ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ СОФИЯ

Том Volume 58 2025 Брой Issue 3

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY SOFIA

DOI: 10.71167/uaceg.2025.580302

Получена: 13.06.2025 г.
Приета: 25.06.2025 г.

КОНЦЕПТУАЛЕН МОДЕЛ НА ПРОСТРАНСТВЕНА БАЗА ДАННИ ЗА ВОДОПАДИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Т. Илиева[1], Й. Иванова[2], Б. Николова[3]

Ключови думи: *концептуален модел, пространствена база данни, водопадите в България*

РЕЗЮМЕ

Водопадите в България са уникални природни обекти, които са от национално значение. В контекста на ГИС те могат да бъдат разглеждани като пространствени обекти с набор от атрибути и характеристики, които подлежат на систематизиране в пространствена база данни (ПБД). Чрез използването на географски информационни системи (ГИС) и пространствени бази данни може да се осигури интегриран и ефективен подход за управление и предоставяне на определено ниво на достъп до данните, което да подпомогне ефективното разбиране на обекти от реалния свят.

Тъй като всяка предметна област е уникална, създаването на концептуален модел за такъв тип БД е първата и основна стъпка преди реализирането ѝ. Целта на тази научна публикация е да представи концептуален модел за пространствена база данни, чрез която да съхранява и управлява информацията за водопадите в България. В публикацията се описва процесът на проектиране на пространствената база данни, структурата на отделните характеристики и изискваните функционалности.

[1] Тамара Илиева, гл. ас. д-р инж., кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: ilieva_fgs@uacg.bg

[2] Йоана Иванова, инженер, дипломант от спец. Геоинформационни системи, защитила дипломна работа през 2024 г. към кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: gfac.5030@uacg.bg

[3] Боряна Николова, ас. инж., кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: bnikolova_fgs@uacg.bg

1. Въведение

1.1. Дефиниции и класификации

По дефиниция от [1] водопадът е част от река или друго водно тяло, където водата свободно пада през скалист ръб, като главното условие за образуването му е скалата, по която тече водата, да е достатъчно здрава, за да стои в стръмна форма. Някои от водопадите са се образували вследствие на тектонски движения или местни тектонски нарушения (например разломи), но повечето са се формирали поради ерозия на скали с различна твърдост.

Водопадите променят и местоположението си с времето. Скоростта на отстъпване на водопадите нагоре по течението на реката зависи главно от обема на водния поток и устойчивостта на скалата, по която се стичат. Влияние оказва и формата на водопада, тъй като стресът в основата на скалата при водопад в тясна цепнатина е по-голям от този върху водопад с широка амфитеатрална форма. Скоростта на отстъпване варира от около 0,1 – 2,0 m до 1 km на 1000 години.

Природата представя огромно разнообразие от различни по вид водопади и всеки от тях създава в близка околност уникален собствен микроклимат. Като се имат предвид вариациите и характерните особености на всеки отделен обект, са правени опити те да се категоризират и групират въз основа на общи характеристики. Такива класификации има представени в [2] според формата на водопада, заимствана от [3], използвана в [4] и приложена в световната база данни на водопадите [5]:

- Водопад тип „Блок“ (Block): спуска се от широк поток или река, създавайки правоъгълна форма. Ширината на водния поток в горната част на водопада обикновено е равна или по-голяма от височината на водопада.
- Каскаден водопад (Cascade): спуска се по серия от скални стъпала или малки скали, създавайки стъпаловидна форма.
- Водопад тип „Завеса“ (Cataract): това са големи, мощни водопади с висок обем и скорост, което ги прави потенциално опасни.
- Улеен водопад (Chute): при него водата преминава през тесен канал или процеп между скалите, създавайки високо налягане и скорост. Това води до бурна вода с пяна.
- Ветрилообразен водопад (Fan): водата се разпространява хоризонтално, докато се спуска, създавайки форма на ветрило. Водопадът е по-широк в основата, отколкото в горната част.
- Водопад тип „Конска опашка“ (Horsetail): водата поддържа контакт с подлежащата скала, докато се спуска и наподобява формата на конска опашка.
- Многостепенен водопад (Multi-step): състои от серия от отделни падове (скокове), всеки със собствено водно огледало. Стъпките могат да бъдат близо една до друга или разположени на разстояние.
- Водопад тип „Скок“ (Plunge): водата пада вертикално, губейки контакт със скалата.
- Водопад с дълбок басейн от тип „Купа за пунш“ (Punchbowl): характеризира се с тесен поток, водещ към широко водно огледало, което има формата на купа за пунш.

- Сегментиран водопад или водопад с разделена струя (Segmented): водният поток се разделя на два или повече отделни потока, често поради скали или други природни препятствия.

Освен изброените до тук, в [1] са дадени още 3 вида водопади според формата им:

- Водопад тип „Сипей“ (Scree): това са водопади, които текат по ронливи скали в подножието на планините и са най-разпространени в Исландия и Норвегия. Обикновено са образувани в резултат на ерозия.
- Плъзгащ се водопад (Slide): водопади, които текат по нисконаклонени скали. Наподобяват каскадните, но са с по-малък наклон от тях. В някои случаи дори, когато няма пълноводие на реката, може да се приемат и като бързеи.
- Водопад с тънка струя от тип „Лента“ (Ribbon): водопади с тесен поток, но с голямо вертикално падане, което води до неговия вид, подобен на лента. Най-често това са сезонни водопади, които нямат воден пад целогодишно.

Разбира се, в природата има и комбинирани типове водопади, които напр. в горната си част са сегментирани, след това имат вид на конска опашка и в най-ниската част са ветрилообразни.

В [6] е представена и класификация на Лобек от 1939 г., която предоставя рамка за разбиране на произхода и развитието на водопадите на базата на геоложки процеси. Според него водопадите се делят на 2 основни категории:

- такива, които се развиват в нормалната жизнена история на потока/реката и показват, че потокът все още не е придобил градуиран наклон – този тип може да се нарече нормален тип водопад и се дължи единствено на промяната в съпротивлението на скалите, в които се врязва потокът. Всички потоци в региони със сложна скална структура ерозират неравномерно на различни места, което води до образуването на бързеи и/или водопади.
- такива, които са резултат от някакво смущение, инцидент или прекъсване в жизнената история на потока/реката, наложени от външна сила – механизмите, които допринасят за образуването на тези водопади и бързеи най-често са следните:
    - *А) понижаване на нивото на дъното на долината на основния приток* – например при по-бързо врязване на основния приток в скалата, оставяйки притоците му да висят, прихващане на приток към друга речна система с разлика във височините, при ледниково движение в долината, което също я прави по-дълбока (ледникова ерозия), при вълнова ерозия, при разломи и други деформации;
    - *Б) временно прекъсване на потока чрез блокиране на курса му по някакъв начин* – от свлачища, изригвания на лава, морени, ледници, които препречват пътя на потока, издигания по течението и образуване на куполи, както и всяка комбинация от изброените обстоятелства, която кара потока да заеме нова позиция.

Като обобщение на написаното по-горе може да се каже, че моделът и поведението на водопадите и бързеите зависи до голяма степен от геоложката структура и динамиката на скалите, върху които те се образуват. Геоложките събития играят решаваща роля в първоначалното им формиране, а хоризонталното и вертикалното наслояване влияят съответно на отстъпването на водопадите нагоре по течението и намаляването на височината на пада.

В рамките на проучванията са разгледани и критерии за оценка на цялостното впечатление от водопада, която е комплексна и се формира от оценки на отделни фактори [7, 8].

Според класификацията в [7] се дава оценка от 0 до 5, базирана на височината, ширината, постоянството и мощността на водния поток, като с 0 се оценяват такива, които общо-взето са неоснователно считани за водопади, а с 5 – такива, които надхвърлят очакванията на посетилите ги (с височина над 100 m, сила на потока и категорично запомнящи се).

Според класификацията в [8] се използват пет категории, за да се определи рейтингът на всеки водопад според пет представителни характеристики: гледка или живописност на пейзажа; грандиозност; височина; обем на водния поток и ширина. Според тези характеристики водопадите получават определен брой точки, като сборът им може да бъде максимум 100.

Проучванията по настоящия проект показаха, че в България към момента няма установени и утвърдени както дефиниция, така и класификация, които се използват, така че една от задачите е именно да се обосноват, предложат и приложат такива.

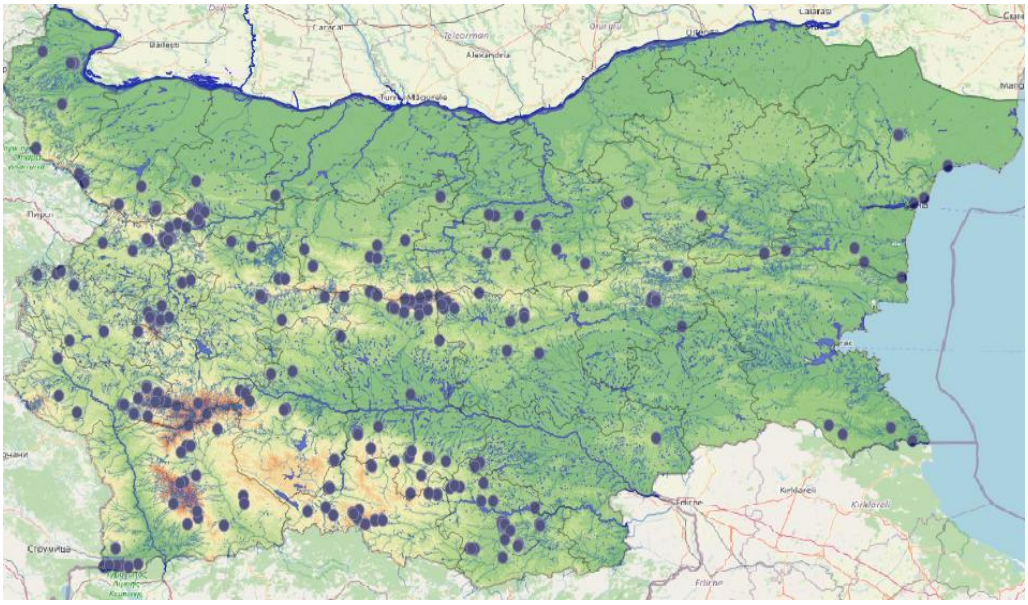
В [9] като резултат от проучванията на мултидисциплинарния екип по проекта на първо място е дадена научно обоснована дефиниция за водопад, а именно: „Водопадът е форма на релефа, стръмен участък от надлъжния профил на долина (праг), където руслото преминава чрез откос (пад) от едно хипсометрично ниво на друго“. Определението за водопад е възприето в тесен смисъл (за водопади, развити по един откос), като са дадени дефиниции за отделните елементи, както и как да бъдат определени на терен. За единични падове са възприети такива, протичащи по откоси, надвишаващи 45°, а при стъпаловидните водопади, тъй като е възможно да има малки участъци с по-малък от критичния наклон, е въведено изискването общият им наклон да е не по-малък от 30°, като за отделните падове се запазва изискването за минимален наклон от 45°. Началото и краят на всяко стъпало и на всеки водопад се определят от двете пречупки на склона. За критичен наклон на долна граница, в случай на формиране на акумулативен шлейф, е определена стойност от 30°. Относно критерия за минимална височина на откоса, е възприета границата от 3 m. А за каскадите се счита, че се формират при наличието на близо разположени откоси по речните течения.

Всички тези уточнения са направени във връзка с извършването на полските измервания, така че да може да се осигури точност на определянето на височините в дециметров порядък.

По отношение на типа на водопадите е изведена комплексна класификация, която включва това: дали водопадът е единичен и съответната му форма, както и дали има стъпала, акумулация и натрупване на бигор – напр. Дяволското пръскало (202,5 m), Видимското пръскало (159,0 m) и Райското пръскало (127,6 m), които са едни от най-високите водопади в страната, са класифицирани като единични с тънка струя, а Врачанска Скакля (136,0 m) – като единичен, със стъпала, тънка струя.

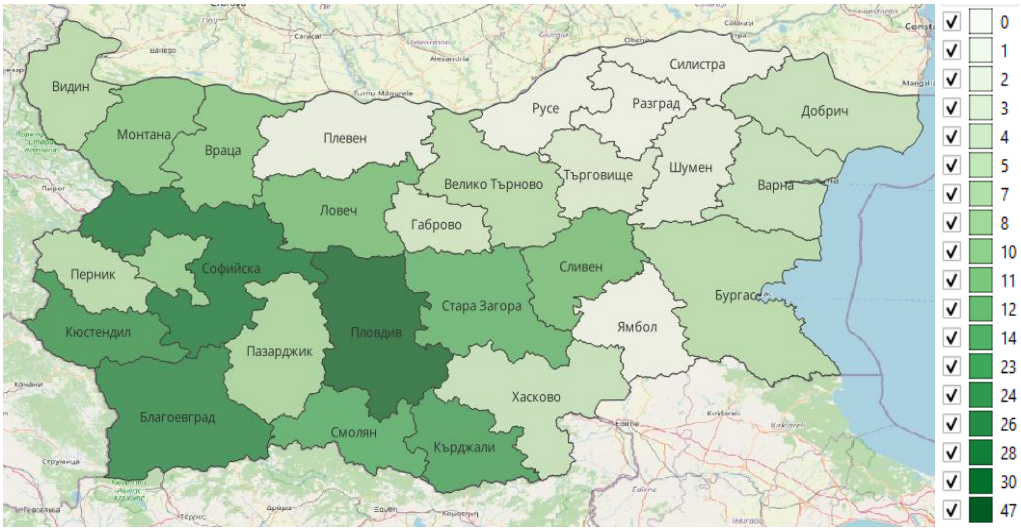
1.2. Данни за водопадите в България – предварителни проучвания

Предварителните проучвания за водопадите на територията на страната показват, че такива има в почти всички части на България, но предимно са в планински райони. На фиг. 1 са представени първоначално въведени данни от OpenStreetMap [10] за водопадите на територията на страната, обозначени са със сини точки и са 309 на брой. Представени са съвместно с данни за релефа от [11] и базова карта OpenStreetMap като уеб услуга [12]. Данните са векторни обекти от тип „точка“ и feature class “waterfalls”, за които е налично само име като атрибутна информация и то не за всички обекти.



Фиг. 1. Данни за водопадите в България от [10], представени съвместно с данни за релефа на терена от [11] и уеб услуга за базова карта от OpenStreetMap [12]

На фиг. 2 е представена класификация на данните за административните области на България от [13], според броя на водопадите, които попадат в тях. Най-голям брой водопади, според използвания източник на данни, има на територията на областите Пловдив (47), София (30), Благоевград (28), Кюстендил (26), Кърджали (24), Смолян (23). Водопади няма на територията на областите Русе, Разград, Силистра и Ямбол.



Фиг. 2. Класификация на данните за административните области на България от [13], според броя на водопадите от [10], които попадат в тях

Освен представените на фиг. 1 данни, са разгледани и анализирани различни източници на данни за водопадите в България и това какви характеристики и описания има публикувани онлайн за тях. В [14] са дадени основни данни, изведени като „визитки“ за всеки водопад преди основното текстово описание и снимките за него. В посочения към литературата линк към източника е дадена свободно достъпна част от книгата (първите 18 страници), която е разгледана по отношение на структурата на данните за водопадите. Така наречената визитка включва GPS координати, описание на местоположението, най-близко населено място, височина, достъпност, най-подходящо време за посещение и други близки забележителности. Самото описание включва повече информация за близки населени места и разстоянието до по-големите градове в близост, подробности за маршрута, достъпността и също допълнително са описани други близки забележителности, които може да бъдат посетени при планиране на туристическа обиколка.

В [15] има публикувани данни за 71 водопада, описанието на които съдържа данни за локация, природни характеристики, наличие на туристическа инфраструктура, данни за други близко разположени забележителности, информация относно емоционалното и визуалното въздействие на водопада.

В [16] има налични данни за общо 81 водопада, от които 56 в Стара планина, по 6 в Рила и Пирин и 13 в други планини. Описанието за всеки от тях е много кратко и включва наименование, височина на водния пад, описание на местоположението, географски координати, достъпност. Освен тези данни има и активен линк към всеки от водопадите, който препраща към местоположението на водопада в google maps.

В сайта Опознай България [17] също има данни за водопади, като тук поместените обекти са 173 на брой. Данните за всеки от тях са структурирани като матрица с основни данни в 4 страници, като на всяка от тях може да се поместят максимум 45 водопада. Кратката информация или „визитката“ включва място за снимки на водопада, които се сменят в реда на публикуването им, данни за това кога е добавен обектът и от кой потребител, колко снимки са добавени за него, колко пъти е разглеждан през последните 30 дни, оценка от посетителите и също малка карта с отбелязано местоположение. Към името на водопада има хиперлинк, който води към страница с малко повече допълнителна информация, включваща височина, описание на характеристиките и местоположението му и туристическия достъп.

В [18] също има дадена категория „Водопади“ – броят им е 65, като за тях е дадена основна информация, включваща име и местоположение, вкл. на коя река се намира и е отбелязано с маркер върху google карта, характеристики на водопада като височина, тип и други, достъпност и маршрут, някои практически съвети за посещението, както и данни за близки забележителности с хиперлинкове към тях.

Някои от водопадите в България са отразени върху картата на водопадите в Европа [19] – за тях има публикувани данни за име, местоположение, регион, височина и рейтинг.

Разгледаните данни са с различна структура, без общи рамки и стандарти, като в някои случаи определени характеристики липсват в един източник, но присъстват в друг. Въпреки това, събраната информация представлява първоначална основа за изграждането на концептуалния модел, предмет на тази статия, който цели да обедини, допълни и систематизира данните по унифициран начин. Въз основа на обобщението им е направено и проектирането на концептуалния модел, като са избрани конкретни атрибути на обектите от предметната област.

Извършеното предварително проучване показва, че съществуващите данни предоставят основна информация, но не обхващат пълноценно и синтезирано всички аспекти, като също така са основно с туристическа насока. Една от целите на този

проект е именно изграждането на база данни с фокус върху коректно определяне на елементите им и получаване на надеждна стойност, в случая чрез геодезически измервания, на височината на водния пад.

1.3. Нормативни регламенти, които са приложими по отношение на данните за водопадите

Разработването на концептуален модел на база данни за водопадите е от съществено значение за систематичното събиране и анализиране на информацията. Водопадите, като част от хидрографската система, са свързани с различни аспекти на околната среда, включително водни ресурси, защитени територии, туризъм и замърсяване на водите. В следващите параграфи ще бъдат разгледани основните аспекти и източници, които подкрепят необходимостта от създаване на база данни за водопадите, както и предложения за съдържанието и структурата на модела.

Според чл. 11, т. 4 на Закона за водите [20], водопадите в България са публична държавна собственост, което подчертава тяхната важност и необходимостта от детайлно картографиране и изследване. Законът определя водопадите и прилежащите им зони като част от водните обекти, които изискват специална защита и управление.

Като част от Европа за България се прилага и директивата INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community), към която в тема „Хидрография“ са дефинирани също и водопадите като обект [21]. За да се дефинира класа Falls като част от класовете FluvialPoint и HydroPointOfInterest в контекста на INSPIRE, новият обект трябва да унаследи тези класове.

Класът FluvialPoint в INSPIRE обикновено описва специфични точки по воден поток като мостове, водопади и т.н. Класът HydroPointOfInterest се използва за дефиниране на важни хидрографски обекти в INSPIRE, като водопади, езера, водоеми и други. За да се включат водопадите като обект на интерес, трябва да се добави съответното поле в този клас.

Темата за разработването на ПБД и последващото ѝ интегриране в ГИС система за водопадите в България може да се обвърже също и с Рамковата директива за водите (Water Framework Directive, WFD) на Европейския съюз [22], която изисква от държавите членки да опазват и подобряват състоянието на всички водни тела. Целта на WFD е да предотврати влошаването на състоянието на водните тела в Европейския съюз и да осигури добро състояние на реките, езерата и подземните води. Тя изисква от държавите членки да разработят и приложат планове за управление на речните басейни, които включват мониторинг и мерки за подобряване на качеството на водите.

Програма BG02 „Интегрирано управление на морските и вътрешните води“ е част от националните усилия на България за прилагане на WFD и други свързани европейски директиви. Тя включва проекти за мониторинг и управление на водните ресурси в страната, като следва изискванията на WFD и Закона за водите. Именно в тази програма по проект „Надграждане на геоинформационната система за управление на водите и докладване“ има разработка, която е достъпна онлайн [23], но при нея не са налични данни конкретно за водопадите като хидрографски обекти с посочени техни характеристики. В системата обаче има налични достатъчно други данни, които могат да бъдат от полза при разработването на настоящия проект.

Друго актуално направление, свързано с WFD и темата на проекта, е качеството на водите във водопадите и прилежащите им зони, което е от съществено значение за екологичната им устойчивост. Измерването на различни параметри, като pH, твърдост и концентрация на замърсители, може да бъде включено на следващ етап към базата данни за оценка на качеството на водата.

На национално ниво в България, освен туристическите сайтове и блогове, от които са взети данни, съществуват също и някои карти и регистри на водопадите в защитени територии, които включват информация за водопади, разположени в националните паркове, природни резервати и зони от мрежата НАТУРА 2000. Също така, водопадите са част от Том III на Червената книга на Република България като природни местообитания [24]. Много от водопадите в България са разположени в защитени територии като резервати, природни паркове и други [25]. Част от тях са разположени и на територията на националните паркове „Рила“, „Пирин“, „Централен Балкан“ и в природен парк „Витоша“. Друга част са обявени за защитени територии и са в защитени зони от Европейската екологична мрежа НАТУРА 2000. В Регистъра на защитените територии и защитените зони в България обектите от 132 до 155 са водопади [26]. Те са част от популярни туристически маршрути, затова познаването на местоположенията и границите на защитените територии (т.е. въвеждането на такива данни) при създаването на ГИС за водопадите е ключово по отношение на опазването на природата.

По отношение на туристически маршрути до водопадите е решено да се добавят директно линкове за сваляне на вече проверени маршрути до водопадите, като на следващ етап за всеки от тях може да се допълни и информация относно сложността на достъпа и наличието на маркировка.

И така, от написаното до тук може да се обобщи, че разработването на концептуален модел на пространствена база данни за водопадите може да се обвърже и следва да се съобрази с българското и европейското законодателство, което ще позволи по-добро управление, защита и популяризиране на водопадите като природни обекти. Съобразно с тези рамки и възможността за връзка с наличните вече данни и модели ще се осигури създаването на качествена и функционална база данни, която може да бъде използвана за различни цели, включително научни изследвания.

2. Концептуален модел на пространствена база данни за водопадите в България

2.1. Предпоставки и план за разработването на концептуален модел за пространствена база данни

За ефективното създаване на база данни е важно да се стандартизират методите за събиране и описание на данните за водопадите, вкл. географски координати, височина, маршрути, основни характеристики и др.

Важно е да се идентифицират потребностите на крайните потребители, които на този етап се счита, че основно ще са туристи, учени, природозащитни организации, държавни и местни администрации, и други. Необходимо е да се вземат предвид и съществуващите правни норми и регулации, свързани с опазването на природни обекти, както и изискванията за публичен достъп до данните.

Концептуалният модел трябва да бъде гъвкав и лесен за актуализация, за да може да отразява промените в природните условия, инфраструктурата и нуждите на потребителите. Това включва внедряване на механизми за обновяване на данните и оценка на тяхната надеждност.

Информационната система, в основата на която ще стои пространствената база данни, трябва да бъде с интуитивен потребителски интерфейс, който да осигурява лесен достъп до информацията както за специалисти, така и за широката общественост.

Разработването на концептуален модел на за пространствена база данни, която да послужи като основа за ГИС система за събиране, управление и визуализация на информация за водопадите в България включва следните етапи:

- уточняване на изискванията:
    - определяне на основните групи потребители на системата;
    - определяне на функционалните изисквания – идентифициране на основните функции като събиране и въвеждане на данни, визуализация на данните върху карта, търсене и филтриране на информация и генериране на справки;
    - идентификация на ограниченията – определяне на ограниченията, свързани с въвеждането и управлението на данните (напр. уникалност на идентификаторите и имената на водопадите, задължителни атрибути и номенклатури);
    - определяне на правила за интегритет – дефиниране на правила за поддържане на целостта на данните.

- анализ на данните преди въвеждане:
    - анализ на качеството на данните – оценка на точността, пълнотата и актуалността им;
    - анализ и структуриране на самите данни – разделяне на данните на основни категории, които допълват основния клас обекти;
    - определяне на типа данни и полетата, които изчерпателно представят избраните характеристики на водопадите.

- дефиниране на концептуалния модел:
    - определяне на основните обекти на модела – водопади, измервания, защитени територии и други;
    - дефиниране на атрибутите на обектите: определяне на основните характеристики на всеки обект, като за водопадите това могат да бъдат име, координати, височина на водния пад и други;
    - дефиниране на връзки между обектите: дефиниране на връзките между различните обекти, като например връзката между водопадите и измерванията им, или между водопадите и защитените територии;
    - създаване на ER диаграма (Entity-Relationship Diagram): диаграма, която визуализира обектите, техните атрибути и връзките помежду им.

- тестване на физически модел и верификация:
    - определяне на подходяща база данни, която ще поддържа ГИС функционалността;
    - създаване на таблиците в базата данни въз основа на концептуалния модел, включително дефиниране на полета, типове данни и връзки, индексиране за бързо действие и ефективност;
    - тестване на модела за верификация, включително проверка на правилното функциониране на връзките между обектите.

Този план представлява цялостен подход за разработването на концептуален модел на база данни за ГИС система, която да подпомага управлението на данните и популяризирането на водопадите в България.

2.2. Дефиниране на изискванията към базата данни за последващото ѝ прилагане в ГИС

2.2.1. Определяне на групите потребители и техните изисквания

Към момента на ниво концепция се предвижда да има две основни нива на потребители на базата данни, която ще послужи като основа за последващото разработване на ГИС за водопадите в България.

Първото ниво са т.нар. оторизирани потребители, които ще имат администраторско ниво на достъп – пълни права за дефиниране и редакция на всички класове обекти. Освен участниците по настоящия проект и разработчиците на базата данни не се счита, че следва да има други потребители, които да имат директен достъп до оригиналните таблици и права за създаване или редакция на обектите. Затова на този етап се приема, че само те са оторизирани потребители.

Администраторите на базата данни играят ключова роля в осигуряването на правилната работа и ефикасност на системата, както и в осигуряването на интегритета и сигурността на данните. Тези потребители могат да използват системата за следните цели:

- Дефиниране на нови класове обекти: Могат да създават нови таблици, класове или обектни модели в базата данни, които отразяват различни аспекти на данните, които системата трябва да управлява.
- Редактиране на съществуващи обекти: Имат възможност да правят промени в структурата на съществуващите таблици или обекти, да добавят или премахват полета, да променят връзки между обектите и други.
- Управление на данни: Могат да управляват данните по всякакъв начин, включително да извършват анализи и да генерират отчети.
- Конфигуриране на права и достъп: Могат да задават и настройват права за достъп на други потребители или групи от потребители, ако се добавят такива в бъдеще.
- Поддръжка и оптимизация на базата данни: Отговарят за поддръжката на базата данни, оптимизация на производителността и решаване на технически проблеми.
- Разработка и изпълнение на скриптове: Могат да пишат и изпълняват SQL скриптове за извършване на различни операции, като обновяване на данните или миграции на базата данни.

Второто ниво на достъп са т.нар. стандартни потребители (туристи, природолюбители, природозащитници, изследователи и други), които ще имат право само да визуализират и филтрират по определени критерии наличните данни. Достъпът ще се осигурява през уеб приложение и потребителски форми.

Тези потребители ще могат да използват системата за планиране на посещения, намиране на интересни водопади по достъпни маршрути. Всички стандартни

потребители, макар и с ограничен достъп, ще очакват точни и актуални данни за местоположението и характеристиките на водопадите.

Самата система трябва да бъде интуитивна и лесна за използване от потребители, които са с ограничени технически умения. Трябва да може бързо да се намира и филтрира информация според специфични критерии, като местоположение, височина на водопада, ниво на достъпност и др. Визуализацията на водопадите ще се осъществява върху интерактивна карта.

2.2.2. Определяне на необходимата функционалност

Основните функции на системата трябва да предоставят инструменти и да осигуряват възможност за:

- Събиране и въвеждане на данни:
  - Въвеждане на информация за името, местоположението (географски координати), височината, типа на водопада и други;
  - Въвеждане на данни за свързаната туристическа инфраструктура като напр. туристически маршрути;
  - Информация за популярността на водопадите, свързани туристически и други данни като допълнителна информация.
- Визуализация на данните върху карта:
  - Представяне на водопадите върху интерактивна карта, с възможности за мащабиране и навигиране;
  - Използване на маркери за водопадите с информация, която се показва при кликване върху тях, включително описания, линкове към други свързани данни и изображения.
- Търсене и филтриране на информация от базата данни:
  - Възможност за търсене в реално време и филтриране на водопадите по име и евентуално по други техни характеристики;
  - Възможност за изчистване на приложените филтри;
  - Геолокация, която улеснява търсенето на водопади в близост до местоположението на потребителя.

2.2.3. Идентификация на ограниченията и определяне на правила за интегритет

Като първо и основно ограничение следва да се наложи уникалност на идентификаторите на водопадите в системата, което да гарантира еднозначност и да се предотврати дублирането на данни. Трябва да се осигури и уникалност на имената в рамките на определен географски регион или област, за да се избегне объркване.

Задължителните атрибути следва да се определят като набор от задължителни характеристики, които трябва да бъдат попълнени за всеки водопад (напр. име, местоположение, височина, тип и др.). Липсата на тези атрибути трябва да бъде недопустима при въвеждането на нови данни.

Следва да се въведат и ограничения за достъп до определени данни за неоторизираните или т.нар. стандартни потребители.

Правила за интегритет следва да се дефинират по отношение на връзката между водопадите и свързаните обекти, като измервания и туристически маршрути. Като пример може да се даде проверката на валидността на географските координати, за да се гарантира, че водопадите са правилно позиционирани на картата и в правилния регион.

2.3. Основни и допълнителни таблици в модела

Моделът ще включва основни и допълнителни таблици, съответно за основните класове обекти и за допълващите такива. Като основни класове ще се разглеждат „Водопади“ и „Измервания“.

Двете основни таблици са следните:

Таблица „Водопади“ (Waterfalls):

- основната таблица, която съдържа информация за различни водопади, за които са извършени измервания по проекта;
- съдържа атрибути като име, географски координати, височина, тип водопад, най-близко населено място, защитени територии и други характеристики, свързани с водопада;
- включва връзки към други таблици чрез външни ключове.

Таблица „Измервания“ (Meas):

- съдържа информация за измерванията, свързани с водопадите;
- свързана е с таблиците „Водопади“ чрез id_w;
- включва данни за инструменти за измерване, дата на измерване, условия на измерване и различни измервани величини.

А ето и подробното им съдържание:

Таблица „Водопади“ Waterfalls: Feature Type Point with Attributes:

- id_w: int (уникален идентификатор, PK/FK);
- name_w: text (име на водопада);
- location: text (най-близко населено място или две, ако са на приблизително еднакво разстояние);
- lat_loc_vi: double (локация – географска ширина);
- lon_loc_vi: double (локация – географска дължина);
- h_balt_vie: double (локация – височина, Балтийска);
- zasht_t_co1: int (код на защитена територия едно – номенклатура FK);
- zasht_t_na1: text (име на защитена територия едно);
- zasht_t_co2: int (код на защитена територия две (ако обектът попада в повече от една) – номенклатура FK);
- zasht_t_na2: text (име на защитена територия две (ако обектът попада в повече от една));
- adm_obl_co: text (административна област – номенклатура FK);
- type_w_cod: int (тип водопад – номенклатура FK);
- height: double (височина в метри);
- average_sl: double (среден наклон в градуси);

- if_cascade: boolean (има ли каскади водопадът);
- cascade_d: text (описание на каскадите, ако има такива);
- adm_obst_co: text (административна община – номенклатура FK);
- nom_mount: text (планина – текстова номенклатура FK);
- nom_w: text (конкретна номенклатура на водопада в съответната планина – задава се като текст, тъй като включва номенклатурата на планината и поредния номер на водопада в нея);
- add_descr: text (допълнителна информация за всеки от водопадите, която да дава по-пълно описание);
- link_page: hyperlink (за връзка с отделна страница с допълнителна информация за водопада – за всеки водопад поотделно ще има разработена html страница с определена структура и снимка/и на обекта);
- kmz_link1: hyperlink (за връзка с *.kmz файл, съдържащ маршрут до водопада);
- kmz_link2: hyperlink (за връзка с *.kmz файл, съдържащ втори алтернативен маршрут до водопада);
- id_m_1: int (измерване 1 – FK към таблица Meas);
- id_m_2: int (измерване 2 – FK към таблица Meas);
- id_m_3: int (измерване 3 – FK към таблица Meas);
- id_m_4: int (измерване 4 – FK към таблица Meas).

Таблица „Измервания“ (Meas): Data type attributes:

- num: integer (уникален идентификатор на измерването, PK);
- name_w: text (име на измервания водопад);
- operator: text (име на оператора, извършил измерванията);
- location_name: text (описание на локацията);
- meas_type: text (метод на измерване);
- meas_instr: text (модел на измервателен уред);
- B, L and H: double (приблизителни координати и надморска височина);
- meteo_cond: text (метеорологични условия по време на измерването);
- V_h1, V_h2, V_h3: double (измерване V за най-висока точка при 3 повторения);
- S_h1, S_h2, S_h3: double (измерване S за най-висока точка при 3 повторения);
- h_h1, h_h2, h_h3: double (измерване h за най-висока точка при 3 повторения);
- D_h1, D_h2, D_h3: double (измерване D за най-висока точка при 3 повторения);
- Z_h1, Z_h2, Z_h3: double (измерване Z за най-висока точка при 3 повторения);
- V_l1, V_l2, V_l3: double (измерване V за най-ниска точка при 3 повторения);
- S_l1, S_l2, S_l3: double (измерване S за най-ниска точка при 3 повторения);
- h_l1, h_l2, h_l3: double (измерване h за най-ниска точка при 3 повторения);
- D_l1, D_l2, D_l3: double (измерване D за най-ниска точка при 3 повторения);
- Z_l1, Z_l2, Z_l3: double (измерване Z за най-ниска точка при 3 повторения);

- meas_H_1, meas_H_2, meas_H_3: double (определена височина от всяко повторение на измерването);
- Average_H: double (средна височина на водопада от трите измервания);
- cascades_info: text (информация за каскади, ако има);
- notes_and_add: text (допълнителна информация);
- id_w: integer (уникален идентификатор на водопада, за който се отнася конкретното измерване).

Релациите между основните таблици са както следва:
Водопади (Waterfalls) и Измервания (Meas).

Релация **едно-към-много** (one-to-many) от Waterfalls към Meas.

В таблицатаWaterfalls, полето id_w е външен ключ (FK), който се свързва с полето num в таблицата Meas.

Релации ще има и към всички допълнителни таблици за всички полета от тип FK (zasht_t_co1, zasht_t_co2, adm_obl_co, type_w_cod, adm_obst_co, nom_mount), които се отнасят за номенклатури. Това са номенклатурни таблици, които съдържат описателна информация за кодовете. Всяка от тези номенклатури има следните основни атрибути:
id: уникален идентификатор (PK).
description: текстово описание на стойността.

Допълнителните таблици, които ще се свържат като референции към FK полетата, са следните:

Таблица за административна област (adm_obl)

- adm1_pcode: text (уникален идентификатор на административната област PK);
- adm1_bg: text (име на административната област).

Таблица за административна община (adm_obstini)

- adm2_pcode: text (уникален идентификатор на административната община PK);
- adm2_bg: text (име на административната община).

Таблица за защитена територия (zast_terit)

- zt_id: int (уникален идентификатор на типа защитена територия PK);
- zt_name: text (описание на защитената територия).

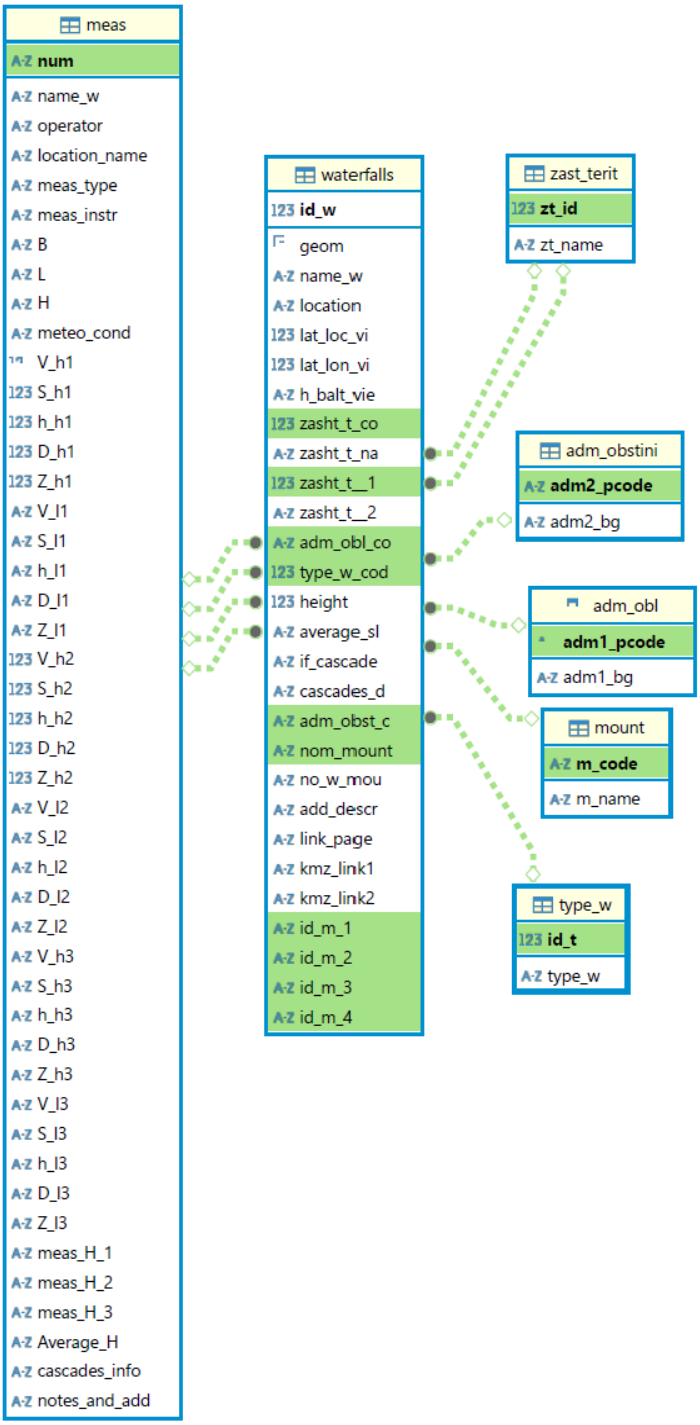
Таблица за тип водопад (type_w)

- id_t: int (уникален идентификатор на типа водопад PK);
- type_w: text (описание на типа водопад).

Таблица за номенклатура на планина (mount)

- m_code: text (уникален идентификатор на планина PK);
- m_name: text (име на планината).

Създадена е ER (Entity-Relationship) диаграма, на която са визуализирани обектите, техните атрибути и връзките помежду им – фиг. 3.



Фиг. 3. Entity-Relationship диаграма на концептуалния модел на пространствената база данни за водопадите в България

2.4. Тестване на физически модел, верификация и оценка на приложимостта

Тестването на физическия модел е ключов етап от изграждането на пространствена база данни (ПБД) за водопадите, целящ да гарантира съответствие с концептуалния модел, надеждност на връзките между обектите и проверка на цялостната функционалност. Верификацията включва и оценка на практическата приложимост на системата.

Тестовият физически модел е реализиран в система за управление на база данни (СУБД) с ГИС поддръжка като е използвана PostgreSQL база данни с разширение PostGIS през интерфейса на pgAdmin, където са въведени всички таблици и са зададени съответните релации. Използвани са уникални идентификатори за основните класове и номенклатурните таблици и е зададена координатна система EPSG:4326, съгласно изискванията на директивата INSPIRE.

Проведени са тестове с реални данни за два водопада и съответните измервания към тях – Врачанската скакля и Боянския водопад. Проверена е и визуализацията на обектите, както и на въведените за тях атрибути в ГИС среда чрез свързване на тестовата база данни с QGIS. Проверени са връзките между таблиците с използване на частично попълнени номенклатурни таблици и изпълнение на заявки за извличане на свързана информация.

Физическият модел е съвместим с европейските изисквания и е подходящ за интеграция в ГИС система. Също така е отворен и позволява добавяне и редакция на обекти за евентуално бъдещо надграждане с допълнителни класове.

3. Заключителни бележки

Настоящото изследване представя цялостен подход към разработването на концептуален модел за пространствена база данни за водопадите в България и тестването му като физически такъв, който отговаря на нуждата от централизиран, стандартизиран и леснодостъпен източник на надеждна информация.

Изградена е структура, която систематизира информация за местоположението и физическите характеристики на водопадите, определени чрез геодезически методи, като в случая основната от тях е височината. Така създадената концепция за БД напълно обезпечава последващото разработване на ГИС система.

Към перспективите за бъдещо развитие на разработката следва да се отбележи възможността за свързването и с националните регистри за защитени територии и платформи за управление на водни ресурси, както и с туристически портали.

Благодарности

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Encyclopedia of Geomorphology Volume 2 J–I Edited by A.S. Goudie First published 2004 by Routledge Simultaneously published in the USA and Canada ISBN: 0-415-32738-5 (volume two). https://courses.ess.washington.edu/ess-306/links/Goudie_ Encyclopedia_ of_Geomorphology.pdf, last visited on April 30, 2025.
2. *Goudie, A. S.* Waterfalls: forms, distribution, processes and rates of recession, QUAESTIONES GEOGRAPHICAE, Iss. 39(1), pp. 59–77, 2020. https://qg.web.amu.edu.pl/qg/archives/2020/quageo-2020-0005.pdf, last visited on April 30, 2025.
3. *Plumb, G.* Waterfall Lover's Guide Pacific Northwest: Where to Find Hundreds of Spectacular Waterfalls in Washington. Oregon, and Idaho, 5th Edition, ISBN-13978-1594857539, Publisher Mountaineers Books Edition5 Publication Date August 16, 2013, https://archive.org/details/waterfallloversg0000plum/page/n9/mode/2up, last visited on April 30, 2025.
4. World of waterfalls, Waterfall Classification: What Types of Waterfalls Exist in Nature? https://www.world-of-waterfalls.com/what-types-of-waterfalls-are-there/, last visited on April 30, 2025.
5. World Waterfall Database, https://www.worldwaterfalldatabase.com/help#types, last visited on April 30, 2025.
6. *Lobeck, A. K.* 1939. Geomorphology. https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.205632/page/n5/mode/2up?view=theater, last visited on April 30, 2025.
7. World of waterfalls, Scenic Rating Criteria. https://www.world-of-waterfalls.com/rating-criteria/, last visited on April 30, 2025.
8. *Bătinaş, R., H. Razvan Batinas*. The Methodology for Assessing the Potential Attractiveness of Waterfalls as Tourist Attractions. Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geographia, LV, 2, 2010, https://www.researchgate.net/publication/272754073, last visited on April 30, 2025.
9. *Baltakova, A., B. Aleksandrov, R. Nikolov, M. Tsvetanov*. Morfologia na vodopadite i lokalizirane na tehnite elementi pri pretsizni geodezicheski izmervania. Spisanie na Balgarskoto geologichesko druzhestvo, god. 85, kn. 3, 2024, s. 261–264, Baltakova_REV_BGS_2024-3.pdf, last visited on April 30, 2025.
10. OpenStreetMap data download / Europe / Bulgaria. https://download.geofabrik.de/europe.html, dostapen kam 30.04.2025.
11. European Digital Elevation Model (EU-DEM). Version 1.1, EUDEM download | GPXZ Elevation API, last visited on April 30, 2025.
12. OpenStreetMap as a service. https://www.openstreetmap.org/#map=7/42.751/25.565, last visited on April 30, 2025.
13. National spatial data portal. https://inspire.egov.bg/, last visited on April 30, 2025.
14. *Nikolov, I.* Fotopatevoditel na balgarskite vodopadi. ISBN: 978-619-90048-1-4. https://issuu.com/skasix/docs/wfbg_book2/2?utm_medium=referral&utm_source=waterfallsbg.info, last visited on April 30, 2025.
15. Waterfalls Bulgaria. https://waterfallsbg.info/водопади, last visited on April 30, 2025.
16. Turisticheska agentsia Bulgarturist, Vodopadi v Bulgaria. https://bulgartourist.com/водопади, last visited on April 30, 2025.
17. Opoznay Bulgaria. https://opoznai.bg/vodopadi/sort:popular_month/page:1, last visited on April 30, 2025.
18. Kategoria Vodopadi. https://pateka.im/category/vodopadi/, last visited on April 30, 2025.

19. European Waterfalls, Waterfalls in Bulgaria. https://www.europeanwaterfalls.com/countries/waterfalls-in-bulgaria/, last visited on April 30, 2025.
20. Zakon za vodite, Lex.bg. https://lex.bg/laws/ldoc/2134673412, last visited on April 30, 2025.
21. INSPIRE – Data specifications on Hydrography – falls. https://inspire-mif.github.io/technical-guidelines/data/hy/dataspecification_hy.pdf, last visited on April 30, 2025.
22. Water Framework Directive. https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-framework-directive_en, last visited on April 30, 2025.
23. Geoinformatsionna sistema za upravlenie na vodite i dokladvane. https://gwms.eea.government.bg/giswmr/, last visited on April 30, 2025.
24. Chervena kniga. tom III, Vodopadi v Bulgaria, e-ecodb.bas.bg, http://e-codb.bas.bg/rdb/bg/vol3/12C2.html, last visited on April 30, 2025.
25. Zakon za zashtitenite teritorii. https://lex.bg/laws/ldoc/2134445060, last visited on April 30, 2025.
26. Registar na zashtitenite teritorii i zashtitenite zoni v Bulgaria http://pdbase.government.bg/zpo/bg/result1.jsp, last visited on April 30, 2025.

CONCEPTUAL MODEL OF A SPATIAL DATABASE FOR THE WATERFALLS IN BULGARIA

T. Ilieva[1], Y. Ivanova[2], B. Nikolova[3]

Keywords: *conceptual model, spatial database, waterfalls in Bulgaria*

ABSTRACT

Waterfalls in Bulgaria are unique natural sites of national importance. In the context of GIS, they can be considered as spatial objects with a set of attributes and characteristics that are subject to systematization in a spatial database (SDB). Using geographic information systems (GIS) and spatial databases, an integrated and effective approach to managing and providing a certain level of access to data can be ensured, which will support the effective understanding of real-world objects.

Since each area from the real world is unique, the development of a conceptual model for such a type of DB is the first and main step before its implementation. The aim of this study is to present a conceptual model for a spatial database to store and manage information about waterfalls in Bulgaria. The paper describes the spatial database design process, the structure of the feature classes, as well as the required functionalities.

[1] Tamara Ilieva, Chief Assist. Prof. Dr., Dept. "Geodesy and Geoinformatics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: ilieva_fgs@uacg.bg
[2] Yoana Ivanova, Eng. Graduate of Geoinformation Systems specialization in 2024, Dept. "Geodesy and Geoinformatics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: gfac.5030@uacg.bg
[3] Boryana Nikolova, Assist. Prof. Eng., Dept. "Geodesy and Geoinformatics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: bnikolova_fgs@uacg.bg