черноморския басейн е 4869 km., като България се нарежда на четвърто място сред черноморските държави по дължина на бреговата линия. Измерената площ на Черноморския басейн е 421 638 km².

По предварителни оценки 36 190 km² от акваторията на Черно море попада под Българска юрисдикция, което представлява повече от 1/3 от сухоземната площ на страната. Освен традиционните морски сектори като транспорта, рибарството и туризма, засилен интерес към усвояването на морски пространства през последните години проявяват и компаниите в областта на аквакултурите. Всичко това доведе до сблъсък на икономически интереси в едно ограничено по площ и природни ресурси морско пространство. Към днешно време съществува изградена морска инженерна инфраструктура, която често не фигурира на съвременните морски навигационни карти, а това води до непосредствена опасност както за нея, така и за хората и техниката извършващи различни по своя вид дейности в морето. Ето защо е необходимо да има актуални и по възможност с висока резолюция геопространствени данни, които да могат да се използват при изготвянето на планове за работа на море.

Географският статус на бреговата зона, като контактна зона между атмосфера, хидросфера, литосфера и биосфера, обуславя голямото разнообразие на природни екосистеми и ресурси, което я прави изключително атрактивна за осъществяване на различни човешки дейности. Българското Черноморско крайбрежие също се превърна в една от най-гъсто населените територии у нас, като 14-те Черноморски общини обхващат 5.21 % от територията и 8.85 % от населението на страната.

В Института по океанология, Българска академия на науките (ИО-БАН) се провеждат широк спектър от научни изследвания, като при всички без изключение е налице опериране с данни, които са географски привързани. Следователно, първичната научна информация, анализа и крайния научен продукт са пространствено привързани.

Все по-нарастващият обем геопространствена информация (като пространствен и времеви обхват) налага тя да бъде добре описана, категоризирана и съхранявана с цел по-оптималното ѝ използване. В днешно време възможностите да измерваме и регистрираме промените в океаните и в бреговата зона нарастват и това се дължи не само на развитието на технологиите, подобряването на техниките за събиране на данни и научната екипировка, но и с наличието на Географските Информационни Системи (ГИС).

ГИС навлизат все по-уверено в областта на научните изследвания, особено в природните науки. Направено бе търсене в една от световните

търсачки за научни публикации SCOPUS. Към датата на търсенето (16/06/2014), в SCOPUS са индексирани повече от 21 900 научни издания с повече от 50 милиона публикации. Търсенето бе извършено по термина „Geographic Information System”, като заявката за търсене бе направена по:

- заглавие на статия;
- абстракт;
- ключови думи.

Като резултат бяха регистрирани 46 682 документа. Първите научни материали, в които се споменава „Geographic Information System” са от средата на 60-те години на XX век, или по точно от 1966 година. Броят на публикациите с използването на ГИС за пръв път надхвърля 100 през 1984 г., като за 30 годишния период между 1984 г. и 2013 г. средният годишен ръст е 13.1%. Разпределението по научни направления показва, че близо 1/3 са в областта на Природните Науки и Науките за Земята и Планетите.

Подобно търсене бе направено и в търсачката на Google Scholar (проведено на 08/07/2014). За „Geographic Information System” резултатът показва 264 000 броя уникални страници, а за „GIS” - 1 770 000 брой страници.

Комплексното изучаване на процесите, явленията и формите в морската среда и крайбрежната зона на България, с наличието на съвременни методи за събиране на данни и нарастващия обем на данни все повече налага необходимостта от създаването на единна среда/рамка за работа с геопространствена информация. Такава среда понастоящем се явява ГИС технологията. Внедряването на ГИС в различните направления на изследвания в ИО-БАН, ще даде възможност на учените да използват големи набори от геопространствени данни за околната среда, посредством тяхната хармонизация и подобрена визуализация на множество информационни слоеве. По този начин, всеки учен може да има дистанционен достъп, от своя работен компютър до геопространствени данни в единна ГИС среда.

В този контекст, обект на настоящото изследване е създаването и тестването на прототип на Геоинформационна система на Българския сектор от Черно море и крайбрежната зона.

Глава I. Геоинформационни системи - съвременно състояние и изученост

В подглава **1.1.** се съдържа информация относно това, какви видове данни съществуват, какво представляват данните и информационните системи, какви системи за база данни и модели на данните са налични към настоящия момент.

В подглава **1.2.** се прави въведение в геоинформационните системи, разглежда се тяхното историческо развитие и научно приложение.

Съществуват различни видове данни/информация, като често те са във вид на таблици, доклади и отчети, което от своя страна не ни дава ясна представа за географското разположение. Ако обаче вземем същите тези „сухи” статистически данни и ги геолокализираме (позиционираме) в

географския смисъл, се постига визуализация на данните и моделите. Като допълнение към това, те могат да бъдат анализирани чрез все по-многобройните и достъпни за широкия потребител ГИС инструменти.

Franklin и Hane (1992) посочват, че 80% от информацията в организациите е геобазирана. Само две години по-късно (Murgante et al., 2011) достигат до извода, че вероятно 100% от данните имат пространствено отношение, дължащо се на факта, че всеки мобилен телефон има GPS и Google и по този начин боравенето с географска информация става масово явление.

Самите геоданни стават все по-неизменна част от дейностите по взимане на решения. С това нараства и необходимостта от все по-ефективното им управление. Все по-належащо става и споделянето на геоданни с цел намаляване дублирането на ресурси (като софтуер и хардуер за тяхното съхраняване), дейностите по тяхното придобиване, при анализа и интерпретацията им.

На английски съкращението GIS обикновено се използва за два смисъла. То може да означава както Geographic Information System (Географска информационна система), така и Geographic Information Science (Географска информационна наука). И докато *Географските Информационни Системи* са специализирани софтуерни пакети, които позволяват да свързваме данни с местоположението им на картата, а оттам и в реалния свят, *Географската Информационна Наука* идва на ред, когато става дума за аналитични техники за превръщане на точките и линиите от картите в динамична, смислена и използвана информация, която може да послужи при взимане на решения (Longley et al., 2005).

В дисертацията се разглеждат и част от по-известните дефиниции за ГИС. Обобщавайки, Географската Информационна Система представлява компютърна система за управление и анализ на пространствени данни. Тази технология обединява традиционните операции при работа с бази данни, като търсене и статистически анализ, с преимуществото на пълноценната визуализация и географския (пространствен) анализ, който предоставя картата. Това отличава ГИС от другите информационни системи и осигурява уникални възможности за приложение в широк спектър задачи, свързани с анализ и прогноза на явления и събития от околната среда, с установяване на главните фактори и причини, а също така и възможните последствия.

ГИС винаги са имали връзка с академичната дисциплина география, както и към други дисциплини, обект на изследвания на които са процесите и явленията от земната повърхност, океаните и моретата. Например, при изследвания в бреговата зона рядко е необходимо да се интегрират физични, химични, геоложки, биологични и социо-икономически аспекти на околната среда.

Конкретен пример е прилагането на ГИС при изследване на динамиката на бреговата линия, при изучаване на бреговите дюни или при създаване на 3D измерни цифрови модели на терена за оценка на риска от наводнение за

нисколежащи крайбрежни територии и за населението, както и при оценка на антропогенния натиск от населението и туризма в бреговата зона на България. ГИС се доказаха като най-подходящото средство за интегриране на всички типове брегова информация, както и за пространствени геостатистически анализи и моделиране. ГИС методологията също така е призната като най-важен и съществен подход за всяка стратегия за управление на бреговата зона и особено за изучаване на динамични брегови процеси, като еволюция на бреговата линия и изменения на плажове и дюни. ГИС технологиите днес са важно средство, което позволява анализ на няколко фактора засягащи околната среда и създаването на модели и сценарии за еволюцията на ландшафтите.

Подробно описание и демонстрация на приложението на ГИС при изследване на различните направления на бреговата зона на България е направено в Глава IV *“Приложение на Геоинформационната система”*.

В подглава 1.3. е направен преглед на методите за съхраняване и представяне на пространствени данни в ГИС. Разгледани са подробно двата основни типа:

- *векторен* модел, представен от точки, линии и полигони;
- *растерен* модел на данните.

Внимание се обръща и на топологията, имаща основна роля при пространственото моделиране на обектите и явленията от реалния свят. Под топология следва да се разбира систематизацията, която утвърждава как точките, линиите и полигоните се разполагат в пространството. Следователно, топологията определя и прилага правилата за целостта на данните в ГИС.

В подглава 1.4. е направен обстоен преглед на метаданните. По дефиниция под “метаданни” (метаинформация) се разбира *“данни относно данните”* във всички видове и при всички медии. Метаданните описват данните. Те служат за по-доброто разбиране на смисъла на данните, на тяхната характеристика, както и за по-доброто управление на данните. Разгледани са различните типове метаданни: *описателни, административни и структурни*.

По-нататък подробно са анализирани Геопространствените метаданни, които описват географските обекти (данни, карти, обекти, или просто документи с географско съдържание). Те са вид метаданни, които пряко или косвено се отнасят до географски обекти, с определено местоположение върху повърхността на Земята. Това се отнася, както за обекти, които се съхраняват в ГИС среда, но също така и за други вид документи, карти, данни, изображения от заобикалящата ни природна среда. Американската FGDC (Federal Geographic Data Committee) описва геопространствените метаданни по следния начин: *“Записът на метаданните представлява файл с информация, обикновено във вид на XML документ, който съдържа основните характеристики на данните или информационния източник. Те ни*

дават информация относно това: кой, защо, какво, кога, къде и как на ресурсите. Геопространствените метаданни се използват да документират (опишат) цифровите географски ресурси като ГИС файлове, геобазата данни и изображения на Земята. Те включват елементи като: Заглавие, Абстракт, Дата на публикуване, Географски район, Проекция, Координатна система, Автор и т.н.”

По-нататък е направен обстоен преглед на по-известните формати за метаданни:

- *Directory Interchange Format (DIF)*;
- *FGDC's Content Standard for Digital Geospatial Metadata (CSDGM)*;
- *Dublin Core metadata standard*;
- *ISO 19115*;
- *INSPIRE Directive 2007/2/EO*.

Различните доставчици на ГИС софтуер осигуряват условия за създаване на метаданни. В *ESRI* например, чрез *ArcCatalog* могат да се въвеждат метаданни. Форматите които *ESRI* поддържа са *FGDC*, *ISO* и *XML* формати.

В подглава 1.5. са разгледани съществуващите типове компютърни системи архитектури, използвани за да функционира дадена ГИС: *настолни, клиент-сървърни и централизирани-сървърни*.

Анализирани са видове геобазата данни в ГИС. *Геобазата данни* представлява един вид *контейнер* за съхранение на данни, в който по определен начин данните се съхраняват, осигурява се достъп и могат да бъдат управлявани от ГИС потребители. Терминът *геобазата данни* съчетава в едно *гео (пространствени данни)* с *база данни* (по-специално релационна система за управление на база данни).

Направен е анализ на предимствата на различните видове геобазата данни в *ArcGIS*:

- *Персонални* (лични) геобазата данни, които са базирани на *Microsoft Access*. При тях всички набори от данни се съхраняват в рамките на файл с данни на *Microsoft Access (.mdb)*, като същият е ограничен в размер до 2 GB.
- *Файлови* геобазата данни. Въведена първоначално с версията *ArcGIS 9.2* (края на 2006 г.), файловете геобазата данни съхраняват данните (информацията) като папки във файловата система (*.gdb*) разширение. Общият размер на Файловата геобазата данни може да достигне максимален размер от 256 TB, като това е един от мотивите този вид геобазата данни да е препоръчителен за използване пред персоналните геобазата данни;
- *ArcSDE* геобазата данни. Моделът на тази геобазата данни е въведен от *ЕСРИ* в края на 1990-те с пускането на версията *ArcGIS 8.0*. *ArcSDE* могат да се използват от индивидуални потребители, в отделна работна група (при работа в проект), в отдел или пък в цяла организация. Част от предимствата в използването на *ArcSDE* са поддържането на големи, непрекъснати ГИС бази данни; много потребители едновременно;

притежава висока производителност, която може да се надгражда до много голям брой потребители.

По-нататък е направен обзор на съществуващите *Брегови Уеб Атласи*. Същите представляват инструменти за предоставяне на геопространствена база данни чрез уеб интерфейс. Най-новата генерация на БУА свързва множество сървъри на данни заедно и предоставя интерактивни инструменти. ICAN (Международната Мрежа за Брегови Атласи) представлява неформална група от организации чиято цел е да бъде световен еталон за развитието на БУА. През 2009 г. ИО-БАН се присъедини към Международната Мрежа за Брегови Атласи (ICAN) с инициативата за създаване на Български Уеб Черноморски Брегови Атлас, като част от глобалната рамка на ICAN. Основните теми са в областта на физикогеографията, хидрологията, биологията, рибарството и аквакултурите, крайбрежната геоморфология и геология, сателитните изображения, човешкото въздействие, туризма, културно-историческото наследство, социално-икономическите и природните ресурси.

Атласът се разработва в ИО-БАН, тъй като институтът е координатор на Националния Център за Океанографски Данни, служещ като местен портал за обмяна на океанографски и брегови данни.

Цели и задачи на дисертационния труд

Прегледът и оценката на съвременното състояние на географските информационни технологии позволи да се дефинира основна цел на дисертационния труд, а именно:

Проектиране и изграждане на прототип на Геоинформационна система на Българския сектор от Черно море и крайбрежната зона посредством интегриране на морска, брегова и сухоземна пространствена информация, която да послужи при изучаването и управлението на бреговата зона.

За постигането на целта на дисертационния труд е необходимо да бъдат решени следните основни задачи:

- Проучване и анализ на морските и сухоземните пространствени геоданни в глобален и национален мащаб;
- Проектиране на геоинформационната система и геобазата данни;
- Изграждане на прототип на Геоинформационна система на Българския сектор от Черно море и крайбрежната зона;
- Приложение на изградената Геоинформационна система за Българския сектор на Черно море в различни направления на морските и бреговите науки.

Глава II. Проектиране на Геоинформационната система

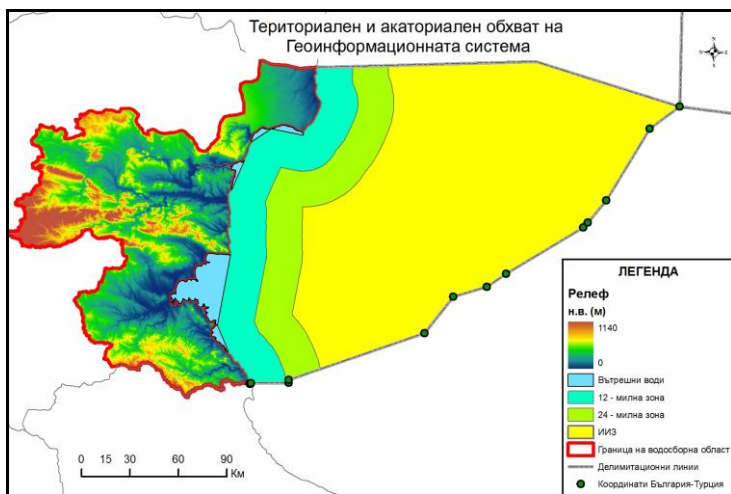
Целта на настоящата работа е да се създаде прототип на *Геоинформационна система на Българския сектор от Черно море и крайбрежната зона*. Една от първите задачи за постигането на тази цел е да се определи географският обхват на информационната система. Като е видно от заглавието, същата обхваща както сухоземна, така и морска част.

В подглава **2.1.** се дефинира географският обхват на геоинформационната система. Същият включва както сухоземна част, така и морска.

Крайбрежната (бреговата) зона се счита като „стратегически важна за всички европейци”, но въпросът който често възниква е какъв точно е обхвата на бреговата зона? Най-общо казано „крайбрежна зона” е мястото, където се срещат морето и сушата. Независимо от всичко, е много трудно да се поставят универсални географски граници на „крайбрежна зона” и поради факта, че често тези граници се определят в зависимост от нуждите и целта на изследването което се прави.

По-нататък се дават различни дефиниции на това какво е крайбрежна зона. Показани са няколко примера за това, какъв би бил обхватът на крайбрежната зона, ако се използват различни географски критерии като:

- Надморска височина (по примера на 50 и 100 m);
- Територии на определено разстояние от бреговата линия (примери от 2, 5, 10, 20, 30, и 50 km);
- Границите на административните единици (общини, области и райони);
- Водосборният басейн на българските реки, вливащи се директно в Черно море.



Фиг. 1. Териториален и акваториален обхват на геоинформационната система

В обхвата на морската част на геоинформационната система, освен Вътрешните води, влизат също така и 12 и 24-милните зони, както и Изключителната Икономическа Зона (ИИЗ) на Република България в Черно море (фиг. 1). В тези граници, акваторията на страната обхваща площ от 36190.56 km². Цялата площ (сухоземна и морска) в тези си граници (фиг. 1) заема площ от 53856.6 km².

В подглава 2.2. се разглежда и аргументира изборът на ArcGIS софтуерния пакет за реализацията на прототипа на геоинформационната система. Един от основните критерии за избора са функционалните възможности, които притежава този софтуерен пакет. ArcSDE геобазата данни представлява „колекция“ от таблици, изгледи (view), и процедури в рамките на дадена система за управление на бази данни (СУБД).

Преди да се създаде геобазата данни в СУБД, трябва първо да се инсталира софтуерът на геобазата данни, след което да конфигурираме СУБД. Конфигурирането на СУБД включва създаване на пространства за съхранение на таблиците и файловете, които се съхраняват в модел на базата данни, както и адекватно разпределение на паметта на машината. Необходимо е да се обърне внимание на имената, типовете, местата на таблиците, индексите, както и *пространства за съхранение* (storage spaces), които създаваме, колко големи са, за да има възможност да архивираме нашите *лог файлове*, какъв размер да се задели за *временно пространство* (temporary space). След като базата е готова, се преминава към инсталиране на ArcSDE. След като и инсталацията на ArcSDE е готова, може да се премине към създаването на геобазата данни.

Проектът на геобазата данни представлява начина, по който се извършва структурирането на географската информация в логическа серия от тематични слоеве, които могат да бъдат интегрирани посредством географското им местоположение (Arctur and Zeiler, 2004). Ето защо проектирането на геобазата данни започва с идентифициране на тематичните данни, които да бъдат използвани, като е необходимо да бъде уточнено съдържанието им и това как данните от всеки тематичен слой се проектират в ГИС среда. Това включва определянето как трябва да бъдат представени обектите за всяка една отделна тема с оглед на географските им особености. Уточняват се и техните таблични атрибути. Географското представяне на данни става посредством серия от тематични данни. Ключови понятия в ГИС са тези на *слой с данни* или *теми*. В географските информационни системи, тематични слоеве са един от основните принципи за организиране за проектиране на ГИС база данни. Всяка ГИС обикновено съдържа множество от близки по съдържание теми за обща географска област. Всяка тема може да се управлява като информация, установена независимо от другите теми и могат да съдържат различни обекти (точки, линии или полигони).

Съществуват готови модели на геобазата данни. Такъв, предварително създаден модел за геобазата данни в областта на бреговите и морските научни

направления например е ArcMarine Data Model. Това е един сложен модел и поради факта, че в днешно време морските данни се генерират от изключително разнообразна гама от инструменти и платформи, с различни формати, пространствена резолюции и атрибути.

Създаване на ArcSDE геобазата данни в ИО-БАН.

Геобазата данни се намира на сървър, физически разположен в сградата на ИО-БАН. Тъй като целта на дисертацията е създаване на работещ прототип на геоинформационна система, а това неминуемо изисква направата на множество тестове, бе решено тя да не бъде създадена на главния сървър на Института, а на друг сървър. След като апробацията е успешна, геобазата данни може да бъде прехвърлена на основния сървър на ИО-БАН. Операционната система (ОС) е *Windows 7 Professional, service pack 1*. Поради това, че сървърът е част от вътрешна институтска мрежа и на него се съхраняват данни и информация и с цел да не се нанесат вреди и загубване на информация при тестването, на него бе инсталирана виртуална машина, безплатно приложение на Oracle (*Oracle VirtualBox version 4.3.12*). *Oracle VirtualBox* създава виртуална среда, в която може да се инсталират различни операционни системи, да се инсталират и тестват програми. За виртуалната машина бяха заделени 68.8 GB от общо 500 GB памет на сървъра. На виртуалната машина се инсталира и СУБД (Microsoft SQL Server 2008 R2). *SQL Server 2008 Express* е версия на SQL сървър, която е подходяща за научаване и построяване на десктоп или малки сървърни приложения. Проектиран за лесна разработка и бързо създаване на прототипи, *SQL Server 2008 Express* е наличен за безплатно инсталиране. В допълнение може безплатно да се разпространява в приложения. Проектиран е да се интегрира безпроблемно с други сървърни вложения в инфраструктурата. След инсталацията на *Microsoft .NET Framework 2.0* се преминава към инсталацията на *SQL Server 2008 R2*. Една от причините за избора на *Microsoft SQL Server 2008 R2* е възможността за работа с ArcSDE. Следва инсталиране на ArcSDE на виртуалната машина. След като инсталацията е факт, се преминава към създаване на геобазата данни в SQL Server. За да се създаде геобазата данни в база данни на Microsoft SQL Server, използваме *ArcSDE Post Installation wizard*. По-нататък се описват стъпките за конфигуриране на базата от данни. След като инсталацията на ArcSDE за Microsoft SQL Server е завършена успешно, може да се премине към запълване с предварително готовите ГИС слоеве.

В подглава 2.3. е разгледана структурата на данните в геоинформационната система. Най-важната и съществена част в една геоинформационна система са геопространствените данни, които се съдържат в нея. Тези данни представляват ядрото на всяка една геоинформационна система. И докато в някои страни като САЩ например, базовите геопространствени данни са леснодостъпни и свободни/безплатни

за придобиване, то не така стоят нещата у нас. Базовите данни, като брегова линия, батиметрия, цифрови модели на терена, реки, езера, ортофотото и сателитни изображения често могат да са най-скъпопоструващата част от един ГИС проект. Като цяло у нас липсват геопространствени данни със свободен достъп, с изключение на тези за защитените зони (НАТУРА 2000, национални паркове, защитени местности, природни забележителности и др.) и данните публикувани в сайта на МОСВ по докладите за отпадните води.

ГИС данните за прототипа на геоинформационната система са обособени в 6 основни тематични групи, всяка от които съдържа различен брой набор от данни:

✓ **Управление.** Към тази тематична група данни спадат:

- *Административни граници.* Тук се включват данни за: Държавна граница; Регионални граници; Областни граници; Общински граници; Вътрешни води; Териториално море; 24-милна зона; ИИЗ на Република България в Черно море; Други данни.
- *Брегова линия.* Тук се отнасят брегови линии на страната, получени в резултат от векторизиране на: Топографски карти в различен мащаб и от различни години; Морски навигационни карти в различен мащаб и от различни години; Сателитни изображения с различна резолюция и дати на заснемане; Ортофотото снимки от различни години на заснемане; Други данни.
- *Защитени области.* Включват територии, защитени от националното и международното законодателство: Национални паркове; Природни паркове; Резервати; Природни забележителности; Защитени територии; Защитени зони; Зони по НАТУРА 2000; Зони по РАМСАРСКА конвенция; Други.
- *Топографски карти.* Включени са: Векторни обекти (точкови и полигонни слоеве) за топографски карти в различни мащаби; Сканирани и геореферирани топографски карти; Други.
- *Навигационни карти.* Включени са: Векторни обекти (точкови и полигонни слоеве) за морски навигационни карти в различни мащаби; Сканирани и геореферирани морски навигационни карти; Други.
- *Културно и историческо наследство.* Векторни обекти: Полигони очертаващи границите на районите, където е извършвано сканиране със сонар за страничен обзор; Точков слой за местонахождението на потънали кораби; Други.
- *Води и замърсяване.* ГИС данни с информация за: Агломерациите; Пречиствателните станции за отпадъчни води; Точките на заустване; Други.
- *Управление на бедствията.* ГИС данни за: Нисколежащи крайбрежни територии; Свлачища на морския бряг; Срутища по морския бряг; Други.

- *Брегови и морски съоръжения.* Тук спадат: Изградени брегови съоръжения; Тръбопроводи и газопроводи по дъното на морето; Комуникационна инфраструктура по дъното на морето; Други.
- *Други...*
- ✓ **Физикогеографски данни.** Към тази тематична група спадат:
 - *Надморска височина.* Тук влизат данни от: *Shuttle Radar Topography Mission*. Включват два формата: *Digital Terrain Elevation Data (DTED)* и *Georeferenced Tagged Image File Format (GeoTIFF)*; *Global Digital Elevation Model (ETOPO2)*; *Global 30 Arc-Second Elevation (GTOPO30)*; Други.
 - *Дълбочина на морето.* Тук влизат данни за батиметрията на: Крайбрежни морски тела (растерни и векторни); Черноморски басейн (растерни и векторни); Други.
 - *Геоморфология.* Влизат данни за: Морски плажове; Брегови пясъчни дюни; Абразионни участъци; Шелф; Други.
 - *Геология.* Влизат данни за: Геология на морското дъно; Геоложки строеж на брега; Геоложки експедиции; Други.
 - *Земно покритие.* Влизат данни за: Растери от различни години за земно покритие за територията на страната; Векторни ГИС слоеве от различни години за земно покритие; Други.
 - *Хидрология.* Влизат векторни ГИС данни за: Обхвата на Басейновите Дирекции; Водосборните области на реките; Речната мрежа; Езерата; Други.
 - *Океанография.* Тук се отнасят данни за: Физични свойства на морската вода (температура, соленост, плътност, скорост на звука, прозрачност); Химични свойства на морската вода; Вълнение; Морски течения; Методи за събиране на данни; Други.
 - *Други...*
- ✓ **Биология (данни от живата природа).** В тази тематична група влизат данни за:
 - *Фитопланктон;*
 - *Хлорофил-а;*
 - *Зоопланктон;*
 - *Макрофити;*
 - *Бентос;*
 - *Риби и морски бозайници;*
 - *Типове местообитания;*
 - *Приоритетни видове;*
 - *Уязвимост на хабитатите;*
 - *Други...*
- ✓ **Социо-икономически данни.** В тематичната група влизат данни за:
 - *Населени места.* Данни за местоположението на: Градове; Села; Курорти; Къмпинги; Други.

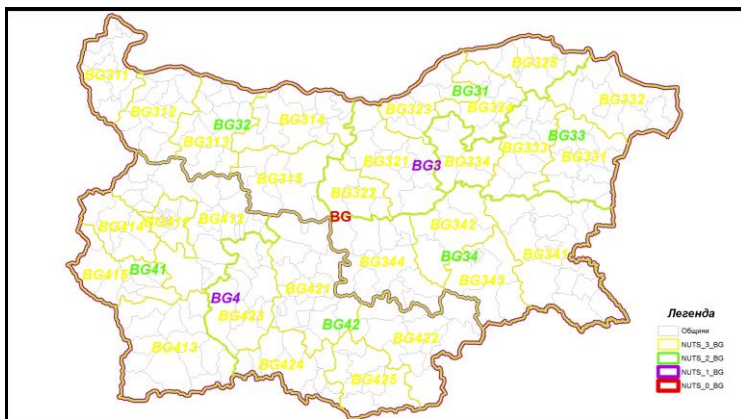
- *Население*. Влизат данни по: Региони; Области; Общини; Градове; Села; Зони, отстоящи на разстояние от брега; Други.
- *Туризм и почивка*. Данни по: Региони; Области; Общини; Курорти; Други.
- *Брегова и морска инфраструктура*. Влизат данни за: Пристанища; Газодобивни платформи; Съоръжения за аквакултури; Други.
- *Други...*
- ✓ **Данни за експедиционна дейност.**
 - *Маршрути на кораб/катер*. Векторни обекти като точков слой, представляващи записи от GPS навигация. Представяват следите/маршрута на плавателния съд, с който е извършвано пробонабиране;
 - *Станции и полигони на пробовземане*. Влизат данни от: Хидрографски станции; Геоложки тръби; Геоморфоложки профили и проби; Биологични измервания; Други.
 - *Профили на заснемане*. Данни за профилиране извършени с: Магнитометър; Еднолъчев/многолъчев ехолот; Сонар за страничен обзор; Видеокамера; Други.
 - *Други....*
- ✓ **Други данни.**
 - *Сателитни изображения;*
 - *Ортофото снимки;*
 - *Аерофото снимки;*
 - *ЛИДАР;*
 - *Аргобуйове;*
 - *Други...*

Глава III. Геопространствени данни включени в Геоинформационната система

Към момента на разработване на дисертацията, за някои от тематичните групи (частично или изцяло) авторът не разполага с ГИС данни, които да бъдат интегрирани в геоинформационната система. Надявам се на по-късен етап, при проявен интерес на създателите на тези данни, те да бъдат предоставени за публикуване, а следователно и за ползване от учените в ИО-БАН. Една голяма част от данните са създадени през последните 10 години лично от автора в процеса на работата по научни проекти и приложни задачи и са защитени в научни публикации и отчети. Друга част са данни, публикувани основно от Министерство на Околната Среда и Водите (МОСВ) и от Министерство на земеделието и храните (МЗХ) на Република България и от Европейска Агенция за Околна Среда (Дания), Национална Служба за Геоложки Проучвания на САЩ (USGS) и др.

В подглава **3.1.** се разглеждат данните от тематична група *Управление*, влизащи в геоинформационната система. В група *Административни граници*

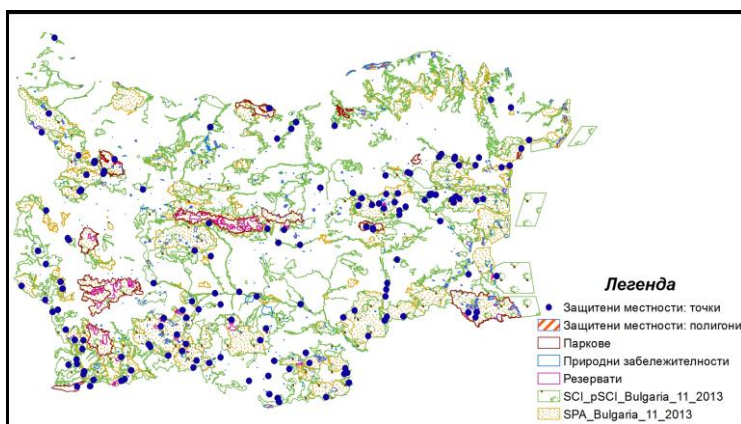
всички данни във векторен формат. Данните за сухоземната част включват държавната граница на България, регионите, областите и общините. В атрибутните таблици на всички обекти са добавени като полета площта, името и кода на съответната териториална единица (фиг. 2).



Фиг. 2. Карта на административните единици в България

Към административните единици са включени и вътрешните води, териториалното море, 24-милната зона и ИИЗ на Република България в Черно море. Всички ГИС данни от тази група са създадени от автора, като са използвани официални източници.

От група *Защитени области* в геобазата данни влизат ГИС слоеве (фиг. 3), публикувани на сайта на Изпълнителна Агенция по Околна среда



Фиг. 3. Защитени местности, резервати, паркове, природни забележителности и зони по НАТУРА 2000 в България към МОСВ и ЕАОС. Данните включват няколко ГИС слоя: Защитени местности (2 слоя, точки и полигони); Паркове (полигонен слой); Резервати

(полигонен слой), Природни забележителности (полигонен слой) и НАТУРА2000.

От група *Топографски карти* в геоинформационната система влизат както български топографски карти в мащаби 1:200 000, 1:100 000, 1:25 000 и 1:5 000, така и руски топографски карти в мащаб 1:50 000. Създадени са векторни точкови и полигонни слоеве за всички топографски карти в различните мащаби. Разработена е авторска методика за геореферирание на сканирани карти, подходяща и за навигационни карти. По-подробно темата е развита в Глава 4, Тестване на Геоинформационната Система. Всички ГИС данни в тази група са създадени от автора.

В групата на *Навигационните карти*, мащабът на картите в геоинформационната система варира в широки граници: 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 и 1:10 000. Всички карти са издадени от Хидрографска служба на Военноморския Флот на Република България. Сканирани са на широкоформатен скенер с резолюция 400 dpi, запазени като .jpg формат и впоследствие геореферирани. Създадени са векторни обекти, като точкови и полигонни слоеве за всички мащаби навигационни карти. Всички ГИС данни в тази група са създадени от автора.

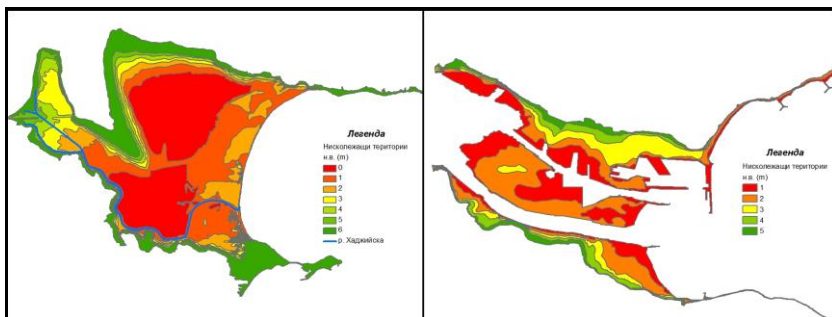
Всички слоеве в групата на *Културно и историческо наследство* са векторни обекти. Всеки полигон очертава границите на районите, където е извършвано сканиране със сонар за страничен обзор, т.е. акваториите, които вече са изучени. Важно е да се знае кои територии са изследвани, за да се избегне дублиране на дейности при нови проучвания. В точковият слой, всяка една точка представлява местоположението на потънал кораб в териториалните води и ИИЗ на България в Черно море.

Данните за потъналите обекти са получени от два източника:

- от сканирани навигационни карти, на които са нанесени потъналите обекти;
- обекти, които са открити в резултат от експедиционната дейност на ИО-БАН по изследователски проекти в областта на културно-историческото наследство.

От групата на *Води и замърсяване*, в геобазата влизат ГИС данни с информация за агломерациите, пречиствателните станции за отпадъчни води и точките на заустване, публикувани на сайта на МОСВ и отнасящи се за 2014 г.

От група *Управление на бедствията*, в геобазата влизат векторни ГИС данни за нисколежащите територии в районите на Слънчев бряг и на Варненски залив (фиг. 4). Данните са получени при оцифроването на топографски карти в М 1:5 000 (1983 г.) и създаване на цифрови модели на терена за двата района на изследване. Резултатите от двете изследвания (за района на Слънчев бряг и за Варненски залив) са докладвани на международни конференции и са публикувани в сборник доклади. И двата ГИС слоя са създадени от автора.



Фиг. 4. Нисколежащи територии в районите на Слънчев бряг и Варненски залив

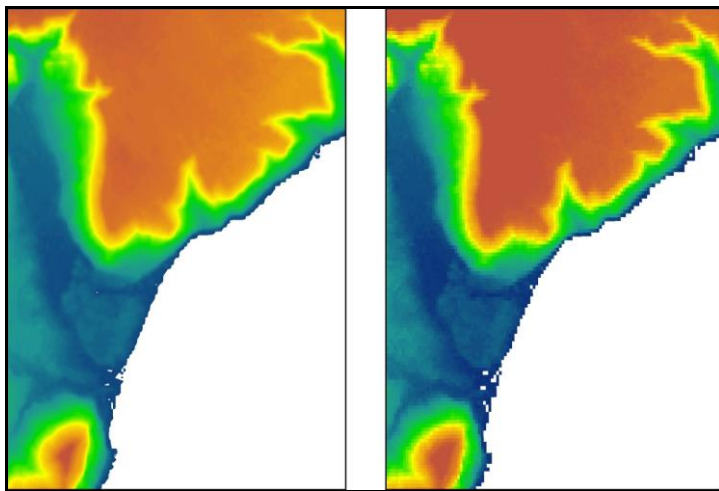
В групата на *Брегови съоръжения*, по предварително изработена схема за класифициране на бреговата линия, с използването на ортофотото изображения от 2010 г. и 2011 г. с пространствена резолюция под 1 m, е създаден векторен линеен слой с идентифицираните брегови съоръжения: I) 178 бунни; II) 31 дамби; III) 26 вълнозащитни стени; IV) 73 насипни укрепени участъци; V) 62 пристанища, яхтени пристанища/кейови стени и навигационни канали; VI) 14 сегмента, представляващи изкуствени плажове. Резултатите от изследването са публикувани в списание *Journal of Coastal Conservation* през 2013 г., като авторът на дисертацията е пръв автор. По-подробно темата е развита в Глава 4, Тестване на Геоинформационната система. ГИС слоя е създаден от автора.

В подглава 3.2 от тематична група *Физикогеографските данни* в геоинформационната система влизат както векторни, така и растрерни слоеве.

Данните от група *Надморска височина* са от жизненоважно значение за широк спектър от приложения, включително създаването на модели за наводнения, управление на земеползването, моделиране на климата и др. Традиционно, надморската височина е представена на топографските карти от контурните линии. Данните за надморската височина влизат в геобазата данни представляват растрерни изображения и са публикувани на сайта на Американската агенция за геоложки проучвания (USGS). Придобити са с мисията на *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* на борда на космическата сова Индър между 11 и 22 февруари 2000 г. За територията извън САЩ, моделът има разделителна способност от 3 дъгови секунди (90 m). Предлаганите данни от SRTM са в три файлови формата:

- *Digital Terrain Elevation Data (DTED)*. Всеки файл или клетка съдържа матрица от вертикални стойности, разположени на равни хоризонтални интервали измерени в географската ширина и дължина единици. Размерът на всеки файл е около 3 MB за 3-дъгови секунди файлове с данни.
- *Band interleaved by line (BIL)* е двоичен растререн формат, който описва оформлението и форматирането на файла. Размерът на файла е около 1 MB за три дъгообразни файлове с данни.

- *Georeferenced Tagged Image File Format (GeoTIFF)* е TIFF файл с вградена географска информация. Това е стандартен формат на изображението за ГИС приложения. Размерът на файла е около 3 MB за 3-дъгови секунди файлове с данни.



Фиг. 5а. *DTED модел*

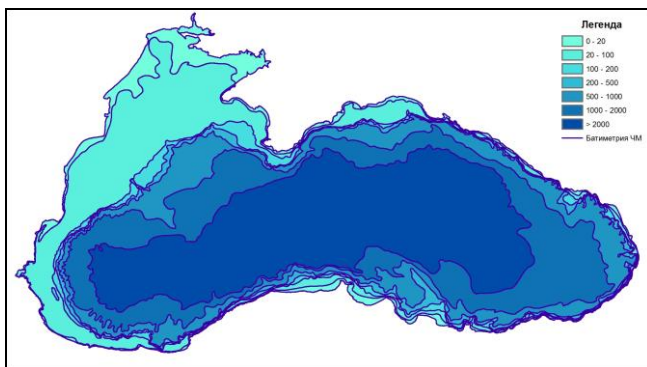
Фиг. 5б. *GeoTIFF модел*

Два от форматите са включени в геобазата данни: *DTED* (9 файла) и *GeoTIFF* (9 файла), като те покриват източната част от страната, включително крайбрежието. На фиг. 5а и фиг. 5б са показани фрагменти от изображения на двата формата от района на долината на река Батова.

Други растрерни формати данни, публикувани в сайта на USGS и които влизат в прототипа на геоинформационната система са:

- *Global Digital Elevation Model (ETOPO2)* представляващ гريد (размер 2/2 минути) с надморската височина и батиметрията в световен мащаб;
- *Global 30 Arc-Second Elevation (GTOPO30)*. Представлява глобален цифров модел на релефа (DEM) с хоризонтално разстояние от 30 секунди (приблизително 1 km). GTOPO30 е получена от няколко растрерни и векторни източници на топографска информация, и е завършена в края на 1996 г.

Всички данни в група *Дълбочина на морето (батиметрия)* са създадени от автора. Терминът "*батиметрия*" се отнася за дълбочината на океаните и моретата спрямо морското равнище или с други думи това е "*подводната топография*". Батиметричните карти илюстрират земната повърхност намираща се под водата по същия начин, по който топографските карти представят релефа на сушата. Вариациите в морското дъно могат да се представят или чрез цвят (растери), или чрез векторни контурни линии (изобати). В геобазата данни влизат и двата типа данни (фиг. 6):



Фиг. 6. Батиметрична карта на Черно море

- Батиметрични данни (растерни и векторни) за крайбрежните морски тела. За създаването на слоевете са използвани данни от проведени изследвания на ИО-БАН с еднолъчев и многолъчев ехолот. По-подробно темата е развита в Глава 4, Тестване на Геоинформационната система.
- Батиметрични данни (растерни и векторни) за цялото Черно море. ГИС данните са създадени чрез оцифроване на сканирани морски навигационни карти в различен мащаб.

От група *Геоморфология* в геоинформационната система влизат векторни ГИС данни за:

- *бреговете пясъчни дюни* и тяхното географско разпределение по нашето крайбрежие (като полигонен слой). За точното им позициониране са използвани ортофото изображения от 2010 г. и 2011 г. които са оцифровани в ГИС среда. За пръв път у нас са очертани и изчислени точните площи на бреговете пясъчни дюни. Резултатите от изследването са докладвани на международната *COASTGIS 2011* конференция (Остенде, Белгия) и са публикувани в сборни доклади. ГИС слоя е създаден от автора.
- *уязвимост на морския бряг от абразия*. Въз основа на анализ на геоложки карти в М 1:100 000, ортофото изображения от 2010 г. и 2011 г., топографски карти в М 1:5 000 и данни от теренни изследвания за скоростта на абразия е създаден векторен ГИС слой (линеен) и карта на българското крайбрежие, показваща степента на уязвимост към бреговата абразия. По-подробно темата е развита в Глава 4, Тестване на Геоинформационната система. ГИС слоя е създаден от автора.

От група *Геология* в геоинформационната система влизат векторни ГИС данни за:

- *геоложка експедиция*. ГИС данните са два векторни слоя: линеен, представляващ профилите на заснемане проведени със сонар за страничен обзор, и точков обект, показващ местоположението на извършеното пробонабиране с геоложки тръби. В атрибутната таблица на точковия обект

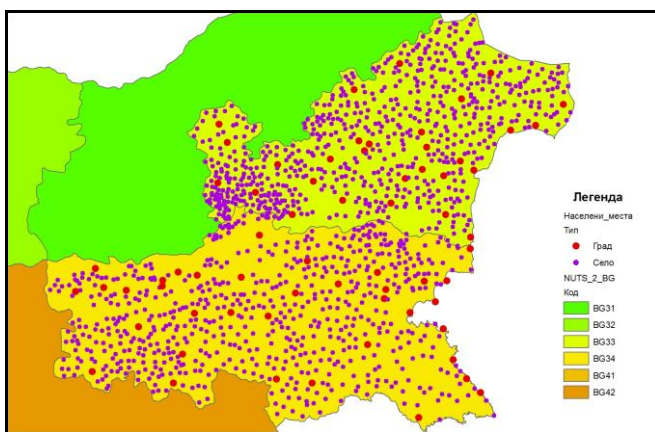
са въведени данни за координатите, деня на извършване на пробовземането, размера на тръбата с който е извършено пробонабирането, дълбочината на водния стълб, дължината на взетата проба, както и кратко описание на пробата. Данните са събрани при изпълнение на проект "Древни брегови линии на Черно море и условие за човешко присъствие" МОН-Идеи ДО-02 337 с ръководител Проф. Петко Димитров и са от проведена експедиция през 2009 г. ГИС обектите са създадени от автора.

- *геоложки строеж на брега*. Въз основа на анализ на геоложки карти в М 1:100 000, ортофото изображения от 2010 г. и 2011 г., и топографски карти в М 1:5 000 е създаден векторен ГИС слой (линеен). Направена е типизация и сегментация на абразийните (клифови) участъци за цялото Българско крайбрежие. По-подробно темата е развита в Глава 4, Тестване на Геоинформационната система. ГИС слоя е създаден от автора.

От група *Земно покритие (Corine Land Cover - Coordination of Information on the Environment Land Cover, CLC)* в геобазата данни са въведени растерни изображения за земно покритие (2000 г. и 2006 г.), покриващи територията на България. Освен растерните формати, в базата данни е въведена и таблица с информация за легендата.

В геоинформационната система от група *Хидрология* влизат векторни ГИС данни за обхвата на Басейновите Дирекции, водосборните области, речната мрежа и езерата у нас. Данните са публикувани в сайта на ЕАОС. Те са част от географската информационна система за Европейските хидрографски системи с пълна топологична информация. ГИС данните са групирани в 4-ри геобаза данни (Водосборни области, Граници на Басейнови Дирекции, Реки и Езера).

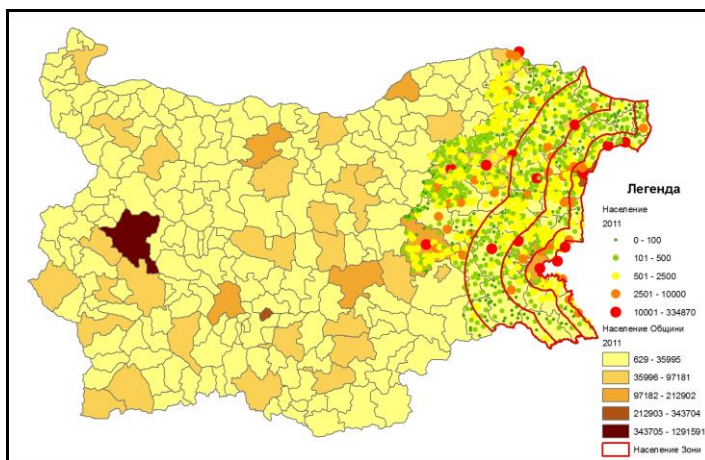
Важна съставна част от прототипа на геоинформационната система са данните от тематична група **3.3. Социо-икономически данни**.



Фиг. 7. Населени места в Североизточен и Югоизточен статистически региони

В група *Населени места*, ГИС данните са във векторен формат: точков слой. Включени данни за местоположението на градовете и селата в Североизточния и Югоизточния статистически региони у нас (фиг. 7).

Група *Население* е представена от векторни ГИС данни за населението на страната по: региони, области, общини, населени места (градове и села) и на зони (10, 30 и 60 km) отстоящи на разстояние от брега (фиг. 8). В атрибутните таблици на съответните ГИС слоеве са въведени данните за населението от всичките 9 официални преброявания между 1934 г. и 2011 г. като са използвани данни, публикувани от НСИ. Направено е изследване за демографските тенденции в бреговата зона през последните няколко десетилетия, като е изнесена презентация на международната конференция МАРЕС 2013, организирана от ИО-БАН. ГИС слоевете и въвеждането на статистическата информация в атрибутните таблици са дело на автора.



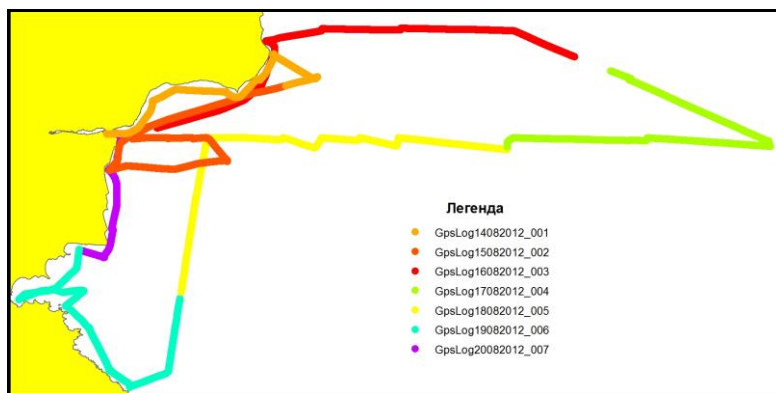
Фиг. 8. Население по общини, градове и села и зони, отстоящи от брега на морето

От група *Туризм и почивка в* геоинформационната система влизат векторни ГИС данни за туризма у нас по: региони, области, общини и курорти с национално значение. В атрибутните таблици на съответните ГИС слоеве са въведени данни за туризма след 1999 г. Всички данни за туризма на областно ниво и за курортите с национално значение са публикувани в сайта на НСИ, а статистическите данни за туризма на общинско ниво са предоставени от филиала на НСИ във Варна след направена заявка от ИО-БАН. ГИС слоевете и въвеждането на статистическата информация в атрибутните таблици са дело на автора.

В група *Брегова и морска инфраструктура* влизат векторни данни за пристанищата, морските фарове, както и данни за инфраструктурата към газодобивната платформа на Мелроуз. Всички слоеве са създадени от автора.

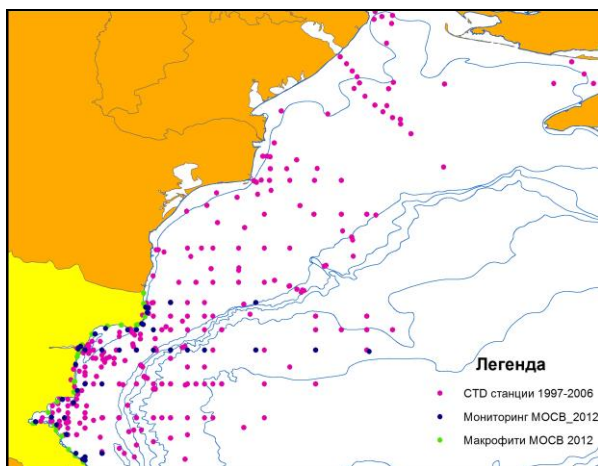
В тематична група **3.4. Данни за експедиционна дейност** в прототипа на геоинформационната система влизат ГИС слоеве от експедиционната дейност на ИО-БАН.

В групата на *Маршрути на кораб/катер* влизат векторни обекти данни, като точков слой, представляващи записи от GPS навигация. Съдържат пълен запис на маршрута на кораб/катер по време на експедиция, от напускането на пристанището до завръщането (фиг. 9). Наличието на този вид ГИС слоеве може да послужи като допълнителна информация, спомагаща при анализа на данните и изготвянето на научния отчет. В базата данни влизат GPS записи от няколко научни експедиции с НИК Академик, както и GPS навигацията от ехолотирането на крайбрежните морски тела с моторен катер „Шелф“.



Фиг. 9. Маршрут на НИК Академик по време на мониторингова експедиция през 08/2012 г.

Група *Станции и полигони на пробовземане*. В основните дейности на ИО-БАН е заложено провеждането на изследвания в областта на морската физика, химия и геология, археология, биология и екология на морето, хидродинамика и литодинамика на бреговата зона. За събирането на необходимата информация, например при изучаването характеристиките на морската вода, се осъществява комплексен мониторинг в териториално море и българската икономическа зона. Досега са проведени над 200 научни експедиции само с НИК Академик. На фиг. 10 са показани като ГИС слоеве векторни обекти (точкови слоеве) на извършените СТД профили в периода 1997-2006 г., мониторинговите станции по Споразумението с МОСВ за 2012 г., и местоположението на станциите за макрофити отново по споразумението с МОСВ за 2012 г.



Фиг. 10. Станции на пробовземане

Група *Профили на заснемане*.

Събиране то на нови данни за дълбочината на морското дъно в ИО-БАН се извършва с помощта на еднолъчев ехолот и многолъчева сонарна система. Локатор за страничен обзор с профилограф се използва за създаване на растерни изображения на морското дъно, необходими при провеждането на проучвания в областта на морската археология. Изображенията на локатора за страничен обзор позволяват на учените да *намерят* разликите в материала и текстурата на морското дъно. Тези изображения, допълнени с данни от изследване с магнитометър, са често използван инструмент за откриване на отломки, предмети и други препятствия на морското дъно, които могат да бъдат опасни за корабоплаването или при изграждането на инсталации на морското дъно за добив на нефт и газ. Към момента, в геоинформационната система влизат векторни линейни слоеве, *показващи* профилите на извършеното ехолотиране с еднолъчев и многолъчев ехолот по Споразумението с МОСВ от 2013 г., профили с магнитометър от научно-приложна задача от 2009г., и на локатор за страничен обзор от 2009г.

В тематична група **3.5. Други данни** влизат данни, получени предимно в резултат от дистанционни методи.

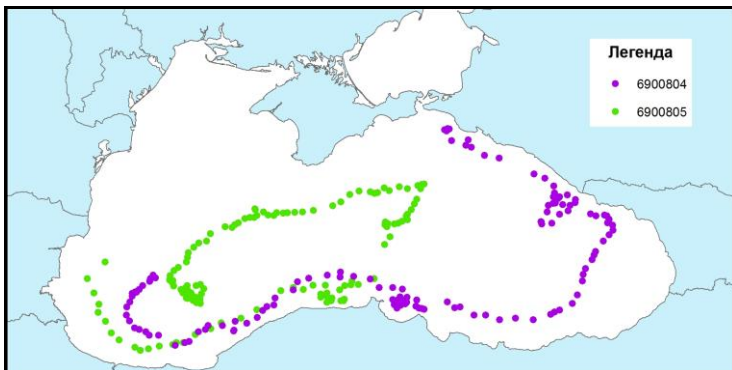
Групата на *Сателитни изображения* се явява важен източник на пространствени данни през последните години. В геобазата данни влизат векторен слой (полигон) за разграфката на LandSat7 ETM+ изображения както и растери (36 на брой сцени), покриващи Черно, Азовско и Мраморно морета. По-подробно темата е развита в Глава 4, Тестване на Геоинформационната система.

В геобазата данни влизат и растери (като пример) за разпределението на температурата на повърхността на морската вода за Черно море по данни на

<https://www.ghrsst.org/>. Данните са любезно предоставени от гл. ас. Виолета Слабакова.

Група на *Ортофотоснимки*. Представяват аероснимки, които са направени вертикално на земната повърхност. В геобазата данни влизат ортофотото снимки, покриващи цялото крайбрежие на страната, както и векторен слой (полигон) за разграфката на ортоизображенията. Всички снимки са направени през 2010 г. и 2011 г. Снимките са с размер 4/4 km, и имат пространствена резолюция от 0.45 m.

В базата данни влизат и данни от групата на *Аерофото снимки*. Същите са направени под ъгъл (около 45 градуса) спрямо земната повърхност. Служат за детайлна визуализация на бреговите форми на релефа. Снимките (2000 на брой) са направени през 07/2013 г. по проект „Брегови процеси и устойчиво управление на българския бряг“ по програма Фулбрайт 2012/2013, с ръководител Проф. Робърт Йънг, Университет Уестърн Каролайна, щат Северна Каролина, САЩ. Заснемането бе извършено със самолет Чесна, от височина на полета 200 m над повърхността и покрива цялото Българско крайбрежие: от н. Сиврибурун при границата с Румъния до н. Резово при границата с Турция.

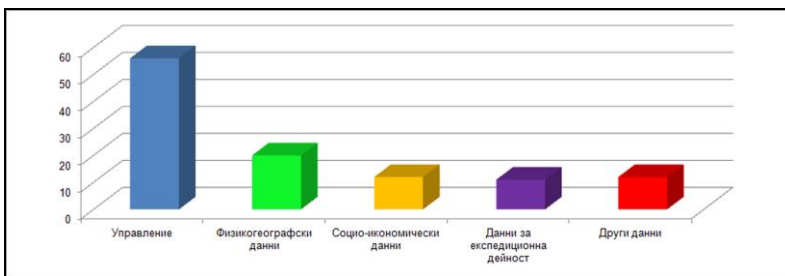


Фиг. 11. Аргобуйове опериращи в Черно море през 2013/2014 г.

В геоинформационната система влизат данни и за опериращи в Черно море *Аргобуйове* (фиг.11). Представяват траекториите на две Арго сонди, пуснати от борда на НИК Академик по проект БУЛАРГО. Данните са любезно предоставени от гл. ас. Виолета Слабакова.

Резултат:

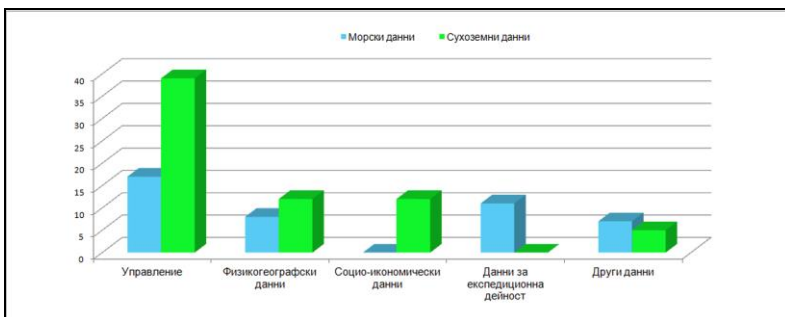
Към края на 2014г. в прототипа на Геоинформационната система влизат данни от 5 от 6-те основни тематични групи: единствено за група Биология няма ГИС слоеве. Общият брой на ГИС обектите е 111, като от тях 17 на брой (15%) са растрерните обекти, а 94 на брой (85%) са векторните обекти.



Фиг. 12 Разпределение на ГИС слоевете по тематични групи

Векторните данни са представени във всички тематични групи, докато растерните са предимно в тематичните групи *Физикогеографска* и *Друга*. Например в тематичните групи *Управление*, *Социо-икономическа* и *Данни за експедиционна дейност* данните са само векторни. С най-голям брой (56 на брой слоя, или 51%) са данните от тематична група *Управление* (фиг. 12), следвани от тематична група *Физикогеография* с 18%.

По отношение на географското положение на данните справката показва, че с по-голям дял са *сухоземните данни* (68 слоя или 61% от общия брой), а *морските данни* са по-слабо представени: 43 слоя или 39% (фиг. 13).



Фиг. 13. Морски и сухоземни данни

Например в тематичната група *Данни за експедиционна дейност*, всички са от *морската част*, докато в тематичната група *Социо-икономически данни* няма нито един обект от *морската част*.

Последната извадка е по отношение на създаването и начина на придобиване на данните. От всички 111 слоя, близо 2/3 са създадени от автора, а 1/3 безплатно са придобити от друг източник. Основно това са данни, придобити от Министерството на околната среда и водите, Министерството на земеделието и храните, Европейската агенция за околна среда (EEA) и Американската агенция за геоложки проучвания (USGS). Например, всички ГИС данни за хидрологията на сушата и земното покритие са от ЕЕА, а данните за релефа на сушата са от сайта на USGS.

Глава IV. Приложение на Геоинформационната система

Както бе посочено по-горе в текста, всяка геоинформационна система се създава с определена цел, в подкрепа на дадена дейност и следва да обхваща всички аспекти на реалния свят, отнасящи се към тази дейност. В настоящата глава са показани като примери няколко изследвания, в различни научни направления, при които авторът е автор или съавтор, както и създател на използваните ГИС данни. В изследванията са използвани данни от различни източници, покриващи широк спектър от направления и тематики, включващи както исторически данни от топографски карти, така и съвременни данни получени от сателитни снимки и ортофото изображения.

4.1. Изследване на дължината на бреговата линия посредством ГИС подход на примера на Българския Черноморски бряг

Поради комплексния и динамичен характер на бреговите черти измерването на положението и дължината на бреговата линия с голяма точност се оказва не особено лесна задача за бреговите изследователи. Бреговата линия е подложена на непрекъснато изменение под действието на вятъра и вълните, колебанията на морското ниво и движението на седиментния материал. Измерването на точната дължина на бреговата линия е от фундаментално значение при редица приложения за планиране и управление на дейностите в бреговата зона, например като класификация на брега/земеползване и урбанизация на крайбрежието, брегова абразия и мониторинг на природните системи и ресурси. Дължината на бреговата линия зависи от много фактори, основният между които е геоложкият строеж на брега. Друг много важен аспект при измерването на дължината на брега е мащабът на географските пространствени данни. Други фактори, които определят прецизността на измерване на бреговата линия са: тип и резолюция на пространствените данни; картографска проекция; генерализация на картния материал; референтна система (datum) на географските координати.

Настоящото изследване анализира средствата, методите и измерванията на дължината на българския черноморски бряг с помощта на съвременна технология като ГИС. Получените резултати показват, че при използване на пространствени данни от различни източници (морски навигационни/топографски карти или сателитни снимки), в различни мащаби (от 1:25 000 до 1:500 000) или с различна резолюция (14.5 m, 28.5 m and 57.0 m) се получават различни стойности за дължината на бреговата линия.

Дължината на Българското Черноморско крайбрежие е измервана и изследвана от редица автори, като са получени различни стойности: в интервала от 354.0 km до 456.8 km.

На базата на обработените налични данни (карти и сателитни снимки) са определени различни стойности за дължината на Българския Черноморски бряг. Получените резултати са показани в табл. 1.

Източник	Мащаб или резолюция (m)	Година	Брой сегменти	Средна дължина на сегментите (m)	Обща дължина на бреговата линия (km)	СО на дължините на сегментите
Топографски карти	1:25 000	1995	10 590	38.9	411.8	34.6
Топографски карти	1:100 000	1991	4 959	78.1	387.4	44.2
Топографски карти	1:200 000	1991	3 267	115.8	378.4	58.3
Навигационни карти	1:100 000	1991	3 151	122.9	387.2	59.2
Навигационни карти	1:200 000	1990	1 249	291.6	364.2	164.4
Навигационни карти	1:500 000	1981	1 113	317.1	352.9	136.4
LandSat 7	14.25	1999/2000	5 122	80.8	413.9	55.1
LandSat 7	28.5	1999/2000	3 208	122.5	392.9	69.5
LandSat 7	57.0	1999/2000	2 158	178.1	384.4	106.9

Табл. 1. Получени стойности и СО за дължината на българския бряг от различните източници

Най-голям брой брегови сегменти (10 590) е получен от топографски карти в мащаб 1:25 000. Този брой е почти два пъти по-голям от броя брегови сегменти извлечени от сателитна снимка с резолюция 14.25 m или сегменти определени върху топографски карти в мащаб 1:100 000. Най-малкият брой сегменти (1 113) е получен при оцифроването на морски навигационни карти в мащаб 1:500 000. Следователно, степента на резолюция на георафските данни е важен фактор за пространствения и статистическия анализ, а също и за извършване на пресмятания в ГИС среда. От получените резултати от различните източници на данни за бреговата линия става ясно, че колкото по-голям е картният мащаб или по-малък е размерът на пиксела при сателитните изображения, толкова по-голяма и по-подробна е общата дължина на бреговата линия.

„Колко е точната дължина на българския черноморски бряг?“ Правилният отговор е, че това зависи от това какви пространствени данни са използвани, както и от начина и метода, чрез които определяме дължината на бреговата линия. Без тази информация проведената статистика за пресмятане на дължината на брега би била некоректна, а това води до грешни крайни резултати.

4.2. Определяне на дължината на бреговата линия и площта на Черно море

Дължината на бреговата линия и площта на Черно море са изследвани и измервани от много местни и външни автори, като са определени различни стойности. Тези за дължината на бреговата линия варират между 4020 km и над 4400 km. Стойностите за площта на Черно море също варират в широк диапазон: между 413 500 km² и 436 000 km². Освен това, в повечето публикации липсва информация относно типа на пространствените данни, мащаба на картите или методите използвани за измерване на дължината на бреговата линия и площта.

През последните години точното проследяване и измерване на позицията и дължината на бреговата линия са много улеснени от съвременните технологии и данни, като ГИС, сателитни и ортофото изображения с висока и много висока пространствена резолюция. За целите на настоящия пример са използвани орторектифицирани сателитни изображения (Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), с размер на пиксела 14.25 m, panchromatic, Band 8. Приблизителният размер на сцената е 170 km север-юг до 183 km изток-запад. Опорните (земни контролни) точки за геореферирание са фиксирани, като изображенията са регистрирани към Универсална Трансверзална Меркаторова (UTM) картна проекция и координатна система, и към датум World Geodetic System_1984 (WGS_84). Точността на позициониране на крайния продукт на изображението има средноквадратично отклонение по-добра от 50 m. Средноквадратичното отклонение измерва грешките между опорните (земните контролни точки) и трансформиранияте позиции (положения) на контролните точки на изображението.

Бреговата линия на Черно море е извлечена от мозайка от сателитни изображения, състояща се от 24 LandSat 7 сцени покриващи цялата площ на Черноморския басейн. Четири от сцените са регистрирани в Зона 35N, десет в Зона 36N и останалите десет - в зона 37N. Сателитните изображения са придобити в периода между юни 1999 г. и май 2002 г.

Броят на сегментите за Черноморския бряг наброяваха почти 40 000. Всички отделни сегменти след това бяха обединени в един самостоятелен линеен слой – брегова линия. Този слой бе конвертиран в полигонен слой с помощта на специализиран ГИС модул XTools Pro Extension, Version 5.3.0. По такъв начин стана възможно да бъде изчислена площта на цялото Черно море и дължината на бреговата линия.

Приложеният съвременен метод на извличане на бреговата линия от Landsat 7 сателитни изображения с висока резолюция притежава много предимства в сравнение с традиционните изследвания:

i) изображенията имат голям териториален обхват, така, че покриват цялото Черно море;

ii) използван е само един източник на данни, като по този начин се ограничават възможните грешки при комбиниране на различни данни с различни пространствени и времеви мащаби;

iii) всички сцени са придобити в кратък времеви интервал (по-кратък от 3 годишен период).

За разлика от други брегови участъци които се намират в мезо- и макроприливно-отливни условия, извличането на бреговата линия за Черно море е доста по-точно. Това се дължи на факта, че Черно море е почти безприливно (денонощни колебания около 15 cm) и следователно използваните дистанционни методи са приложими за прецизно извличане и проследяване на бреговата линия. След обработката на 24-те на брой Landsat изображения са получени резултатите за дължината на бреговата линия на Черно море (табл. 2).

За по-прецизни измервания, дължината на бреговата линия е изчислена отделно за всяка от UTM зоните и на основата на сумата от получените три резултата е получена и общата дължина на дължината на бреговата линия на Черно море: 4869 km. Тази стойност е по-голяма почти с 500 km в сравнение с преди измерената дължина от порядъка на 4400 km. Средната дължина на всеки брегови сегмент, съставляващ цялата дължина на бреговата линия на Черно море е 122 m (табл. 2).

Страна	Брой сегменти	Средна дължина на сегментите (m)	Дължина на брега (km)
България	5,122	81	414
Грузия	1,387	236	322
Румъния	2,129	120	256
Русия	2,668	159	421
Турция	14,765	116	1700
Украйна	13,787	128	1756
Общо	39,858	122	4869

Табл. 2. Получени резултати за дължината на бреговата линия на Черно море

Векторният полигонен обект за площта на Черно море е получен чрез конвертиране на линейния слой за бреговата линия в полигонен слой с инструмента XTools Pro Extension, Version 5.3.0. За да се получи достатъчно надеждна стойност за площта на Черно море, този векторен полигон също бе разделен на три части по UTM зоните: UTM 35N, UTM 36N and UTM 37N. Крайният резултат за площта на Черно море – 421 638 km² е получен чрез сумиране на стойностите за трите отделни UTM зони.

Това изследване представя нови данни и резултати за площта и дължината на бреговата линия на Черно море, на основата на Landsat 7 сателитни изображения и съвременни ГИС методи. Изчислената дължина на бреговата линия на басейна е 4 869 km, а площта на Черно море е 421 638 km². Можем да очакваме например, да се получат много по-прецизни и по-големи стойности за дължината на Черно море в случай, че се използват сателитни изображения с много висока резолюция (0.6 – 4.00 m).

4.3. Интегриране на ГИС и ортофото изображения с много висока резолюция за създаване на геоморфоложка класификация на бреговата линия и оценка на рисковете в бреговата зона

Непрекъснатото нарастване на населението в бреговата зона изисква навременна и надеждна информация за оценката на бреговите рискове в резултат от глобалните климатични промени, въздействията от повишаване на морското ниво и последващата брегова абразия. Понастоящем, прецизното проследяване и измерване на позицията и дължината на бреговата линия е значително подобро с наличието на големи бази от пространствени данни и анализиращи технологии, като ЛИДАР, диференциален GPS, аерофото снимки, сателитни и ортофото изображения с висока и много висока резолюция, и с помощта на ГИС. Основната цел на това изследване е да се демонстрира ефективността от интегриране на ГИС и съвременни пространствени данни с висока резолюция като метод за оценка на рисковете чрез изграждане на геоморфоложка класификация на Българското Черноморско крайбрежие. Като пример, от тази геоморфоложка класификация е продуцирана карта на брега към един от рисковете в бреговата зона, а именно абразията на клифа и отстъпването на брега, и тази прогностична карта бе тествана с съществуващи данни за абразията от полеви изследвания.

Използвани са данни от три различни източници:

i) Топографски карти в мащаб 1:5 000 от 1983 г. Сто седемдесет и три топографски карти в мащаб 1:5 000 публикувани през 1983 г. от Агенцията по кадастър покриват цялото българско крайбрежие. Картите имат контурен интервал от 1 m, което позволява относително точно определяне на височината на клифа.

ii) Ортофото изображения с висока резолюция от 2010 г. и 2011 г. Съвременните цветни ортофото снимки бяха осигурени от Министерство на земеделието и храните на Република България. Ортофото снимките са предоставени предварително геореферирани, с пространствена резолюция от 0.4 m. За целта на това изследване са използвани 107 ортофото изображения, като 56 от тях са от 2010 г., а останалите 51 - от 2011 г. Всяко изображение има размер 4/4 km. При ортофото изображения с висока резолюция, детайли като пясъчни плажове, дюни, стъпало и горна част на клифа, позиция на

водната линия, пристанищни и брегозащитни съоръжения, се различават ясно и са видими, което позволява тяхното прецизно картиране в ГИС среда

iii) Геоложки карти в мащаб 1:100 000 от 1991/92 г. в мащаб 1:100 000. Седем картни листа, покриващи цялото Черноморско крайбрежие, са използвани за определяне на геоложкия състав и литоложката структура.

Цялата брегова линия е разделена на отделни сегменти базирайки се на геоморфоложки и инженерни критерии и използвайки йерархична класификационна схема за българския бряг. Бреговата линия бе ръчно оцифрована за определяне на позицията на водната линия и типовете сегменти в съответствие с предварително възприетата йерархична схема за брегова класификация. Едновременно с процеса на оцифроване, атрибутната таблица за всяка брегова форма/сегмент бе попълвана в съответствие с класификационната схема. Пример от сегментацията, базирана на пространствена информация от ортофото изображението, е показана на фиг.14.



Фиг. 14. Фрагмент от карта на брегова сегментация (Stanchev et al., 2013)

Естествените и техногенните брегови сегменти заедно съставляват обща дължина 498.33 km, която надвишава дължината на цялата брегова линия (432.35 km) поради включените надлъжни брегови съоръжения като буни, пристанища/марини, молове и проницаеми мостове. Установено е, че клифовият бряг е най-разпространен по българското крайбрежие и обхваща 49.3 % или 213 km от цялата брегова линия. Пясъчните плажове обхващат едва 34.5 % или 149 km от брега, армираният или техногенният тип бряг заема 16.2 % (70 km).

В настоящото изследване са използвани геопространствени данни за изработването на карта на българския бряг, показваща неговата уязвимост

към един от рисковете, а именно абразията или отстъпването на клифа. На основата на картата на брегова абразия, Българското крайбрежие се класифицира по геоложки строеж и височина на клифа по следния начин:

i) с ниска степен на риск: брегови клифови участъци изградени от вулкански скали (калиево-алкални трахити, латити, псамофитни и псефитни туфи, тефроиден (пирокластичен) флиш, вулканити, андезитобазалти, базалти), които се разкриват по най-южния бряг между носовете Форос и Резово;

ii) със средна степен на риск: брегови клифови участъци изградени от варовици, пясъци и пясъчници. Такъв е регионът между носовете Шабла и Форос в средната част на крайбрежието;

iii) с висока степен на риск: брегови лъсови и глинести типове клифове, където брегът е изграден от лъсови отложения, покриващи горносарматски варовици (между носовете Сиврибурун и Шабла, в най-северната част на крайбрежието) и от глини, песъчливи глини и алевролити, разкриващи се в района на Бургаския залив (средна и южна част на крайбрежието).

Общата дължина на клифовия бряг е 213 km. Лъсовия тип клиф съставлява 1.0%, а глинестия тип клиф (2.5%) от абразионния бряг. Клифът, изграден от варовици е преобладаващ и се простира по протежение на 107 km или 50.4 % от бреговата линия, а вулканският тип клиф обхваща 98 km или 46.1 % от брега. Тъй като скоростта на абразия и уязвимостта на бреговата линия се изменят непрекъснато в резултат от едновременното действие на природни и антропогенни фактори, картата на абразионна уязвимост подкрепена от ортофотото изображения с висока резолюция и ГИС методи е изключително полезна в идентифицирането на клифовите участъци по българския бряг, които могат да бъдат податливи на абразия. Такива участъци трябва да бъдат наблюдавани отблизо.

4.4. Оценка на риска от наводнение за нисколежащи територии при екстремно повишаване на морското ниво

Понастоящем около 60% от населението на Земята живее в 100 km крайбрежна зона. Бреговата зона на Българското Черноморско крайбрежие също се превърна в една от най-гъсто населените територии. По данни от НСИ за преброяването от 2001 г., 14-те на брой Черноморски общини заемат 5.21% от цялата територия на страната, но тук са концентрирани 8.85% от населението. За периода 1934-2001 г. общият брой на населението в тези общини е нараства с 146%.

Туризмът и в частност морският туризъм е един от най-бързо развиващите се индустриални сектори в света и България също не прави изключение от тази тенденция. Като пример може да се посочи факта, че през последните години международният туризъм отбелязва трайно увеличаване на броя на

туристите от 2 354 052 през 2000 г. до 4 364 557 през 2006 г. или повече от 85%.

В същото време, нарастването на честотата на природните бедствия, като следствие от глобалните климатични промени, е един от най-критичните проблеми за устойчивото състояние на бреговата зона. Това в най-голяма степен се отнася за нисколежащите крайбрежни територии, които са силно застрашени от заливане и активизиране на абразията по брега. Проявата на такива събития предизвиква изключително неблагоприятни последици, както за местното население, така и за пребиваващите туристи, засягайки обществената безопасност и икономика. На практика тези проблеми се изострят още повече под натиска на рязко увеличаващото се население в крайбрежните зони.

Вниманието в настоящото изследване е основно насочено към оценка на рисковете от покачване на морското ниво за населението по Българското Черноморско крайбрежие при зададени различни сценарии на повишаване. За тази цел нисколежащите крайбрежни зони с най-висок риск за населението са идентифицирани и оценени.

Нисколежащи територии

За идентифициране на нисколежащите, застрашени от заливане, крайбрежни територии по Българския Черноморски бряг са използвани топографски карти в мащаб 1:50 000, а за района на курорта Слънчев бряг подробни карти в мащаб 1:5 000. Използвани са също данни за броя на населението в населените места за Черноморските крайбрежните общини, публикувани от НСИ. За определяне на броя туристи, реализираните нощувки, както и за изградената туристическа инфраструктура, включваща броя на хотелите и легловата база, са използвани статистически данни.

От направения анализ става ясно, че в предварително зададения диапазон на покачване на морското ниво от 1 до 5 m попадат 14 на брой градове, 17 села, 13 курорта и 7 къмпинга. От общо 549 765 души по данни от преброяването през 2001 г. в тези населени места, броят на потенциално засегнатото население възлиза приблизително на 100 000 души. От приложената карта на заливаемостта се вижда, че най-уязвими са низинните райони около Варна, Камчия, Бургас, Слънчев бряг, Поморие, участъкът Албена-Кранево.

Рискове за населението от екстремно повишаване на морското ниво на примера на курорта Слънчев бряг

Заливането от екстремно повишаване на морското ниво причинява особено висок риск за човешкия живот през лятото, когато голям брой туристи посещават морските курорти. Такова опасно събитие се случи в началото на юли 2006 г., когато силен щорм в комбинация с обилни валежи причини заливане на част от курорта Слънчев бряг и предизвика значителни материални щети. Курортът Слънчев бряг се намира в южната част на Българското Черноморско крайбрежие, от двете страни на устието на река

Хаджийска, като най-северните му части допират южните склонове на Източна Стара планина. От геоморфоложка гледна точка, територията на курорта представлява лиман, запълнен със седименти по време на холоцена. Основан през 50-те години на миналия век, част от инфраструктурата на туристическия комплекс (главно хотели и атракционни заведения) е непрекъснато обновявана през последните няколко години. Слънчев бряг е най-големият български черноморски курорт и е включен в списъка на курортите с национално значение, определен с решение № 45 на Министерски Съвет. Броят на хотелите в туристическия комплекс през 2005 г. наброява 120, с 51 251 легла. През същата година броят на туристите почивали в курорта възлиза на 433 384, а броят на реализираните нощувки достига 3 611 546 като печалбата от реализираните нощувки е надхвърлила 52 млн. евро. Тези факти показват съществената роля на Слънчев бряг в развитието на икономиката на община Несебър. В подкрепа на това е отчетеното в статистиката, че от общо 1 230 хотела функционирали в България през 2005 г. всеки десети се е намирал в Слънчев бряг.

Геоложките предпоставки на бреговия участък на Слънчев бряг (лиман, нисколежаща низинна територия) и същевременно концентрацията на голям брой туристи, силно повишават уязвимостта на територията на курорта към заливане и рисковете за хората при екстремно покачване на морското ниво. Ето защо, предварителната оценка на потенциално засегнатото население от това природно бедствие има съществено значение за предотвратяване и смекчаване на възможните негативни последици както за хората, така и за крайбрежната инфраструктура.

В резултат на обработката на топографски карти в мащаб 1:5 000 и използвайки специализирания ГИС модул *ArcInfo 3D Analyst* е изработен цифров модел на терена с висока резолюция на прилежащата на курорта Слънчев бряг територия. По такъв начин е възможно да бъдат определени зоните на заливане по зададения сценарий през 1 m.

Надморска височина (m)	Залята територия (%)	Брой легла = брой туристи
до 1 m	67.47	33 459
до 2 m	95.53	48 958
до 3m	97.20	49 813
до 4 m	97.83	50 135
до 5 m	98.39	50 420

Табл. 3. Залети територии и брой засегнати хора при различни сценарии

Получените резултати за залетите площи в проценти от общата площ на курорта и броя на туристите, засегнати при различните сценарии на повишаване на нивото от 1 до 5 m са показани в табл. 3.

При най-вероятния зададен сценарий на покачване на нивото с 1 m, от цялата територия на Слънчев бряг ще бъдат залети 67.47 %, а броят на потенциално застрашените туристи ще достигне 33 459 души. Съответно при

сценарий до 2 m – над 95 % от площта на курорта ще бъде засегната, а почти 50 000 туристи ще бъдат пряко изложени на риск от наводнение (фиг. 15 и фиг. 16).



Фиг. 15. Залята територия при покачване до 1 m



Фиг. 16. Залята територия при покачване до 2 m

4.5. Прилагане на ГИС за изучаване и опазване на бреговите дюни

Направено е изследване за проследяване и оценка на измененията на пясъчните дюни по Българското Черноморско крайбрежие за 27 годишен период (1983 - 2010). Този период включва периода на туристическия бум и прекомерното застрояване на бреговата зона с туристически и инфраструктурни обекти, и поради това представя и най-големите изменения и съкращения на пясъчните дюни.

В близкото минало големи дюнни полета са били широко разпространени по българското крайбрежие. Поради засилената урбанизация на бреговата зона обаче общата площ на пясъчните дюни непрекъснато се съкращава. Пясъчните дюни не са равномерно разпространени по крайбрежието: те се срещат предимно по северния бряг, частично в средната част на крайбрежието и многобройни дюнни комплекси съществуват в южната част на крайбрежието. Макар, че голяма част от бреговите дюни са защитени като уникални хабитати, понастоящем те са изложени на засилено човешко въздействие. За целта на изследването са използвани данни за бреговите дюни получени от различни източници за различни времеви периоди, с цел да се сравнят измененията в позицията на бреговата линия, дюнните контури и площи:

- i) Топографски карти в мащаб 1:5000 от 1983 г.;
- ii) Съвременни ортофото изображения с много висока резолюция от 2006 г. и 2010 г.;
- iii) QuickBird сателитни изображения от 2009 г.;
- iv) Статистическа информация за населението и туристическата инфраструктура за оценка на антропогенното въздействие и развитието на хотелска инфраструктура върху динамиката на пясъчните дюни. В

допълнение, за по-пълно описание на различните типове пясъчни дюни са направени голям брой фотоснимки на дюните по цялото крайбрежие.

Използвани са 35 броя топографски карти в мащаб 1:5 000 публикувани през 1983 г. от Агенцията по Кадастър, които обхващат дюнните полета по крайбрежието.

Съвременните ортофото и сателитни изображения бяха любезно предоставени от Министерството на земеделието и храните на Република България. Ортофото изображенията са от различни периоди: данни от 2006 г. с пространствена резолюция от 0.5 m и данни от 2010 г. с пространствена резолюция от 0.45 m. QuickBird сателитните изображения са придобити през 2009 г. с пространствена резолюция 0.8 m. Всички данни са предварително орторектифицирани.

Първоначално Arc GIS слоеве от полигонен тип са създадени като *shape* файлове в Arc Catalog за двата периода: 1983 г. и 2006-2010 г. Пясъчните плажове и дюните са обозначени на топографските карти и това позволява тяхното лесно идентифициране. Трябва да се отбележи обаче, че на топографските карти няма ясно представени граници между плажни ивици, дюни и територии навътре в сушата. Ето защо, местоположенията на дюните и техните площи са очертани заедно с прилежащите пясъчни плажове. След това, проследените дюнни полета и инфраструктура (жилищно и туристическо строителство) разположена върху дюнните полета са оцифровани и генерирани като обекти в тези два слоя.

ГИС методът на анализ на измененията на плажните и дюнните площи се базира на пресичането на линии или полигони, и препокриването на полигоните (*polygon-to-polygon overlays*) с цел да се проследят измененията в площите на пясъчните дюни.

След обработката на всички типове данни в ГИС среда, е извършена оценка на модификациите на бреговете пясъчни дюни, дължащи се на процесите на настъпване или отстъпване на плажно-дюнните системи или на разрастващата се брегова и туристическа инфраструктура. В допълнение са идентифицирани и дюните, с най-голям приоритет към риск от унищожаване. На основата на получените резултати дюните по Българското Черноморско крайбрежие са поделени на три основни групи във връзка с главните фактори, допринасящи за техните изменения:

- i) Дюни, чиито площи са намалели в резултат на отстъпването на водната линия и размиването (ерозията) на прилежащия плаж.
- ii) Дюни, чиито площи са редуцирани, увредени или изчезнали поради експанзивното развитие на туристическа и жилищна инфраструктура, и поради дейности свързани с залесяване.
- iii) Дюни разположени в неразвити брегови участъци: все още съществуват дюни, които са природно запазени и незастрашени от бума на антропогенния натиск.

Получените резултатите ясно показват измененията за периода: през 1983 г. дюнните полета по протежение на целия бряг обхващат около 10.28 km², докато тези площи намаляват до 8.8 km² (или с 15%) през 2010 г. От друга страна, площите с инфраструктура изградена върху дюнните полета значително е нараснала: от 0.22 km² през 1983 г. до 1.18 km² през 2010 г., което означава с повече от 500%. В допълнение, около 0.52 km² от дюнните площи са били изкуствено залесени с иглолистни видове, с което естествената дюнна растителност и хабитатите са били унищожени и това също е довело до деградация на пясъчните дюни.

Най-драматичното редуциране и деградация на дюнни полета е идентифицирано в областите с най-голямо нарастване на инфраструктура, основно в най-тежко урбанизираните и силно развити части от българския бряг. Тази тенденция продължава и понастоящем, макар и с по-малки темпове след финансовата криза през 2008 г. Такъв е случаят с дюните в района на Слънчев бряг, където изградената инфраструктура обхваща 54% от дюните базирайки се на данните от 2010 г.

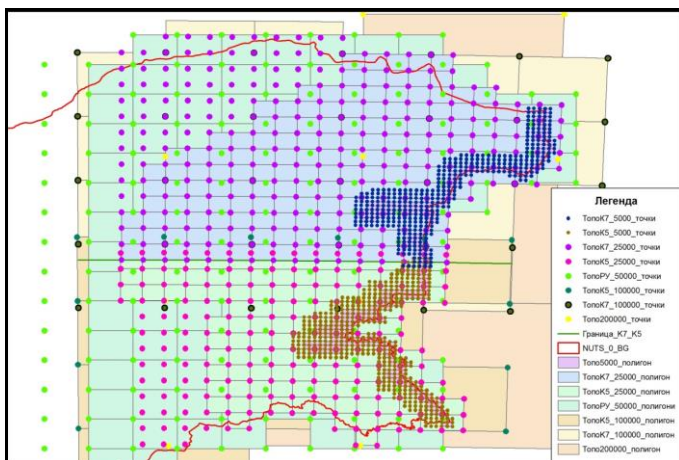
В подкрепа на спешните нужди за опазване на пясъчните брегови дюни и създаване на подходящи планове за тяхното управление, това изследване илюстрира ползата от ГИС при оценката на съвременното състояние на дюните и при идентифициране на тези области, които са най-засегнати от човешкото въздействие. В този контекст, най-важното предимство на ГИС е възможността да се комбинират исторически редици от данни или традиционни данни със съвременни данни с висока резолюция така, че те да бъдат представени в едно географски правилно пространство и настъпилите изменения в различни времеви мащаби да бъдат прецизно оценени. Това също така позволява първоначално създадената ГИС база данни да бъде непрекъснато обновявана с нови данни за бреговите дюни налични от дистанционни методи, както и събрани с диференциален GPS или от полеви проучвания. Използването на съвременни данни с висока пространствена резолюция и наличието на ГИС за тяхната обработка и анализ позволяват точно измерване на контурите и площите на бреговите дюни и сравнение с данни от традиционни топографски карти. Такава гъвкава и динамична ГИС система от различни данни осигурява знание за всички параметри въздействащи върху брега, а също така и за най-чувствителните зони изискващи разработването на карти на риска.

4.6. Геобаза данни за топографски карти в крайбрежната зона на България

Един от основните източници на геопространствена информация за сухоземната част са топографските карти. Според мащаба си, те се делят на:

- едромашабни топографски карти в мащаби 1:5 000 и 1:10 000;
- средномашабни топографски карти в мащаби 1:25000, 1:50000 и 1:100000;
- дребномашабни топографски карти в мащаби, по-дребни от 1:100000.

Топографските карти на хартиен носител, налични в ИО-БАН са в координатна система 1970 (Българската координатна система КС70). Всички топографски карти са цветни, с няколко изключения (поради изчерпан тираж на цветните карти, бяха закупени черни-бели копия). Картите в мащаб 1:5 000 и 1:25 000 покриват цялото крайбрежие на страната, като са прибавени и ниско лежащите територии. Останалите карти покриват водосборния басейн на Черноморските реки. Всички карти са сканирани в ИО-БАН с широкоформатен цветен скенер в резолюция 400 dpi, и са записани като *jpg* формат. В допълнение, през Интернет бяха свалени цветни, в мащаб 1:50 000, руски топографски карти.



Фиг. 17. Карта на създадените ГИС слоеве от геобазата данни за топографски карти

За геореферирането на сканираните топографски карти (независимо от мащаба) е използвана градусната мрежа от картите, а именно 4-те крайни координати на всяка една отделна карта. Предвид големият брой картен материал, и съответно големият обем работа, с цел оптимизиране на работния процес, бе разработена от автора специално за целта методика за георефериране.

Така създадената геобазата данни за топографски (фиг. 17) може да бъде използвана както за направата на справки, така и за георефериране на сканираните картни листи. По нататък в дисертацията подробно се описва методиката за георефериране в ГИС:

Ползата от създадената геобазата данни за топографски карти и описаните методики за георефериране се състои в това, че могат да се правят бързи справки и бързо георефериране. Пести се много време, най-вече от факта, че не се налага за всяка една карта поотделно да се трансформират координатите. Практиката показва, че геореферирането на една карта отнема

само 2-3 минути ако се разполага с описаната по-горе геобаза данни за топографски карти.

4.7. Батиметрична карта на крайбрежните морски води

Събирането на данни за дълбочината на морското дъно за акваторията на крайбрежните морски води на Република България бе проведено по споразумение между ИО-БАН и МОСВ от 2013г. Първоначалното събиране на батиметрични данни бе извършено с еднолъчев ехолот и моторен катер „Шелф“ в морската част на двукилометров участък от крайбрежието, а за дълбокия Бургаски залив с многолъчева сонарна система и НИК Академик по предварително определени профили (промерни линии), с разстояние между тях от 500 m. За целта е създаден шейпфайл като линеен обект. Общата дължина на промерите е 3055 km, като от тях 1849 km са извършени от моторен катер „Шелф“, а 1206 km от НИК Академик. Измерените дълбочини варират между 2 m и 59 m, а общата площ на изследваната акватория достига 1434 km².

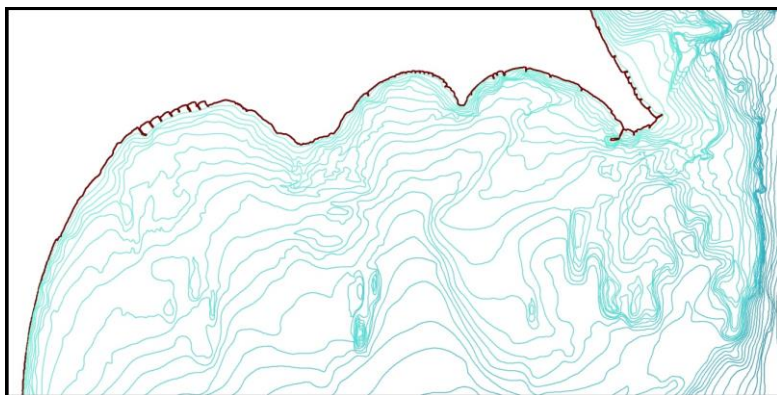
Събирането на данните се извърши по стандартни методики за пробонабиране, разработени от ръководителите на сформирания от учени на ИО-БАН две групи за пробонабиране: д-р Илия Щирков (моторен катер „Шелф“) и доц. д-р Любомир Димитров (НИК Академик).

За изчертаването на батиметрична карта на крайбрежните и вътрешните морски води на Република България бе създадена специално за целта ГИС методика. Събраните от работата на море данни във вид на текстови файлове е необходимо да бъдат първоначално конвертирани във вид, подходящ за тяхното използване в ГИС среда. Процесът включва тяхното форматиране в таблици (Excel формат), добавяне на поправката за дълбочината на излъчвателя към суровите данни за дълбочина и запазването им в Excel формат. Следва добавяне на така изготвените таблични данни в ГИС проект, като е необходимо да се посочи освен картографската проекция и датума и т.н. Z стойност (дълбочината). Така импортната таблица се визуализира в ГИС и вече е възможно да се съхрани в ГИС формат – шейпфайл.

Следва добавянето на новосъздадения шейпфайл в ГИС проект за да се премахнат грешките при събирането на данните. Това се прави в ГИС среда, а не в табличен формат (например Excel), тъй като могат да се използват предимствата, които ни дава визуализацията и редактирането на векторни данни в ГИС. Друго предимство на обработката и редактирането на данните в ГИС е възможността да поставим и визуализираме данни от друг източник (например геореферирани растерни навигационни карти). Най-често наблюдаваните грешки в суровите данни са нулеви стойности, като значително по-рядко срещани са случайни стойности. Задължително условие за постигане на добър резултат е грешките допуснати при събирането на данни да се коригират преди да се премине към интерполацията и създаването на 3D модел на повърхнината – в случая на морското дъно. След

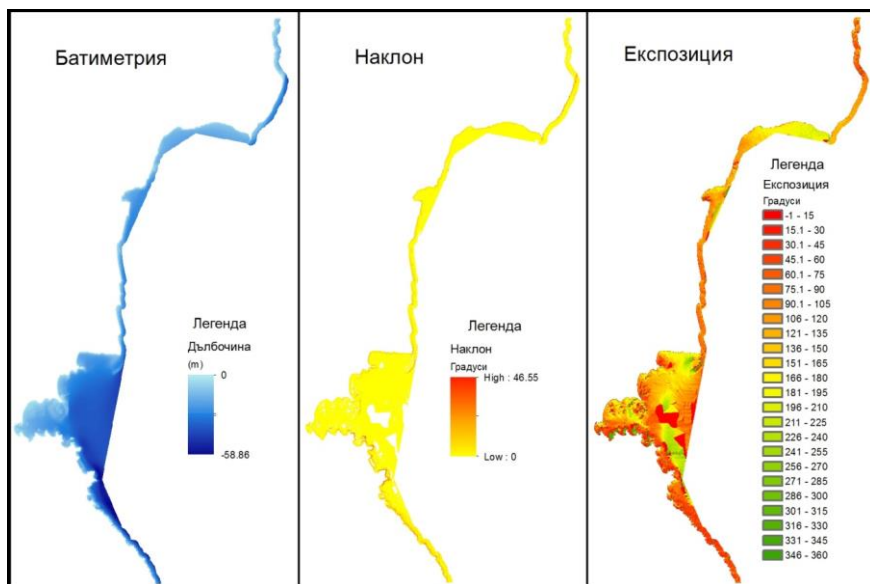
като данните от всички измервания са готови в шейп формат, се преминава към изготвянето на 3D модел на повърхнината. В предвид малките дълбочини и разстоянието от 500 m между профилите за измерване, е необходимо да се разполага с шейпфайл на бреговата линия. В конкретния случай се използва шейпфайл, получен в резултат от обработката на ортофотото изображения с пространствена резолюция от 0.45 m. Следващият етап е създаването на 3D модела с помощта на *ArcToolbox > 3D Analyst Tools > TIN Management > Create TIN*. Въвеждат се всички вече изчистени от грешките данни във вид на точкови слоеве (като шейп файлове) плюс бреговата линия като линеен обект. Необходимо е да се посочат картографската проекция и датума и се посочва мястото, където ще бъде записан 3D модела (TIN формат). Така създаденият TIN модел служи за изчертаването на изобати, с интервал, който е необходим за нашите цели. Следват поредица от команди за генериране на изобатите: *ArcToolbox > 3D Analyst Tools > Terrain and TIN Surface > Surface Contour*. Посочваме вече готовия TIN модел като входящ, мястото където да бъде записан новият файл с новогенерираните изобати и посочваме през какво разстояние да се генерира (в нашия случай 1.0 m). След като се създаде новия шейпфайл на изобатите (като линеен обект) го въвеждаме в ГИС проект. Практиката показва, че в плитководието, поради големия наклон на дъното и наличието на подводни рифове, често има генерирани грешки при интерполацията. Ето защо се налага тези грешки да се коригират на ръка с цел получаването на по-коректни резултати. Това от друга страна е по-бавен и значително по-трудоемък процес, но неминуемо води до по-добри резултати.

В резултат на обработката на събраните от работата на море данни за променливостта на дълбочината е изготвена батиметрична карта (векторен линеен слой) на крайбрежните морски води през 1 m интервал на изобатите (фиг. 18).



Фиг. 18 Фрагмент от батиметричната карта южно от Поморие

Други приложения на така създадения релеф на дъното е възможността да се създадат растерни карти на наклоните и на експозицията на дъното. На фиг. 19 са показани растери на батиметрията, наклоните на подводния брегови склон и експозицията на релефа на бреговия склон.



Фиг. 19. Растерни карти на батиметрията, наклоните и експозицията на крайбрежните морски тела

Основни изводи и резултати

В резултат на извършените в настоящия дисертационен труд изследвания, могат да бъдат изведени следните обобщени изводи и резултати:

- Направеното статистическо проучване в базата данни на Scopus показва, че ГИС навлизат все по-широко в научните изследвания. Установено е, че броят на публикациите с използването на ГИС за пръв път надхвърля 100 през 1984 г., а за 30 годишния период между 1984 г. и 2013 г. средният ръст е 13.1%. Природните науки и Науките за Земята и Планетите заемат повече от 1/3 от селектираните научни публикации.
- Важно изискване към геоинформационните системи е данните в тях да са приведени в съответствие със световните стандарти и в съгласие с европейската Директива за пространствени данни, INSPIRE.
- С помощта на ГИС и съвременни данни и въз основа на възприетата йерархична схема за сегментация на Българския Черноморски бряг, са прецизно идентифицирани, класифицирани, очертани, оцифровани като векторни обекти и анализирани всички основни геоморфоложки типове на естествени брегови форми и разпределението на различните типове пристанищни и брегозащитни съоръжения.
- Определената от различните източници дължина на Българското Черноморско крайбрежие (без прилежащите острови) варира между 364.2 km и 432 km. Стойността 432 km получена от съвременни ортофото изображения с резолюция 0.4 m може да се счита като най-точен и надежден резултат за дължината на Българското Черноморско крайбрежие.
- Получени са нови данни и резултати за площта и дължината на бреговата линия на Черноморския басейн, на основата на Landsat 7 сателитни изображения и съвременни ГИС методи. Изчислената дължина на бреговата линия на басейна е 4 869 km, а площта на Черно море е 421 638 km².
- Изготвена е карта на уязвимостта на брега към един от крайбрежните рискове, абразията, използвайки геоложки и топографски карти за определяне на литоложката структура и височината на всеки абразионен/клифов сегмент. По този начин, интегрирайки различни типове източници на пространствени данни в една хомогенна ГИС среда се дава възможност за по-прецизна оценка на уязвимостта на клифовия тип бряг към абразия.
- Установено е, че екстремното повишаване на морското ниво по Българското Черноморско крайбрежие с 1 m ще засегне около 7% от територията и населението на крайбрежните селища, докато покачване на нивото с 5 m би застрашило 25 % от територията и 16 % от населението в бреговата зона.

- Установено е, че в най-големия български черноморски курорт Слънчев бряг, при повишаване на морското ниво с 1 m, 65% от площта на курорта ще бъде залята, а при 2 m почти цялата територия на курорта (96 %) ще бъде напълно потопена.
- Получени са нови данни с много висока резолюция за пясъчните дюни по Българското Черноморско крайбрежие и по този начин представената методология за използването на ГИС в контекста на изучаване на бреговите дюни ще съдейства за създаването на една обширна база от данни от различни източници.
- В резултат от обработката и анализа на събраните данни за дълбочините е изготвена батиметрична карта на крайбрежните морски води на Република България, с помощта на която е определено разпределението на площите на дъното по дълбочини.

Приноси на дисертационния труд

В дисертационният труд са изведени следните приноси с научен, научно-приложен и приложен характер:

- Създаден е прототип на Геоинформационна система на Българския сектор от Черно море и крайбрежната зона включващ морска и брегова информация. Създадената геоинформационна система е динамична, гъвкава и отворена система, която може да се допълва с нови исторически или съвременни данни от различни източници.
- Данните в геоинформационната система са приведени в съответствие със световните стандарти и съгласно европейската Директива за пространствени данни INSPIRE.
- Интегрирани са в единна (хомогенна) геобаза исторически и съвременни морски и сухоземни данни за Българския сектор от Черно море и крайбрежната зона, служещи за прецизна оценка на формите и процесите в бреговата зона в различен времеви мащаб.
- Разработена е методика по която е създадена детайлна батиметрична карта в ГИС среда на крайбрежните морски води на България.
- Създадена е геобаза данни на морски навигационни и топографски карти (с методика за тяхното геореферирание), ортофотото, аерофотото и сателитни изображения.
- Създадени са повече от 70 на брой нови ГИС тематични слоеве за морската и бреговата зона на Българския сектор от Черно море, представляващи ядрото на създадената Геоинформационна система.

- С помощта на ГИС, са определени с голяма точност дължината на Българския Черноморски бряг и дължината на бреговата линия и площта на Черноморския басейн.
- Извършени са прецизни оценки и анализи в ГИС среда на:
 1. Риска от наводнения за нисколежащите територии и населението в бреговата зона на България при екстремно повишаване на морското ниво;
 2. Състоянието на бреговете пясъчни дюни и настъпилите изменения в резултат от човешко въздействие за 27-годишен период (1983-2010).
- Интегрирани в ГИС среда са съвременни ортофото изображения с много висока резолюция, топографски карти в мащаб 1:5000 и геоложки карти в мащаб 1:100000. Създаден е векторен линеен слой с геоморфоложка класификация на българското крайбрежие и служещ за оценка на рисковете в бреговата зона.

Научни публикации по темата на дисертационния труд:

1. Атанас Палазов, **Христо Станчев** (2007). Рискове за населението по Българското Черноморско крайбрежие в резултат от екстремно повишаване на морското ниво. Сборник доклади на *Втора Национална Научно-практическа Конференция по управление в извънредни ситуации и защита на населението*, София – БАН, 9 ноември 2007 г. стр. 273-282.
2. **Stanchev, H.** A. Palazov, M. Stancheva (2010). Bulgarian Black Sea Coastal Atlas (BCA) – current state and future challenges. Proc. of 10th International Conference on Marine Sciences and Technologies “Black Sea’ 2010”, 07-09 October 2010, Varna, Bulgaria. 229-234. ISSN 1314-0957.
3. **Stanchev, H.**, Palazov, A., Stancheva, M., Apostolov, A. (2011). Determination of the Black Sea coastline length and area using GIS methods and LandSat 7 Satellite Images. Geo-Eco-Marina Journal, vol. 17, 27-31 (<http://www.geoecomar.ro/website/publicatii-revista-geo-eco-marina.html>).