

II. МЕТОДИКА НА ПРОУЧВАНИЯТА; ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ; АРХЕОМЕТРИЯ / PUBLICATIONS FOR METHODS OF INVESTIGATIONS; INTERDISCIPLINARY STUDIES; ARCHAEOOMETRY

Прогнозно моделиране в археологията: световна практика и български перспективи

Найден Прахов, Христина Ангелова,
Александър Коцев, Антон Попов, Стелиян Димитров

Прогнозно моделиране – същност

Всички археологически обекти (градове, селища или некрополи, пътища или кръстопътища, тържища или ханове, светилища или манастири, пристани или вълноломи), са възникнали в определен момент на мястото, където ги откриваме и където са били използвани в продължение на определен период от време. Много човешки дейности са били осъществявани там и много събития са се случвали: лов и събиращество, земеделие и животновъдство, добив на суровини, практикуване на култове или обреди, миграции, битки, корабокрушения и т.н. Ако вникнем в логиката на възникване и използване на обектите, свидетелстващи за нормалния живот, както и в логиката на събитийността, предизвикана от културно-исторически или природни причини, която оставя след себе си материални следи, бихме могли да предугадим хронотопа, в който тези обекти са възникнали и съществували. Това е идеята, въз основа на която са построени т.н. *прогнозни модели*¹ в археологията, посредством които сме в състояние да предположим и прогнозираме наличието или отсъствието на различни археологически обекти на конкретно място или в определен район. Прогнозното моделиране е метод за оценка на вероятността за съществуването на археологически обекти в рамките на определена територия. Това е опит за създаване на научно обоснована и аргументирана хипотеза, която в максимална степен да преодолее субективизма при прогнозирането.

Фактори, участващи в създаването на прогнозни модели

В основата на прогнозното моделиране стоят **две идеи**. **Първата** е, че възникването и съществуването на всеки археологически обект е предопределено от конкрет-

1 Терминът **прогнозен модел** е превод от английски (**predictive model**), наложил се през 60-те години на 20 в. като официален термин в англоезичната специализирана литература. (Dalla Bona 1994b, 4-5; Verghagen 2007, 14).

ни фактори от различно естество – геопространствени (надморска височина, релеф, експозиция, наклон на терена, близост до водоизточници), климатични (тип климат, температура, влажност, валежи, ветрове), ботанически, зооложки, културно-исторически и др. Анализът на съчетаването на наличните фактори и средата, която съчетавайки се, те формират, са показателни и насочват към възможността за присъствие на определен тип археологически обекти в рамките на изследваната територия/акватория. **Втората** е, че функционирането на всеки обект оставя следи и/или е свързано с други известни обекти, които могат да бъдат индикатори за прогнозирането му. Това са археологически индикатори (обекти, находки или антропогенни ландшафти), палеоботанически и палеозооложки (наличие на таксони, свързвани с човешки дейности) и т.н.

Локализирането на различни обекти изисква създаването на различни бази данни, включващи специфични за определения тип обекти фактори и индикатори. Така например, при разработването на **прогнозен модел за локализиране на селища**, ще бъдат отчитани фактори като надморска височина, релеф и изложение (експозиция), естествена защитеност, наличие на подходящи почви, релеф и климат, подходящи за земеделие и животновъдство, близост до водоизточник, наличие на полезни изкопаеми или други природни суровини, ресурси и особености. Други индикатори ще бъдат пътните артерии, отдалеченост от известни синхронни селища, следи от човешка дейност в миналото (терасиране на терени, иригационни системи, пътища, укрепителни съоръжения), находки и т.н. При **прогнозирането на пристанища** в модела ще бъдат включени фактори като естествено защитени заливи, достъп и защитеност откъм сушата, дълбочина, (палео)климатични данни за постоянни и променливи ветрове, водни течения, приливи и отливи, близост до крайбрежни населени места, възможности за комуникация с центрове от вътрешността и не на последно място – данни за изменения в конфигурацията на бреговата ивица и относителното морско ниво, които твърде често замаскират ландшафтни състояния, които са позволявали функционирането/изграждането на пристанищни структури/съоръжения в древността. Индикатори биха били и исторически обосновани основания за предполагане на корабоплаване в миналото или сведения за такова, археологически индикации, като открити артефакти по морското дъно и в крайбрежните райони, антропогенни следи по ландшафта (вълноломи) и т.н. При **прогнозиране на трасе на път**, моделът би взел предвид данни за наличие на различен тип комуникации в миналото, като търговски, военни, поклоннически, дипломатически, свързани със стопанска дейност или начин на живот – трансхуманс, номадизъм, лов и др., природни дадености, необходими и подходящи за функционирането на път – релеф, водоизточници, паша, наличие на известни селища или пунктове, между които е имало (или се предполага, че е имало) контакт, археологически находки (монети, артефакти, керамика) и т.н.

Повечето от използваните фактори при създаването на прогнозни модели са природни геопространствени характеристики – релеф, почви, водоизточници, климат, флора и фауна, природни богатства, геоморфоложки особености (скални масиви, пещери) и др. Инкорпорирани в прогнозния модел, те получават културно-исторически пълнеж, свързват се с битието на хората като тяхна среда и условия на живот.

Етапи в създаването на прогнозния модел

Основен етап в създаването на прогнозен модел е **идентифицирането на фак-**

торите, които са предопределили възникването, съществуването или появата на определен тип археологически паметник/обект на точно определено място. В това отношение, анализът на вече открити, регистрирани и проучени обекти от същия тип е от съществено значение. Факторите и характеристиките, за които е установено, че са били от значение за вече известни обекти, би следвало да имат подобно значение и за прогнозираните.

Важно условие при идентифицирането на определящите фактори е установяването на важността им по отношение на паметниците и степенуването на значението им. Присъствието на определен паметник/обект на определено място е обусловено от наличието на няколко различни фактора, но някои от тях имат предимство пред други. При прогнозирането на селища, напр., близостта до водоизточник е от по-голямо значение от експозицията, особено при равнинен релеф. От друга страна, близостта/отдалечеността до/от източници на суровини, следва да бъде разглеждана от гледна точка на тяхната важност за бита на населението. В определени случаи, напр., близостта до суровини за изработване на определен тип артефакти не е от първостепенно значение и често такива находища са отдалечени от селищата на населението, което ги експлоатира (Merwin, Bernstein 2002, VII 10-VII 21; Merwin, Lynch, Robinson 2003, 41-43, 47).

Условие за коректното определяне на факторите и на тяхната важност е доброто познаване на археологическите култури и средата, в която те са съществували. Ето защо, създаването на прогнозен модел е предшествано от събиране и анализиране на разнородни данни, които разкриват спецификите на археологическите култури и тяхната среда.

Данните са съвкупност от факти и сведения, представени във форма (количествена и/или качествена), подходяща за използването им, в случая – компютърна обработка за нуждите на модела. Те могат да бъдат данни за географски дадености (релеф, растителност, водни басейни и т.н.), процеси (наводнения, приливи и отливи, ветрове, въздушни и водни течения, миграции и т.н.), творения на човешката дейност (пътища, селища, археологически обекти и т.н.), а също така и за абстрактни понятия – идеи, представи, хипотези. Обикновено тези данни са пространствено координирани, но има и непространствени, като времеви (епоха, период, година, сезон, време преди или след даден момент), идеологически (религиозна или политическа принадлежност), такива, указващи етническа, лингвистична група и пр. (Тикуннова 2008, 12-17).

Събирането на богата база разнородни данни е предусловие за създаване на качествен модел. Основно място сред тях заемат археологическите. Прогнозирането на археологически обекти е основано на паралели и аналогии с вече известни такива, принадлежащи на същата или на близки култури, сиреч, идентифицирането на факторите, индикативни за определен тип обект, се осъществява на базата на вече проучени подобни обекти. Източници за тази основна база данни са публикации от археологически проучвания (разкопки, издирвания, сондажи), регистри на обекти, музейна документация, архиви на институти и институции, археологически карти, исторически карти, теренни издирвания и т.н.

След като бъде събрана максимално богата информация, тя трябва да бъде подредена и систематизирана – отделните типове обекти биват разделяни в групи според основни техни характеристики. Напр., селищата ще бъдат групирани по хронологичен принцип, по тип и т.н. **Следващ етап е идентифицирането на характеристиките на всеки обект**, разкриващи неговия характер и среда. За селища, напр., това

могат да бъдат: площ, местоположение (надморска височина, експозиция, наклон на терена), близост до водоизточник, експлоатиране на природни суровини и ресурси, типове поминък, отбранителни съоръжения и т.н.

След съставянето и организирането на базата данни започва нейният анализ. Важността на всяка отделна характеристика по отношение на изследвания обект, както и взаимовръзките между отделните характеристики и техните комбинации, могат да бъдат изчислени с помощта на статистически методи.

Основен проблем при създаването на археологическа база данни е различният произход на тези данни и, съответно, различното им качество. Няма ясни и повсеместно прилагани критерии и стандарти за археологическа документация и публикации. Често те са непълни и неясни, липсват сведения за географския контекст на обектите, няма точно, ясно и изчерпателно описание на детайлите. Това прави почти невъзможно съставянето на изчерпателна и пълна база данни. Частично решение на този проблем е теренната работа за допълване и проверяване на археологическите сведения, както и посещения в музейните фондове. Данните е добре да бъдат допълнени и от продукти на дистанционни методи – ортофотографии, сателитни изображения, заснемане с LIDAR, сонари, ехолоти, магнитометри и др.

Освен **археологически**, към базата данни са привлечени и такива, които са **резултат от различни интердисциплинарни проучвания**, съпътстващи археологическите изследвания и разкриващи особености на културите, обектите и взаимовръзките им с околната среда. Палеоботаниката и палеозоологията, напр., дават сведения за развитието на земеделието, животновъдството, лова, събирачеството и т.н., разкриват определени характеристики на палеоклимата и палеоландшафта, данни от минералогията осигуряват информация за използвани суровини и др. **Етнографски** данни също могат да бъдат важни за прогнозното моделиране. Това са сведения за съществували в недалечното минало или до днес земеделски, производствени или ловни практики, култове, ритуали или други традиции, които е напълно вероятно да са съществували и в по-отдалечени епохи. Ето защо, при създаването на прогнозен модел за локализиране на места за риболов на мезолитното население по крайбрежието на Дания, освен археологически данни, са привлечени и етнографски сведения, събирани през първата половина на 20 в., относно техниките на риболов и подходящите за това места. Оказва се, че те са сходни с тези на мезолитното население (Fisher 1995, 371-375, 382).

При съставянето на база данни се привличат и **исторически сведения**, които имат значение за създаването на прогнозния модел, напр. за събития, процеси, съществували паметници и т.н. Ако е известно, че в определен район е било развито рударството, прогнозният модел следва да насочи вниманието ни към местата с рудни находища, ако е бил развит риболовът – към крайбрежните територии. Ако от писмени извори е известна състояла се битка, прогнозният модел би могъл да предположи, въз основа на историческата информация и географските характеристики, мястото на сражението и т.н.

Чрез събирането, организирането и анализирането на базата данни са създавани научно обосновани теории относно вероятността за наличие на археологически обекти в рамките на определена територия.

Съставянето на база данни и нейното анализиране помага на работещите над прогнозния модел да придобият представа за **културно-историческия контекст, в който да поставят прогнозираните обекти**. Например един прогнозен модел за

локализиране на късноантични селища на Балканите би взел предвид липсата на сигурност и честите вражески нападения. По този начин факторът *естествено защитено място* ще има първостепенно значение, а селищата ще бъдат прогнозирани на такива места, в близост до водоизточник, пътища или по-ранни центрове, прекъснали функционирането си. При прогнозиране на неолитни селища ще бъдат посочени райони, подходящи за земеделие, с плодородни почви и водоизточници, като основание за това е отново историческият контекст – период на мирно развитие, на земеделие и животновъдство. При прогнозирането на култови места, значение ще имат религиозните представи и практики на дадена общност.

Важен етап от създаването на много прогнозни модели е **реконструирането на палеоландшафта**. Съвременният му вид е следствие както от непрекъснати естествени процеси, така и от човешка дейност. Природните и антропогенни фактори по различен начин са повлияли на околната среда и ландшафта, предизвиквайки промени, някои от които са унищожили част от археологическото наследство, други са способствали за неговото съхраняване, но и в двата случая природата и човекът са оставили следи, по-лесно или по-трудно идентифицируеми в съвременната среда, които позволяват възстановяване на характеристиките ѝ и тези на ландшафта, специфични за определен период от време.

Промените в околната среда и ландшафта вследствие на антропогенни фактори са характерни за всички исторически периоди. Особено интензивна, обаче, става човешката намеса от индустриалната революция насетне и най-вече – през 20-и и началото на 21 в., когато са осъществени мащабни дейности, променили значително ландшафта: изграждане на язовири, отводняване на райони, пресушаване на блата, изместване на речни корита, изграждане на диги, променяне на брегова ивица, развиване и изграждане на инфраструктури, земеделски дейности, добивна промишленост, строителство, залесяване и обезлесяване и свързаните с много от тези дейности естествени процеси – ерозионни, седиментни и др. Информация за такива събития може да бъде потърсена в архиви на местни институции, в стари топографски карти, исторически извори, стари снимки и гравюри, интервюта с местни жители и т.н.

При разработването на прогнозен модел за щата Брандербург, Германия, напр., се наложило реконструиране на палеоландшафта, тъй като обширни участъци от региона са значително изменени, основно, поради разработването на лигнитни залежи. За реконструирането на релефа били използвани различни топографски карти, отразяващи ситуацията преди започването на добивната промишленост. Отделен информационен слой от модела представя унищожените и силно променени площи (Ducke, Munch 2005, 97).

Реконструирането на палеоландшафта е свързано с редица интердисциплинарни проучвания, разкриващи отделни негови детайли. Важно е резултатите от тези проучвания да бъдат визуализирани във вид и формат, подходящи за обработването им в ГИС среда и инкорпорирането им в прогнозен модел. Изискване за постигането на добри резултати е качеството на картите да е подходящо за нуждите на модела. Карти, представящи обобщена информация, често пъти са неприложими в прогнозното моделиране. При реконструирането на ландшафта е добре да бъдат използвани не обобщени изследвания, а локални, правени конкретно за района на модела. Пример за това е потъването на бреговата ивица по Българското Черноморие през холоцена. Въпреки че промяната на морското ниво е еднаква, през последните 6000 години бреговете южно от Стара планина са потънали повече и продължават да по-

тват с по-голяма скорост в сравнение с тези на север. Причината е в тектоничните движения на литосферните плочи. Доказателство за това са потъналите праисторически селища от епохата на Късния халколит и Ранната бронзова епоха, открити по българското черноморско крайбрежие. Археологическите данни категорично сочат, че селищата са били разположени на сушата. Тяхната съвременна позиция, обаче, е различна за северното и южното крайбрежие: по северното крайбрежие обектите са разположени частично на сушата, частично – под вода, докато по южното крайбрежие, те са напълно залети от морските води. Възстановяването на позицията на терена, върху който те са били разположени, спрямо морското ниво за времето на тяхното съществуване (от края V-то до около третата четвърт на III-то хилядолетие пр.Хр.), е от изключителна важност за създаването на прогнозен модел, целящ идентифицирането на други места по крайбрежието, където биха могли да бъдат открити подобни обекти. Това, обаче, е изключително сложен проект, който трябва да обедини резултатите от много и различни изследвания, свързани с факторите, които влияят върху промяната на бреговата ивица, респективно – върху положението на праисторическите селища на съвременния терен – тектоника, изостатика, променящо се ниво на морето и т.н. Дори и да са налице данни, които да указват и да доказват категорично тяхната позиция на някогашния терен, то това са данни, които фиксират определено положение на терена, върху който са били разположени селищата в определено време, но всъщност, липсват данни за това как тази позиция се е променяла във времето спрямо морското ниво, респективно – липсва информация за начина, по който променяният се бряг е повлиявал живота на населението в тях.

Логично следва въпросът дали във всички случаи е възможно включването в прогнозния модел на неопровержима реконструкция на палеоландшафта. В определени случаи подобна реконструкция е по-лесно постижима, в други, както е случаят с потъналите по българското крайбрежие праисторически селища, моделът би следвало и би могъл да използва само онези компоненти на палеосредата, за които са налични категорични данни. Като пример биха могли да послужат резултатите от микропалеонтологични изследвания, т.е., изследванията на микрофосили (фораминефери, остракоди, диатомеи, полени и др.). Промените в тяхната популация, регистрирани в стратиграфските профили на потъналите селища, позволяват да бъдат регистрирани промени в околната среда, а някои от тях (остракоди, фораминефери, диатомеи и др.) позволяват да бъде отчетена и промяната в солеността на водния басейн, на чийто бряг са били разположени селищата. Ако селището е било разположено на брега на река и в определени участъци на стратиграфския му профил са регистрирани сладколюбиви, бракични и соленолюбиви микрофосили, това би било явна индикация, че във време, отговарящо на съответния участък от стратиграфския профил, водният басейн, на чийто бряг е било разположено селището: е бил откъснат от морето (при наличие на сладколюбиви микрофосили); периодично е взаимодействал с него (при наличие на бракични, т.е. – на полусладколюбиви, полусоленолюбиви микрофосили); бил е в непрекъснат обмен с морето (при наличие на соленолюбиви микрофосили), като последното е доказателство за значително покачване на морското ниво, което неминуемо е оказвало влияние върху живота в изследваното селище. Съчетаването на микропалеонтологични изследвания с прецизни датировки би могло да осигури надеждна реконструкция на средата, в която са съществували селищата.

Предвид, обаче, скъпо струващите изследвания, твърде често сме принудени да

използваме единствено наличен материал и информация, което, само по себе си, е бариера пред научнообоснована реконструкция на палеосредата и палеоландшафта.

Географски информационни ресурси за създаване на прогнозен модел

При създаването на прогнозен модел биват използвани различни по тип и качество географски информационни ресурси: дигитални теренни модели (ДТМ); топографски, почвени, геоложки, горски, кадастрални, хидроложки, климатични, исторически и други карти; съвременни и стари аерофотографии, сателитни изображения и т.н. Всички те, включени в прогнозния модел, дават различен тип информация, използвана при прогнозирането.

Основата на повечето съвременни прогнозни модели е дигитален теренен модел (ДТМ). Няколко са основните методи за създаването на такъв:

- дигитализиране на топографски карти и тяхната интерполация;
- радарни сензорни системи;
- заснемане с високоточна геодезическа апаратура;
- заснемане с дистанционен лазерен сензор LIDAR;
- заснемане на акватории с многолъчеви сонарни системи.

Редица институции и частни компании, предимно в Северна Америка и Западна Европа, създават и предлагат дигитализирани топографски карти и изработени въз основа на тях ДТМ-и. Проблем при използването на тези ресурси е ниската резолюция на някои от предлаганите продукти, което ги прави неподходящи за прогнозно моделиране, особено когато то се отнася до малка територия. Редица археолози, специалисти в областта на ГИС и прогнозното моделиране, се отнасят със скептицизъм към използването им и поради множеството грешки, които тези модели съдържат, което поставя под въпрос качеството и надеждността на прогнозирането върху такава основа (Dalla Bonna 1994a; Dalla Bonna 1994b; Haeman, Bennet 2006, 121-122). Твърде често работещите по създаването на прогнозен модел предпочитат да не използват вече създадени и достъпни ДТМ-и от такъв тип, а специално да изработят нов и адаптиран за съответните нужди ДТМ. Удачно решение на проблема с осигуряването на качествен и коректен ДТМ е използването на дистанционен лазерен сензор LiDAR (Light Detection and Ranging). LiDAR апаратурата може да бъде монтирана на летателен апарат и така да бъдат заснети обекти и територии от въздуха (Airborne LiDAR). Тази технология има няколко основни предимства:

1. Висока резолюция – LiDAR устройството може да изпраща над 8000 импулса в секунда, което, съчетано с височината на полета, може да даде резултат от по няколко десетки регистрирани точки на квадратен метър. Най-добрите резултати досега са приблизително 60 точки на квадратен метър, което постига резолюция от по няколко сантиметра.
2. Точност на регистрираните точки в пространството – до 10-15 см по вертикала и 50-100 см по хоризонтала.
3. Възможност за получаване на батиметрични данни (въздушна лидарна хидрография – Airborne LiDAR Hydrography). Заснемането на дъното на водни басейни е с по-ниска резолюция. В зависимост от условията при заснемане (видимост, вълнение), може да бъде регистрирано дъното на дълбочина до

55 м.

4. Заснемане на терена под растителна покривка.
5. Бързо осъществяване на измерванията. За 1 час може да бъде заснета територия от около 100 кв. км.
6. Процесът по обработване на получените данни е автоматизиран и може да бъде осъществен в кратки срокове от малък екип специалисти и т.н.

Осигуряването на ДТМ, включващ алтиметрия и батиметрия, чрез заснемане с LiDAR за нуждите на прогнозното моделиране е удачно решение. Проблем е финансовата стойност на този продукт и услуга. Тенденциите, обаче, са за непрекъснато намаляване на цените и създаване на достъпни бази с LiDAR данни. Значителни територии в Западна Европа и Северна Америка вече имат дигитално топографско LiDAR покритие (Crutchley, Crow 2009; Блом Аерофилмс).

За някои райони липсват налични географски информационни ресурси. Тяхното създаване е бавен и скъпоструващ процес, но са налице тенденциите за създаване на нови ресурси и непрекъснато повишаване на качеството и достъпността до тези източници (Dalla Bona 1994a, 6).

В определени случаи, особено когато става дума за терени под вода, индикация за палеоландшафта биха могли да бъдат батиметричните карти, т.е. картите на дълбочините на прибрежната зона, съчетани с цифрови модели на терена, получени от измервания с многолъчеви сонарни системи.

Продуктите от съвременните многолъчеви сонарни системи (МСС) освен батиметрични данни, включват и формат „локатор за страничен обзор“, както и информация за отражателната способност на дъното. Батиметричните данни осигуряват тримерна, пространствена визия за релефа на дъното във вид на цифрови модели (Digital Terrain Modeling – DTM's) със сантиметрова резолюция в плитките води (дълбочина до 50 м). Локаторите за страничен обзор се прилагат за търсене и идентифициране на различни обекти на морското дъно. Отражателната способност е пряко свързана с литоложките разновидности на дънните седименти и с успех се използва в геоложкото картиране и картирането на дънни местообитания. Поради тези комплексни данни, получавани едновременно от МСС, те са считани за ултимативното средство за картиране на морското дъно, включително и за целите на подводната археология (Ангелова и др. 2011). Към това могат да бъдат добавени изследвания с поддънен профилограф и/или седиментен сонар, които биха могли да осигурят информация за геоложкия профил на дъното.

Работата върху прогнозен модел, свързан с идентифициране на археологически обекти по българското черноморско крайбрежие, означава, че вниманието следва да бъде едновременно насочено и към брега, и към прилежащата акватория. При проучванията за реконструиране на някогашните ландшафти могат да бъдат привлечени спътникови и LiDAR изображения за сушата, съчетани с гореописаните резултати от морски изследвания. Крайният резултат е постигане на цифрови модели на терена, започващи от сушата и продължаващи под вода, което помага на изследователите да определят много по-точно характеристиките на терена, върху който откриваме останките от сухоземните и подводни археологически обекти. В много голяма степен този подход в изследването доказва схващането, че независимо от напълно различната среда, в която сега съществуват, подводните и сухоземните археологически останки на брега представят един безспорен физически и интелектуален континуум.

Многослойност на прогнозния модел

Използването на различни географски информационни ресурси под формата на отделни информационни слоеве на модела, е общоприета практика.

Всеки фактор или индикатор съставя отделен слой на прогнозния модел, като напр. водни ресурси, флора, фауна, население, антропогенни влияния върху релефа, археологически паметници и т.н. Те могат да бъдат и много по-детайлни и специфични. Водните ресурси, напр., могат да бъдат представени в множество варианти – сладки и солени водоизточници, морета, езера, реки, извори, блата (Kuiper, Wescott 1999, 6), влажност, дъждове, снегове и т.н., могат да бъдат разделени според водния си капацитет, постоянност или сезонност, качества и състав на водата и други. Флората може да бъде представена като различни елементи – горска, ливадна, пустинна растителност, конкретни растителни видове, такива, касаещи човешките дейности и стопанство (продукт на човешки труд или обект на човешки интерес), и др. Археологическите паметници могат да бъдат групирани в отделни слоеве според **типа на обектите** (селища, пристанища, пътища, производствени центрове, съоръжения, отделни находки), **датировката им** (елинистически, римски или късноримски период, фаза А, Б, В и т.н. на определен тип паметник, явление или култура), **географската** или **етническата, културната** или **идеологическата им принадлежност** (християнство, ислям, будизъм) и т.н.

Използването на такива изисква предварителна обработка. Те трябва да бъдат дигитализирани, конвертирани във формати, подходящи за обработването им в ГИС среда, геореферирани, а отделните картни листове да са свързани в обща мозайка. Понякога могат да бъдат дигитализирани само онези фактори, които ще бъдат използвани при прогнозирането (Dalla Bona 1994a, 7-26; Dalla Bona 2006, 86, 90-91). Мащабите на различните карти трябва да бъдат сведени до един, използван в прогнозния модел (Ducke, Munch 2005, 95, 97). Проблем е, че често наличните карти са в твърде голям мащаб и информацията им не е достатъчно прецизна, което ги прави неприложими за прогнозно моделиране (Dalla Bona 1994a, 6; Kathleen, Sydoriak 2006, 119). Често пъти прогнозните модели използват карти и теренни модели с различен мащаб, в зависимост от достъпа и наличието на тези ресурси, както и на целите и предназначението на конкретния проект. Така за прогнозния модел на Холандия са използвани 1:10 000 карти за територията и 1:500 000 карти за акваторията – континенталния шелф (Leusen et al. 2005, 43).

Въпреки че при прогнозирането предимство имат определени първостепенни фактори, в рамките на определена територия обикновено е търсена комбинацията от различни фактори, която увеличава вероятността за откриване на неизвестни археологически обекти там.

Работа с прогнозния модел

Основна характеристика на прогнозните модели, изградени с помощта на ГИС-ми, е функционалността им. Отделните информационни слоеве са взаимно свързани, зависими и обуславящи се един друг. Промяната на параметрите на един от тях понякога се отразява и на останалите, предизвиквайки верижна реакция. Работата в ГИС среда и функционирането на прогнозния модел представлява манипулиране с

факторите и индикаторите (сиреч – с информационните слоеве) като целта е да бъде придобита нова информация, която би могла да даде отговор на поставен въпрос. Основен метод за постигане на това е т.нар. *овърлей* (*припокриване*)² на информационни слоеве. В зависимост от броя застъпващи се фактори и тяхното значение, моделът изчислява вероятността за наличие на прогнозирания обект.

Промяната на нивото на водните басейни, напр., оказва влияние върху територията, за която създаваме прогнозния модел, тъй като оказва влияние върху конфигурацията на крайбрежната ивица, която е с висок археологически потенциал.

ГИС, приложението им в археологията и прогнозното моделиране

Смисълът на прогнозния модел е в създаването на концепция, схема, система за събиране, обработване и анализиране на голямо количество разнообразни данни, с цел получаване на нова информация, а именно – научно обоснована оценка на вероятността за наличие на археологически обекти на дадена територия. Това е възможно посредством използването на компютърни технологии и програми. Тъй като прогнозният модел е обусловен от пространствени задачи и повечето данни, с които борави са пространствено реферирани, то напълно естествено е прилагането на **географски информационни системи** (ГИС)³ при разработването му.

Първоначалните опити за прогнозно моделиране са правени *на ръка*, посредством карти и схеми на хартия, паус или прозрачно фолио, с които отделните информационни слоеве са налагани един върху друг, с отделни статистически изчисления, сравнителни анализи и т.н. Днес прогнозното моделиране е възприемано като проучване в ГИС среда: повечето данни са геопространствени, голяма част от тях са набавяни посредством ГИС технологии, за обработването, анализирането и представянето им се използват ГИС-ми.

От 90-те г. на 20 в. ГИС-мите намират все по-широко приложение в археологията. В рецензията си на публикация, представяща едно от ранните археологически проучвания чрез прилагане на ГИС-ми, американецът Кенет Квам, професор в университета на Арканзас и специалист по приложението на ГИС-ми в археологията, заявява: „Следователно, археологията и ГИС-мите биха имали идеален брак“ (Kvamme 1991)⁴. Това заключение се оказва напълно вярно. Резултат на това сътрудничество са многобройните осъществени научни проекти, публикации и проведени конференции⁵.

2 Overlay- покривам, припокривам (Англ.)

3 Географските информационни системи са разнообразни и многобройни технологични решения и програми, осигуряващи събирането, съхраняването, обработването, **анализирането, представянето** и разпространяването на пространствено-координирани и непространствени данни и извличането от тях на нова информация. В англоезичния свят абревиатурата *GIS* означава две близки, взаимно допълващи се и припокриващи се понятия: Географски информационни системи (*Geographic(al) Information Systems*) и Географски информационни науки (*Geographic(al) Information Sciences*).

4 “Consequently, GIS and Archaeology may represent an ideal marriage.”

5 Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) <http://www.caa2009.org> (през 2009 г. е проведена трийсет и седмата конференция);

-VAST International Symposium on Virtual Reality, Archeology and Cultural Heritage. (през 2009 г. е проведен десетият симпозиум: <http://electricarchaeologist.wordpress.com/2009/03/27/10th-vast-international-symposium-on-virtual-reality-archeology-and-cultural-heritage/>);

-International Conference on Remote Sensing in Archaeology (октомври 2004 в Пекин, декември 2006

ГИС-ми са използвани в различни области на археологическите проучвания. Те намират широко приложение при създаването на археологически бази данни – геореферирането, класифицирането, подреждането, сортирането и съхраняването на голямо количество информация и дават възможност за бързо, лесно и практично боравене с тези данни – намирането на местоположението на обекти в пространството по атрибути, класове и т. н. Друго важно приложение е в археологическата документация: документирането, картографирането и паспортизацията на археологически обекти в различен пространствен мащаб (от контекста на един обект, до този на макрорегион). ГИС дават възможности за разнообразни анализи и постигане на нови знания относно миналото. Това могат да бъдат разпространение на култури, културни влияния, типове обекти, артефакти, миграции, промени на ландшафта и средата, и причините, довели до тях; откриване на закономерности и взаимовръзки между различни обекти и тяхната среда, както и за идентифициране на ландшафтните характеристики на обектите. Конкретни и често прилагани софтуерни функции са намиране на най-удобните локализации според дадени критерии, търсене на подходящи маршрути и комуникационни мрежи, определяне на видимостта от определена пространствена позиция, визуализация на терена с ефекта *hillshade* (засенчване) и т.н. Чрез ГИС-ми са създавани модели, които симулират различни ситуации, основани на хипотези. Такива модели могат да изследват извършването на дейности в миналото, като показват подходящите за тях ареали с оглед на природните дадености, могат да анализират дейностите от гледна точка на влагането на минимални усилия и ресурси за постигането на оптимални резултати (*Cost surface analysis*), могат да пресъздават ландшафт и среда (климат, релеф, хидрология, флора, фауна, бедствия), в които да бъдат поставени археологическите култури, да симулират социални феномени, процеси и ситуации като миграции, културни влияния, търговски взаимоотношения, демографски и етнически промени, да оценяват вероятността за наличие на обекти на дадена територия и пр. ГИС-ми дават възможност за представяне на резултатите от проучванията в геопропространствен аспект, като визуализацията може да бъде дву- и триизмерна⁶. Чрез ГИС-ми са създавани различни варианти на карти и дигитални теренни модели, според нуждите на изследването и на потребителя (Ненова 2010; Church, Brandon, Burgett 2006, 144-159; Gaffney, Stančić 1991; Johnson 2006; Renfrew, Bahn 1999, вж.: Index: Geographic Information Systems; Westcott, Brandon 2006; White 2002, 18-19).

Възможностите за виртуална работа чрез ГИС са многобройни и разностранни. Според някои специалисти те са ограничени единствено от фантазията и уменията на потребителя.

Създаване на прогнозен модел

Създаването на прогнозен модел обичайно минава през няколко етапа.

в Рим, август 2009 в Тиручирапали, Индия) (<http://www.arqueologiamedieval.com/noticias/3353/>);
-Aerial Archaeology Research Group (AARG) ежегодни конференции (<http://www.univie.ac.at/aarg/php/cms/about/about-aarg>).

6 Триизмерното представяне в ГИС среда е условно, тъй като дигиталните „триизмерни“ (3-D) карти нямат обем, а представляват слой, представляващ релефа. Поради това, в ГИС се използва понятието 2,5-измерни визуализации (2,5-D).

Първият, подготвителен етап, е свързан със следните дейности:

- определяне на пространствените параметри на модела;
- създаване на база данни, което минава през три етапа:

- 1) концептуален – определяне на целите и функциите;
- 2) логически – определяне на взаимовръзките между елементите и

3) физически, който включва събиране на археологическа информация за обекти от териториалния обхват на модела и от съседни територии и организиране на информацията по групи и класове, според геопространствения и времевия контекст, тип и т.н.;

- дигитализиране на данните и привеждането им във вид, подходящ за статистически и геопространствен анализ;
- провеждане на теренна работа (издирвания, интервюта с местни жители и т.н.) за проверка, допълване на липсваща информация (за местоположението, пространствения контекст, количествените и качествени характеристики на археологически обекти) и добавяне на нова. Възможно е теренната работа да бъде проведена на представителна част от територията на прогнозния модел.
- преглед на археологическата и историческата литература, свързана с обекта на изследване на прогнозния модел, с цел формиране на хипотези, на които ще бъде основано прогнозирането: пространствени модели, разпространение на обекти, акумулиране на артефакти и пр.
- осигуряване на дигитален теренен модел;
- привличане на разнообразни географски информационни източници – аерофотографии, стари и съвременни топографски карти, почвени, геоложки карти и т.н.
- събиране на информация, необходима за реконструиране на палеосредата;
- конвертиране на векторните карти и дигитални теренни модели в растерни⁷ и т.н.

Вторият, аналитичен, етап включва:

- анализ на базата данни и идентифициране на онези фактори, които са от значение за прогнозирането;
- оценяване на значението на отделните фактори и степенуване на силата и стойността на всеки фактор според степента на проявяването му;
- реконструиране на палеоландшафта и палеосредата;
- определяне на растерния формат на прогнозния модел⁸

Третият, същински, етап обхваща:

- създаване на отделните информационни слоеве на модела;
- чрез овърлей анализ, на базата на съчетаването от пространствено обуслове-

⁷ При растерния формат картната основа или дигиталният теренен модел са организирани (разделени) в правоъгълна решетка от еднакви по форма и размери клетки – пиксели, подредени в редове и колони.

⁸ При определянето на размера на клетките (пикселите) трябва да бъде спазен балансът между необходимата прецизност и прекаленото обобщаване на информацията и резултатите. Пикселите трябва са съобразени с целите на прогнозния модел и обектите на прогнозиране. Резолуцията трябва да е достатъчна, за да бъдат показани на картата и най-малките гео-пространствени елементи (фактори), които имат значение за прогнозирането, както и да ограничи максимално представянето на резултатите (Dalla Bona 1994a, 8; Kathleen, Sydoriak 2006, 109, 111-115).

ни фактори, територията на модела се разделя на зони с различен археологически потенциал (обикновено в три категории – висок, нисък и среден).

Четвъртият „заключителен“ етап предполага:

- верификация – проверка на верността на прогнозите чрез работа на терен;
- въз основа на резултатите моделът бива усъвършенстван;
- добавяне на нова информация в базата данни.

Откриването на нови обекти и преосмислянето на наличната информация може да доведе до нови концепции и теории относно теренните модели и разпределението на археологическите обекти в пространството, което следва да бъде отразено и в прогнозния модел. Неговото усъвършенстване и добавянето на информация е процес, който би трябвало да е непрекъснат и да продължи успоредно с използването му.

ПОДХОДИ ПРИ СЪЗДАВАНЕТО НА ПРОГНОЗНИ МОДЕЛИ

Графичен / картографски подход

При този подход е използван метод на припокриване (*овърлей*) на информационните слоеве на модела, представени графично върху картна основа. Всеки слой представлява отделна характеристика (фактор) или индикатор. Промяната на значението им в пространството също трябва да бъде означено. Припокриването на повече характеристики в една зона увеличава вероятността за наличие на археологически паметници там. При този подход, при оценяване на резултатите от *овърлей* анализа и значението на комбинациите от фактори за прогнозирането, се прилагат статистически изчисления (Dalla Bona 1994b, 10-12).

Числов/геостатистически подход

При този подход взаимовръзките между местоположението на даден обект и характеристиките, които го предопределят, са представяни посредством числови стойности. Всяка характеристика получава определена стойност, след което се преминава към прилагане на статистически методи и изчисления, които очертават ареали с различен потенциал за наличие на археологически обекти. Натрупването на повече характеристики увеличава потенциала на района, където те са представени. При по-опростените модели отделните характеристики получават еднаква числова стойност. Такъв подход, обаче, не води до обективни резултати, тъй като различните характеристики имат различно значение за местоположението на даден археологически обект. Например, за общество, което е живяло в несигурност и опасност, естествено защитените и труднодостъпни места ще са от по-голямо значение за създаване на селище, отколкото плодородните, но незащитени пространства. Ето защо, според важността си, характеристиките на ландшафта следва да получат различна стойност. При по-сложните модели, според интензитета им, те биват разделяни и на категории, които са с различна оценка. Това е т. нар. **Weighted Value Method**⁹. Той е ясно демонстриран в студия на канадеца Люк Дала Бона (Luke Dalla Bona), един от доайените в прогнозното моделиране, посветена на методите на моделирането:

9 Метод на претеглената стойност.

ХАРАКТЕРИСТИКА (Тегло=W)	КАТЕГОРИЯ	ПРОМЕНЛИВА	СТОЙНОСТ (Value- V)	ПРЕТЕГЛЕНА СТОЙНОСТ (W x V)
Близост до вода (W=3)	I-ва	0-100m	3	9
	II-ра	101-250m	2	6
	III-та	251m+	1	3
Влажност на почвата (W=3)	I-ва	суха	3	9
	II-ра	влажна	2	6
	III-та	мокра	1	3
Наклон (W=2)	I-ва	0-5°	3	6
	II-ра	6+°	1	2

За илюстрирането на метода са взети три характеристики: близост до водоизточник, влажност на почвата, наклон на терена. Първите две са от по-голямо значение, поради което получават по-висока първоначална стойност (3) в сравнение с третата (2). Всяка една характеристика е разделена на категории, които получават различна оценка. Близостта до вода, например, има три категории: 0-100 м, 101-250 м, 251м+, които имат съответни стойности: 3, 2, 1. Крайната, т.нар. *претеглена стойност*, се получава като се умножат стойностите на характеристиката и категорията ($W \times V$) (Dalla Bona 1994b, 14–15).

Този метод е оценяван като един от най-прецизните за прогнозно моделиране, но е рядко прилаган, поради сложността си, необходимостта от прилагане на статистически изчисления и, преди всичко, поради условието за доброто познаване на археологическите култури и обекти, необходимо за обективното поставяне на оценки на характеристиките им (Dalla Bona 1994b, 6, 14–15).

Понякога при създаването на прогнозни модели са използвани и двата подхода, картографски и числов, което осигурява повече възможности при анализирането на наличната база данни, създаването на хипотези за идентифициране на археологически обекти и постигането на обективни резултати (Dalla Bona 1994b, 6, 14–15; Verhagen 2007, 15).

Видове прогнозни модели

Прогнозните модели могат да бъдат разделени в две групи: (1) такива, чиито прогнози са основани на богата база данни и статистически изведени взаимовръзки между обектите и индикиращите фактори и (2) такива, чиито прогнози са основани на теории. Така се разграничават двата подхода, прилагани в създаването на прогнозни модели – *индуктивен* и *дедуктивен*. При *индуктивния* подход се събира наличната база данни за археологическите обекти в даден регион, правят се констатации относно връзката им с околната среда, като се идентифицират специфичните характеристики, предопределящи наличието на паметници на дадено място. Следващата стъпка е идентифициране на места със същите или със сходни характеристики в проучваната територия. Този подход е подходящ за региони, където са провеждани археологически проучвания и е натрупана богата база данни, която може да бъде използвана като основа за модела. Той, обаче, е неудачен, когато базата данни е непълна, което е често срещан проблем. Критиците на индуктивните модели изреждат

редица слабости по отношение на базата данни, които рефлектират върху прогнозирането – недостатъчно изследвания за даден регион, различно качество на проучване и документиране, липса на унифицирани стандарти за археологическа документация, грешки при интерпретирането на обектите и техните ландшафти, липса на информация за географския контекст и т. н. Друг недостатък е, че такъв модел няма възможност да идентифицира паметници от тип, какъвто до момента не е регистриран. Пример за противоречивите резултати на индуктивен модел е опитът за създаване на първата прогнозна карта на Холандия. Причината за частичния и успех е липсата на археологически проучвания в някои региони, което прави невъзможно събирането на база данни и, съответно – прогнозирането (Verhagen 2007, 18-20). Този подход е свързан с вложение на сериозни средства и е трудоемък, именно поради събирането на достъпната археологическа информация, проверяването на достоверността ѝ и трансформирането ѝ във вид, подходящ за ГИС манипулации и анализи.

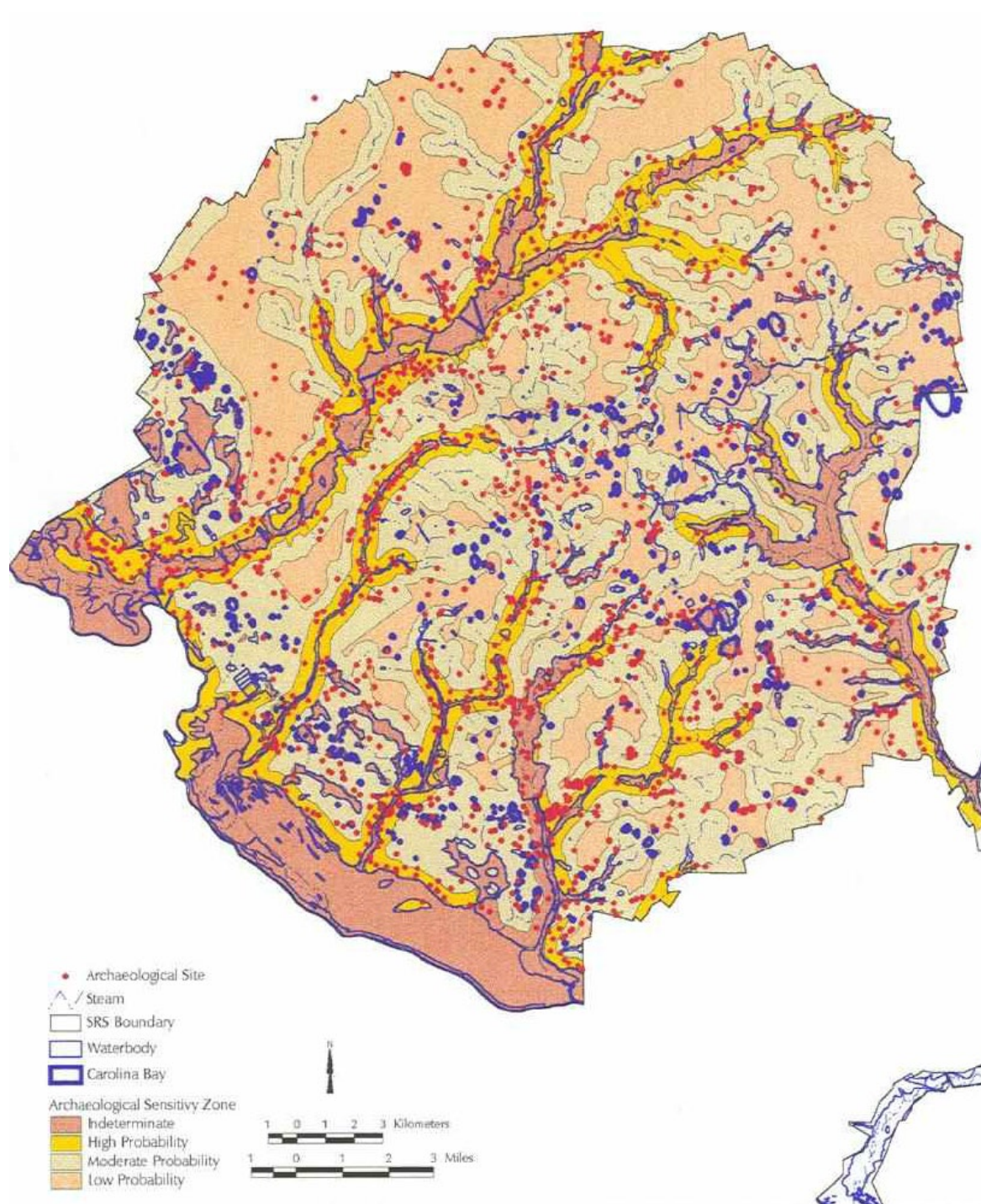
Дедуктивният подход е основан на теории, относно поведението на древните общества и вземането на решения относно местата, подходящи за обитаване или за извършване на дадена дейност. При него е необходимо добро познаване на археологическите култури, като условие за създаването на аргументирани предположения. Той не е зависим до такава степен от базата данни, което често го прави по-реализуем, изисква по-малко средства и техническа работа (създаване на база данни, подходяща за статистически анализи), а и може да бъде прилаган за региони, където няма проучвания и преките паралели с регистрирани обекти са невъзможни или ограничени.

В докторската си теза Филип Верхаген от университета на гр. Лайден, Холандия отбелязва, че прогнозните модели в повечето случаи не могат да бъдат определени като *индуктивни* или *дедуктивни* и, че обикновено те съдържат и двата подхода, но в различно съотношение. При *индуктивните*, натрупването на база данни обикновено води до теории относно миналите общества и местата, които са предпочитали за дадени дейности, а от друга страна, *дедуктивните* подходи и създадените теории са основани на познаване на културите на обществата, което е постигнато чрез натрупване на емпиричен материал (Verhagen 2007, 17; Dalla Bona 1994b, 6-11).

Прогнозни карти

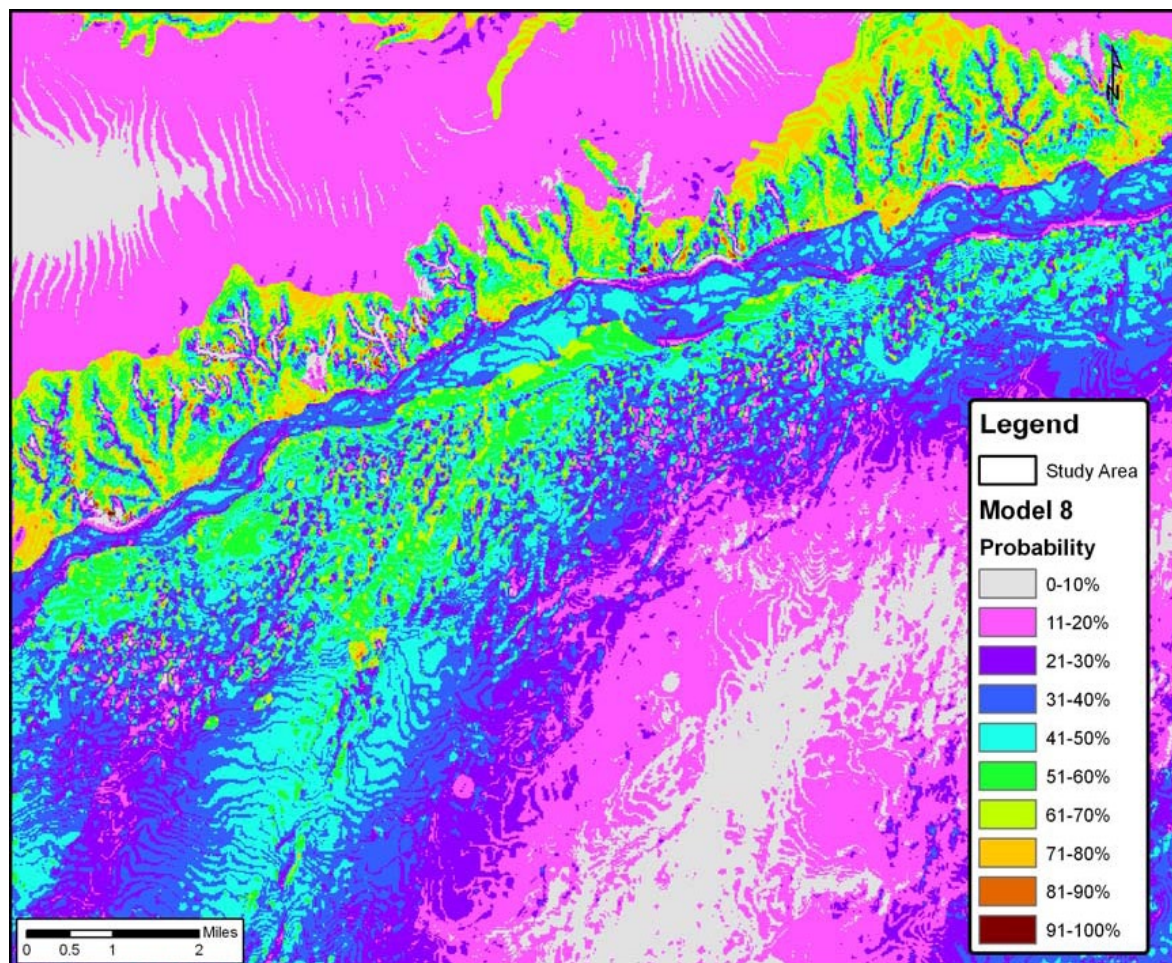
Резултатът от прогнозните модели са цифрови карти на изследваната територия. На някои са обозначени конкретни места, където можем да очакваме наличие на определен археологически паметник. При други карти, според степента на археологическия потенциал, територията е разделена на участъци, представена обобщено като висока, ниска, средна или в процентни стойности (Обр. 1, 2, 3, 4). Така например, прогнозен модел, целящ локализиране на потънали кораби, може да посочи района на даден риф като място с висока вероятност за установяване на корабокрушения. По-ниски стойности ще имат традиционни маршрути на корабоплаването. Те ще бъдат зонирани на базата на редица фактори, като интензивност на корабоплаването в различните участъци, рискове (ветрове, бури, течения, пирати, видимост), исторически сведения, археологически материали и др. Още по-ниски стойности на вероятност ще има онази акватория, попадаща встрани от морските маршрути.

Главна цел на прогнозното моделиране е да бъде преодолян в по-голяма степен субективизмът при преценката. То е основано на принципи, които са формулирани,



Обр. 1. Прогнозна карта на долината на р. Савана, Южна Каролина, САЩ, с означени зони с различна вероятност за наличие на археологически обекти: неопределена, ниска, средна, висока. Прогнозната карта е предоставена от Д-р. Mark Groover (Groover 2002, 4, Fig.1)

Fig. 1. Predictive map of Savannah River valley, South Carolina State, USA, with indicated zones with different archaeological sensitivity: indeterminate, high, medium, and low. By courtesy of Dr. Mark Groover (Groover 2002, 4, Fig.1)

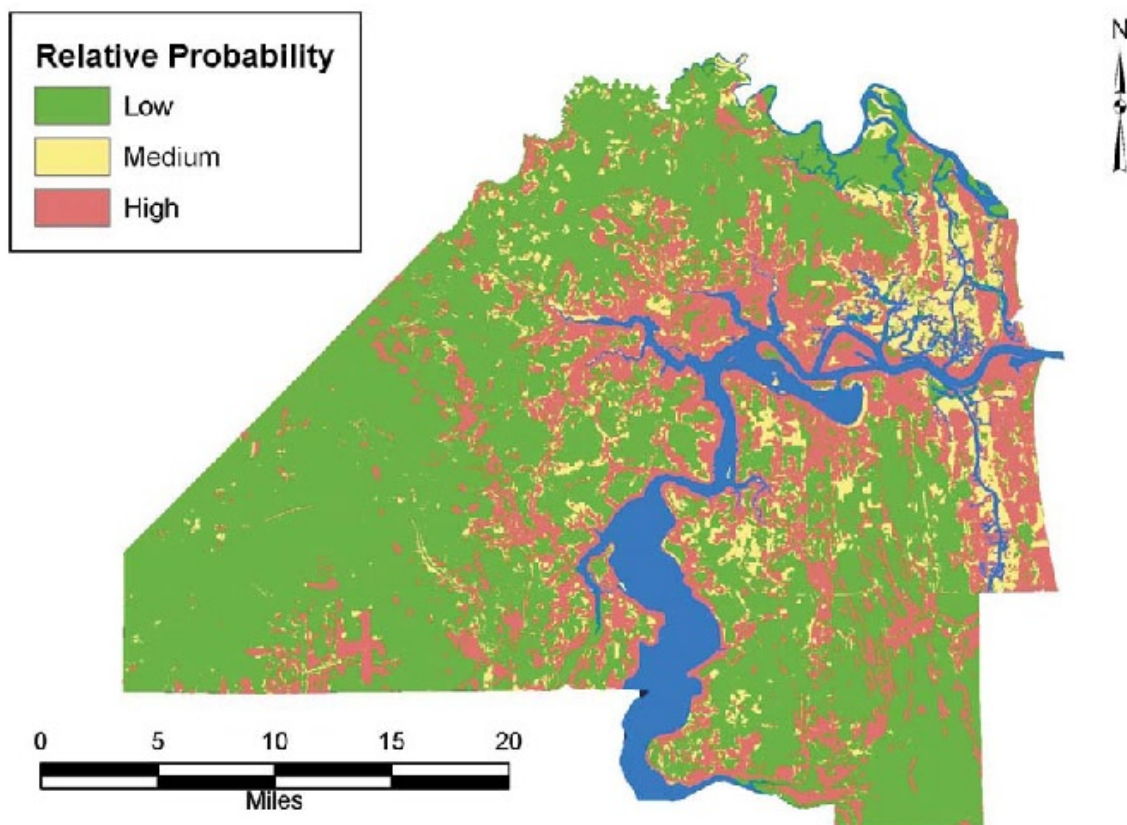


Обр. 2. Прогнозна карта на окръг Дювал, Флорида, САЩ, с означени зони с различна вероятност за наличие на археологически обекти: ниска, средна, висока. Прогнозната карта е предоставена от Д-р. Scott Madry (Madry, Cole, Seibel)

Fig. 2. Predictive map of Duval county, Florida, USA, with indicated zones with different archaeological sensitivity: high, medium, and low.
By courtesy of Dr. Scott Madry (Madry, Cole, Seibel)

обяснени, аргументирани. Всяко действие на системата и постигането на даден резултат, сиреч, на нова информация, е основано на причинно-следствена зависимост. Така се избягва интуитивността при прогнозирането. Този принцип е ясно формулиран в публикация на Liebestein, посветена на прогнозното моделиране в археологията: „Способността за прогнозиране е безполезна без способността за аргументиране. Независимо от верността си, простото предсказване няма научна стойност. Единствено онова умение за прогнозиране, основано на логични и обосновани аргументи, има научна тежест. Силата на прогнозирането е следствие на силата на обяснението” (Liebenstein 1976, 13 – цит. по Kohler, Parker 1986, 397) (Прев. авт.¹⁰). Ето защо прогнозните карти са придружени с

10 “Predictive capacity without explanatory capacity is worthless. Mere clairvoyance irrespective of its sharpness, does not have scientific standing. Only predictive capacity that arises out of having coherent and communicable explanations has scientific standing. The power to predict is subsidiary to the power to explain” (Liebenstein 1976, 13 – цит. по Kohler, Parker 1986, 397).



Обр. 3. Прогнозна карта на окръг Сейнт Джонс, Флорида, САЩ, с означени зони с различна вероятност за наличие на археологически обекти: ниска, средна, висока.

Прогнозната карта е предоставена от Д-р. Scott Madry (Madry, Cole, Seibel)

Fig. 3. Predictive map of St. Johns county, Florida, with indicated zones with different archaeological sensitivity: high, medium, and low. By courtesy of Dr. Scott Madry (Madry, Cole, Seibel)

детайлно обяснение защо обозначените на тях зони са оценени със съответния археологически потенциал и какви обекти очакваме да попадат в тях.

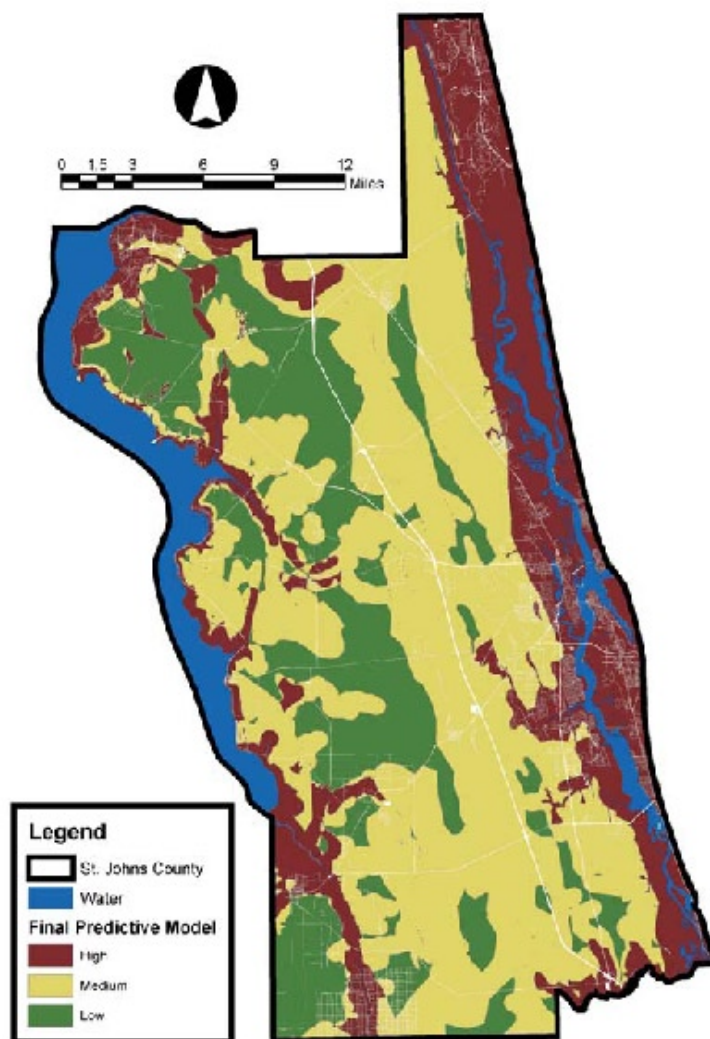
Верификация

След като моделът е готов, той трябва да бъде тестван по предварително разработена стратегия. Именно тогава ще бъде установено дали неговите предположения отговарят на действителността. Това става чрез археологическо теренно издирване, дистанционни методи за регистриране на археологически обекти (Тонков 2011; Johnson 2006), вземане на проби със сонди или археологически разкопки. В зависимост от мащабите на проучваната територия и от наличните ресурси, може да бъде тествана представителна част от цялата територия/акватория. Ако резултатите са положителни и моделът докаже надеждността си, може да се премине към неговото прилагане.

В случаите, когато проверката покаже пропуски и неточност при прогнозирането, след анализиране на несъответствията между прогнозите и действителността,

Обр. 4. Прогнозна карта на окръг Мортън, Канзас, САЩ, с означени зони с различна вероятност за наличие на археологически обекти в процентни стойности. Прогнозната карта е предоставена от Д-р. Joshua Stewart Campbell (Campbell 2006, 82, Fig. 4.19)

Fig. 4. Predictive map of Morton County, Kansas, USA, with indicated zones with different archaeological sensitivity in percentages. By courtesy of Dr. Joshua Stewart Campbell (Campbell 2006, 82, Fig. 4.19)



параметрите на модела трябва да бъдат променени.

Приложение

Прогнозното моделиране намира широко приложение при проучването, опазването на културно-историческото наследство, а също така при планирането на дейности, засягащи ландшафта и, съответно, потенциалните археологически обекти.

Научното значение на прогнозирането е главно при изследването на обширни, слабо проучени или непроучени територии. Осъществяването на теренно издирване върху голяма площ е начинание, изискващо сериозни ресурси – финансови средства, многочислен екип и продължителност на проекта, още повече, когато е съпроводен с дистанционни методи на археологическо дирене и сондажи. Прогнозният модел дава възможност на изследователите да насочат вниманието си и да концентрират усилията си на определени места с по-висока вероятност за наличие на археологически обекти, като по този начин спестяват финансови средства и човешки ресурси, и осигуряват възможност за постигане на по-добри резултати. Насочено търсене въз основа на прогнозен модел е особено удачно за области със слабо развита или несъществува-

ща пътна инфраструктура и при труднодостъпни територии, като гористи, блатисти, скалисти, планински местности, както и при изследването на водни басейни. Проучването на дъното на морета и водоеми е силно зависимо от условията на околната среда и е свързано с вложението на сериозни финансови средства, ангажирането на екип от специалисти и използването на, често пъти, трудно достъпна техника, като подводници, апарати с дистанционно управление, ехолоти, сонари и т.н. Практиката показва, че пълното обследване на дадена акватория трудно постига положителни резултати поради натрупаните седименти и сложността за осъществяване на подобно проучване. Прогнозирането е удачно решение на проблема, тъй като насочва към конкретни места, където, дори да няма видими археологически структури, могат да бъдат направени археологически сондажи, да бъдат взети проби чрез геоложки сонди или да бъдат приложени геофизични методи, за да бъдат проучени ситуации под повърхностния слой седименти и/или очертани древни терени, в случаите на потънали ландшафти.

Освен с чисто научни цели, прогнозни модели са създавани и с практическо предназначение. Такова е опазването и управлението на културно-историческото наследство там, където няма достатъчно детайлна археологическа карта. Сведенията, които предоставят прогнозните модели, са използвани от институциите, които следят за опазване на археологическите паметници и техните ландшафти, като министерства, археологически институти, институции, отговарящи за паметниците на културата, музеи, общини, дирекции на археологически и природни паркове и т.н. Въз основа на прогнозните карти те контролират извършването на дейности в поверените им области – осъществяване на инфраструктурни проекти, строителство на сгради и съоръжения, експлоатиране на природни ресурси, селскостопански дейности и т.н. Контролът включва забрана или разрешение, налагане на определени условия, като предварително археологическо проучване, археологическо наблюдение на работата и т.н.

Някои специалисти се отнасят критично към използването на прогнозни модели при вземането на решения относно опазването на археологическите паметници. Според тях, оценяването на определена територия като такава с нисък археологически потенциал и разрешаването на дейности там, е рискована и безотговорна практика. Те приемат използването на прогнозиране при защита на културно-историческото наследство единствено при ограничаването на дейности и налагането на предпазни мерки (Dalla Bona 1994b, 20).

Друг основен потребител на прогнозни модели са държавни институции и частни компании, осъществяващи мащабни дейности, засягащи ландшафта. Съобразяването с археологическите паметници е важен момент от планирането на такъв тип начинания. Понякога един археологически паметник/обект може да осуети предприятието начинание или да го оскъпи значително. Ето защо, често пъти инвеститори и изпълнители поръчват прогнозни модели и разработват проектите си въз основа на получената информация.

Всеки прогнозен модел, съответно създалят го екип, носи голяма отговорност, от една страна, към културно-историческото наследство, а от друга, към инвеститорите, които зависят и се съобразяват с него. Грешното прогнозиране може да е причина за разрушаването и безвъзвратната загуба на безценни археологически паметници и информация или за неудачното влагане на сериозни суми и усилия в дадено начинание. При използването на прогнозен модел трябва да се има предвид, че **неговите**

результати са, всъщност, едно аргументирано предположение. Той може да даде указания, насоки и препоръки, но винаги остава рискът от грешно прогнозиране, който на този етап е неизбежен (Kamermans, Leusen, Verhagen 2008, 7).

Някои неудачни модели и последствията от грешно прогнозиране са причина за критика и скептично отношение към този археологически метод (Kamermans, Leusen, Verhagen 2008, 9-13; Dalla Bona 1994b, 6; Verhagen 2007, 15 и цит. там л-ра.). От втората половина на 80-те г. на 20 в. това провокира редица научни дискусии относно надеждността на теориите и методите, върху които са основани прогнозните модели (Leusen, Kamermans 2005b, 7).

Фактът, обаче, че в началото на 21 в. прогнозирането намира широко приложение при редица археологически дирения, опазването и управлението на културно-историческото наследство, както и при планирането на строителни и производствени дейности, е красноречиво свидетелство за ползата му и успешното му прилагане. Натрупаният опит от многото реализирани проекти е основа за успешното създаване на модели, при които в максимална степен да бъдат намалени рисковете и постигнати положителни резултати.

Развитие на прогнозното моделиране за целите на археологията: началото

През около 40 годишната си история *прогнозното моделиране* бележи сериозно развитие, основано на редица реализирани проекти. Началото е поставено в края на 50-те и през 60-те години на 20 в. в проучванията и теоретичните подходи на някои археолози, но като самостоятелно направление в археологията се обособява към края на 70-те и началото на 80-те години (Dalla Bona 1994b, 5-6). Възникването му е свързано с развитието на т.нар. *Археология на селищните модели*, създадена през 50-те и 60-те г. на 20 в., като опит да бъдат обяснени принципите, на които се основават възникването, съществуването и функционирането на селищата и селищните системи. Първоначалните проучвания са сведени основно до натрупването на информация и извеждането на заключения относно характеристиките на модела за даден район – онези, предопределящи възникването на селища, взаимоотношенията между тях, йерархията помежду им. От 60-те години анализирането на селищните структури се свързва тясно с географията, което дава възможности за над-локални, глобални проучвания (Dalla Bona 1994b, 3-6). От 70-те години употребата на компютри открива широки перспективи пред новото археологическо направление. С новите технологии могат да бъдат събирани, съхранявани и анализирани големи количества данни, да бъдат прецизирани резултатите от проучванията, а също така – поставяни нови въпроси, основани на наличната информация. Те дават възможност за прилагането на статистическа обработка на бази данни и за пространствен анализ, резултат от което са основополагащи трудове като *Пространствен анализ в археологията* на Йън Ходър и К. Ортън (Hodder, Orton 1976), *Пространствена археология* на Д. Кларк (Clarke 1977) и др. Въз основа на натрупания емпиричен материал, през 60-те и 70-те г. на 20 в. са създадени различни подходи, направления и теории в археологията, като т.нар. *Те-*

ория на географския детерминизъм, Ландшафтна археология¹¹, *Site catchment theory*¹², *Cost surface theory*¹³, Археология на антропогенните ландшафти¹⁴, Прогнозно моделиране и т.н (Renfrew, Bahn 2000). Прогнозирането на нелокализираните селища е естествена последица от натрупаните познания и новите методи на проучване. Ако проумеем причините за възникването и съществуването на едно селище на дадено място, можем да използваме тази информация с обратен знак, за да предположим съществуването на сходно селище на друго място, притежаващо характеристиките на вече проученото.

Първоначално прогнозното моделиране се развива като теоретична концепция, възможен и перспективен подход в археологическото проучване. Впоследствие са направени и опити за практическото му прилагане. Един от първите модели е създаден в началото на 70-те г. на 20 в. от Ернестин Грийн с цел идентифициране на селища на майте в Белиз, (Британски Хондурас). Характеристиките, които използва, са наличието и близостта на археологическите обекти до природни дадености от основно икономическо значение, като плодородни почви, флора и водни пътни артерии. Прогнозирането не дава приложими резултати, тъй като посочените потенциални територии са твърде обширни. Въпреки това, този първи опит е от значение за изграждане на методологията на прогнозното моделиране и прилагането му (Dalla Bona 1994b, 19). Приблизително по същото време е реализиран проект за локализиране на зимните селища на индианското население по долината на р. Рийс, Централна Невада. Проектът е част от мащабно изследване на селищните системи в Югозападната част на Северна Америка. Теренно издирване констатира наличие на търсените обекти на 85% от посочените от модела места (Dalla Bona 1994b, 17-19).

След като този метод доказва надеждността си за идентифициране на селища, започва разработването и прилагането му и за други типове археологически обекти – временни лагери на ловци и събирачи, места свързани с икономически дейности и пр.

Законодателна основа за опазването на културното наследство и ролята на прогнозното моделиране

От 80-те години на 20 в. насетне прогнозното моделиране се утвърждава като важен метод за теренно проучване и анализ на информацията в съвременната археология. Това е свързано и с политиката за опазване на културното наследство, първоначално в САЩ и Канада, а впоследствие и в Европа. През 1966 г. в САЩ е приет *Национален указ за защита на миналото (The National Historic Preservation Act)*, чиято задача

11 Ландшафтна археология – направление в археологията поставящо обектите на изследване в географския им и топологически контекст. Основната идея е, че обектите могат да бъдат правилно интерпретирани, единствено когато са разглеждани в естествената им среда.

12 *Site catchment theory/model /analysis* – изборът на място за обитаване често е съобразен с икономическите дейности на населението и природните ресурси, от които то се ползва. Според теорията, човекът е избирал такова място за заселване, което би го улеснило максимално и би му спестило време и усилия при извършване на основните дейности.

13 *Cost surface theory/analysis/model* (Пространствен анализ на усилията) – метод за моделиране на възприемането на околното пространство от древния човек и усилията, които са били необходими за постигането на дадена цел чрез преодоляване на бариерите на околната среда.

14 Археология на антропогенните ландшафти – направление в археологията, изучаващо как хората променят и оформят, съзнателно или несъзнателно, заобикалящата ги среда.

е опазването на културно-историческото наследство на САЩ. С указа са създадени *Национален регистър на историческите места* (*National Register of Historic Places*), *Списък на национални исторически забележителности от особено значение* (*National Historic Landmarks*) и *Държавни дирекции за опазване на миналото* (*State Historic Preservation Offices*). Задачата на дирекциите е идентифициране и проучване на историческите паметници, актуализиране на *Списъка на националните исторически забележителности*, а също така – оценяване на влиянието на проекти, финансирани или разрешени от държавата, върху историческите паметници – сгради, археологически обекти, техните ландшафти и др. Тази държавна политика дава своите резултати, сред които са и създаването на първите прогнозни модели в полза на управлението на културно-историческото наследство и на териториалното планиране. Всеки щат създава свои дирекции със собствени вътрешни правила, уредба и бюджет за осъществяване на поставените отговорности. Служители на дирекциите (*State Historic Preservation Officers*) управляват федералните ресурси за опазване на културно-историческото наследство в Националните паркове (*National Park Service*). Сред задачите на управителите на Националните паркове са идентифициране на археологически паметници в поверените им територии, картирането им, вписването им в регистри, описване на актуалното им състояние и предписания за необходимите мерки за опазването им, ако са налице някакви рискове. Тяхна отговорност е и издаване на разрешителни за осъществяване на проекти, оценка на въздействието им върху археологическите паметници и изготвяне на предписания за дейностите, които следва да бъдат предприети (проучване, описване, консервация, реставрация и т.н.). Невъзможността на наличните екипи да проучат чрез пълно теренно издирване огромните неизследвани територии, от една страна, а от друга – необходимостта от сведения за тези области, нужни за правилното им управление, насочват парковите служители към удачното решение на проблема чрез създаването на прогнозни модели. Те биха ги ориентирали към конкретни места с висока вероятност за наличие на археологически обекти и биха били аргумент при вземането на решения относно управлението на области, за които няма необходимата информация. За осъществяването на тази цел са сформирани изследователски екипи, обединяващи различни специалисти: археолози, картографи, паркови служители, специалисти в сферата на компютърните технологии, статистиката и т.н. Резултатът е създаването на множество прогнозни модели за различни региони в САЩ и Канада, основно национални паркове. Основната част от тях, обаче, не стават обществено достояние, не са публикувани, а остават в архивите на поръчителите. Така, придобитата опитност и познание, използваната методология и резултатите, рядко достигат широки научни среди и дават съответния принос при развитието на прогнозното моделиране като методология, теоретична концепция и прилагане (Dalla Bona 1994a; Dalla Bona 1994b). Днес този проблем е преодолян поради изискванията за прозрачност на проектите, финансирани от обществени, държавни или наддържавни фондове, за публично оповестяване на резултатите и отчет на извършените дейности и изразходваните ресурси. Значителна част от създадените и приложени/прилагани прогнозни модели биват публикувани или в Интернет, или на хартиен носител.

Важна роля за опазването и управлението на културното наследство, а оттам – и на прогнозното моделиране в Европа, има *Европейската Конвенцията за опазване на археологическото наследство* от Ла Валета, Малта от 1992 г. (*European Convention on the Protection of Archaeological Heritage*). Тя е основана на постигнатото от по-ранните

конвенции¹⁵, засягащи тази тема, като изменя някои принципи и въвежда нови. Сред тях са и ангажиментите на ратифициралите я страни да провеждат активна политика за идентифициране, документиране, опазване и проучване на археологическите обекти и техните ландшафти, чрез обезпечаване на необходимата законова среда, създаване и подкрепа на институции, гарантиращи качествено прилагане на принципите на Конвенцията, залагането в бюджета на средства, необходими за осъществяване на поставените цели. Някои от клаузите касаят *политиката на планиране, чиято цел е да бъдат осигурени добре балансиран стратегии за опазване на археологическите паметници* (член V, 1-a)¹⁶, *гарантиране на необходимите средства за предварителни археологически изследвания и проучвания от значение за териториалното планиране* (член VI, 2-б)¹⁷, и *създаването или актуализирането на изследванията, регистрите и картите на археологическите обекти* (член VII, 1)¹⁸. Всички страни-членки по конвенцията са задължени да създадат необходимите условия (собствени закони, институции, проекти и политики), за да постигнат прилагането на принципите ѝ. В отделните държави Конвенцията има различно влияние и последствия. Тъй като утвърждава необходимостта от териториално планиране с оглед на опазване на културно-историческото наследство и провеждането на предварителни проучвания чрез съвременни методи, Конвенцията допринася за развитието на прогнозното моделиране в редица европейски държави, изпълняващи реално поетите ангажименти.

Подобно е значението и на друга европейска спогодба – **Европейска конвенция за ландшафта (European Landscape Convention)**, приета на 20.10.2000 г. във Флоренция и влязла в сила на 1 март 2004 г. Според нея ландшафтът е *резултат на действия и взаимодействия между природни и/или човешки фактори*. Археологическото наследство е негов важен елемент и, като такъв, попада под юрисдикцията на конвенцията. Всяка от ратифициралите я държави се задължава да:

- *идентифицира ландшафтите на своя територия, да анализира техните характеристики, както и силите и въздействията, които ги трансформират, а също така да регистрира промените;*
- *направи оценка на идентифицираните ландшафти, вземайки под внимание специфичните ценности, които заинтересованите страни и населението им придават;*
- *приеме инструменти, целящи опазване, управление и/или планиране на ландшафтите* (чл. 5 и чл. 6).

Въпреки ратифицирането на тези конвенции от повечето европейски държави,

15 Европейската културна конвенция, подписана в Париж на 19.12.1954 г. и, по-конкретно, чл. 1 и 5 от нея, Конвенцията за опазването на архитектурното наследство на Европа, подписана в Гранада на 3.10.1985 г., Европейската конвенция за престъпленията по отношение на културните ценности, подписана в Делфи на 23.6.1985 г., препоръките на Парламентарната асамблея във връзка с археологията и по-конкретно, Препоръки 848 (1978), 921 (1981) и 1072 (1988), Препоръка № Р (89) 5 относно опазването и обогатяването на археологическото наследство в контекста на градоустройствените дейности и териториалното планиране и Европейската конвенция за опазването на археологическото наследство, подписана в Лондон на 6 май 1969 г.

16 Article 5, 1- ... in planning policies designed to ensure well-balanced strategies for the protection, conservation and enhancement of sites of archaeological interest”

17 Article 6, 2-b ... by making provision in the budget relating to these schemes in the same way as for the impact studies necessitated by environmental and regional planning precautions, for preliminary archaeological study and prospection, for a scientific summary record as well as for the full publication and recording of the findings”

18 Article 7, 1 ... to make or bring up to date surveys, inventories and maps of archaeological sites in the areas within its jurisdiction”

техните правила са прилагани в различна степен във всяка една от тях. Тяхното налагане е едно от основните предизвикателства пред съвременното европейско общество, стремящо се да следва принципите на устойчивото развитие.

Световната практика на прогнозното моделиране за целите на археологията

От възникването на прогнозното моделиране, като подход и метод за археологическо проучване, до днес са създадени редица прогнозни модели с различно предназначение, обхват и мащаб. Някои са фокусирани върху определен тип обекти, докато други целят идентифицирането и локализирането на всички паметници в даден регион. Всеки модел е специфичен и уникален, свързан с особеностите на обектите, които изследва и спецификите на средата, в която те са ситуирани.

Създаването на прогнозни модели и карти е застъпено в различна степен в различните държави. Водещи са САЩ и Канада, като причините за това са законодателството, неговото съблюдаване и прилагането на иновационни методи за археологическо проучване и, преди всичко, на ГИС-ми. Най-мащабните, амбициозни и високобюджетни прогнозни модели са реализирани в **САЩ**. Такъв е *прогнозният модел на щата Минесота (Minnesota Archaeological Predictive Model)* (<http://www.mnmodel.dot.state.mn.us/index.html>), създаден с цел проучване, опазване и управление на културното-историческото наследство. Разработен е в периода 1995-1998 г., като е доразвиван през следващите години. Крайният резултат е прогнозна карта, с размери на пикселите 30x30 м², за цялата територия на щата (225365 км²), визираща всички археологически и исторически паметници отпреди 1837 г. Пикселите са разделени в три категории – с висок, среден и нисък археологически потенциал. За областите, за които няма достатъчно данни, необходими за прогнозиране, пикселите не получават оценка. Двайсет и три процента от територията е оценена с висока и средна вероятност, като 85,5 % от вече регистрираните обекти попадат там. На същия принцип е създадена отделна карта на вече проучените области, която дава възможност за сравняване на резултатите от проучванията с прогнозите на модела и преоценка на надеждността на наличните археологически карти.

Ползвател на прогнозната карта е държавната администрация, отговорна за културно-историческото наследство. След създаването на модела, регулярно са провеждани учебни курсове за ползването му, предназначени за държавни служители.

Моделът е прилаган интензивно при проучванията, вземането на решения относно стартирането на проекти, засягащи околната среда, и планирането на редица инициативи. Бюджетът за създаването му е 4,5 млн. долара, отпуснати от *US Department of Transportation, Federal Highway Administration*. Икономическата оценка е, че през първите две години от прилагането му, разходите, предвидени за теренни издирвания и проучвания, свързани с планирането на инфраструктурни проекти, намаляват с 6 млн USD (Mn/Model).

Друг мащабен прогнозен модел е този на щата **Северна Каролина** (<http://www.informatics.org/ncdot/index.html>), започнал в самото начало на 21 в. Инициатор на проекта е *Министерството на транспорта (North Carolina Department of Transportation)*, а основната цел е планиране на развитието на пътната мрежа, съобразено с културното наследство. Прогнозните карти са предназначени и за други държавни организации,

като министерства, общини, агенции, институти, паркови институции и др., които следва да планират териториалните си проекти въз основа на модела, като по този начин спестяват държавни разходи и опазват в максимална степен археологическите паметници. Прогнозната растерна карта обхваща цялата територия на щата (139 480 км².) и е с пиксели 30x30 м². За създаването на модела трябва да бъдат дигитализирани, класифицирани и инкорпорирани 37000 известни археологически обекта. Предвидената стойност на проекта е приблизително 5 млн. USD (North Carolina GIS Archaeological predictive model).

Първата европейска държавна прогнозна карта е създадена през 1997 г. в Холандия. Проектът е финансиран от правителството чрез *Холандския фонд за научни изследвания (Dutch Organization for Scientific Research)*. Този първи опит за прогнозен модел на държавно ниво има противоречив успех. Причината е, че наличната археологическа база данни е непълна и не отговаря на реалната археологическа ситуация, а и под внимание са взети ограничен брой географски характеристики. В някои райони проучвания не са провеждани, което прави невъзможно създаването на надеждна карта за тях. Създаденият модел е доразвиван и усъвършенстван през следващите години, но прилагането му е сведено едва до началните етапи на планиране на проекти, без да бъде възприето като сигурен източник на информация.

Оповестяването на холандската прогнозна карта предизвиква широк интерес и дискусии сред академичните среди, като резултатът е създаването на проект, наречен *Стратегическо проучване и разработване на удачни практики за прогнозно моделиране в полза на управлението на холандското културно наследство*¹⁹. Проектът обединява широк кръг от специалисти, сред които – археолози, ГИС експерти, информатици и т.н. Финансиран е през 2002 г. Причина за подкрепата му е активната и отговорна държавна политика при опазването на паметниците на културата, следваща принципите, заложиени в *Конвенцията от Валета* и в *Конвенцията от Флоренция* (Leusen, Kamermans 2005b, 7). **От края на 90-те г. холандското правителство позволява и насърчава участието на частни организации при проучването и управлението на културното наследство.** Като резултат, през следващите години са основани над 50 частни археологически компании. За осъществяването на държавен контрол са създадени стриктни правила, гарантиращи опазването на археологическите паметници. Те налагат и прилагането на прогнозиране при планирането на строителни, инфраструктурни, добивни и други проекти. Същевременно, правителството инвестира и в програмата *Опазване и развиване на археологическо-историческия ландшафт в Холандия*²⁰. Един от основните подходи за реализиране на мисията е прогнозното моделиране (Leusen, Kamermans 2005b, 7; Verhagen 2007, 18-20). **В края на 20-ти и началото на 21-и в., Холандия се изяснява като страна със съвременна, отговорна и адекватна политика по отношение на културно-историческото наследство.** Сред положителните резултати от нея са и успехите в прогнозното моделиране.

За разлика от ограничения брой прогнозни модели на държавно ниво, броят на тези на локално ниво е значителен. Такъв е прогнозният модел за горските територии на провинция **Онтарио, Канада**. Инициатор на проекта е *Министерството на природните ресурси (Ontario Ministry of Natural Resources)*, като в него участват още *Минис-*

19 "Strategic research into, and development of best practice for, predictive modeling on behalf of Dutch cultural resource management".

20 Protecting and Developing Archaeological-Historical Landscape in Netherlands (BBO)

терство на културата и туризма (*Ontario Ministry of Culture and Tourism and Recreation*), Министерството на развитието на северните територии и мини (*Ontario Ministry of Northern Development and Mines*) и Университетът Лейкхед. Създаването на модела за почва през 1991 г. и е част от програмата за опазване на културно-историческото наследство, намиращо се в границите на горските масиви. Целта е разработването на стратегия за управлението на природните ресурси, съобразена с културно-историческите паметници. Предвидени са редица стъпки за осъществяването на тази цел, сред които е създаването на прогнозен модел, който да бъде основен инструмент на отдела за управление на горите при взимането на решения. За една и съща територия са разработени два типа модели – индуктивен и дедуктивен. Взаимното им допълване и сравняване, съпроводено с теренно тестване на прогнозните им качества, цели както постигането на по-добри резултати, така и установяване на най-удачните методи за прогнозиране. Съпоставянето на двата модела показва, че повечето им прогнози съвпадат, но има специфични случаи, при които резултатите се различават.

Прогнозните модели определят около 5% от изследваните територии като притежаващи висок потенциал за наличие на археологически паметници. Проверката на модела, посредством вече регистрирани археологически обекти, дава обещаващи резултати – 80% от тях попадат в зоната с висок потенциал, 19,6 % – в тази със среден и едва 0,4 % – в нископотенциалната зона (Dalla Bona 1994a).

Пример за прогнозен модел, насочен към археологическите паметници в даден географски микрорайон, е този за **долината на р. Санта Круз, областта на гр. Тусън, Аризона**. Моделът е създаден от Андрю Маршал Уайт, магистър по география и ГИС-ми в Университета на Аризона. Авторът проявява скептицизъм към редица модели, които нямат строго дефинирани времеви рамки и приемат безкритично съвременния ландшафт като основа за прогнозирането. А. Уайт дава пример с обекта на изследването – долината на р. Санта Круз. Според представените и анализирани данни, от времето на първите заселници насам, ландшафтът и климатът непрекъснато са се изменяли. Това е оказвало влияние на селищните модели, земеделските и стопанските практики и социалната организация. Тези особености формулират основната цел на проекта – създаването на модел в ГИС среда, който да инкорпорира промяната на средата и адаптацията на древните общества.

Андрю Уайт създава единайсет отделни модела, като всеки един представя определен хронологически отрязък, който носи археологическа, палеоландшафтна и палеоклиматична информация. Направен е опит археологическите обекти да бъдат поставени в естествената им среда, с изричното уточнение, че са възможни грешки при реконструирането. Различните по тип обекти са разделени в отделни слоеве, което допълнително прецизира и улеснява анализа (White 2002).

За разлика от представените по-горе прогнозни модели, обхващащи всички археологически обекти от проучваната територия, съществуват и такива, фокусирани върху прогнозирането на определен тип паметници. Такъв е моделът за локализиране на римски керамични пещи в областта **Аргон, Североизточна Франция**. Целевият район обхваща над 700 км², заети от долини, равнини и хълмове, голяма част от които са покрити с гори. Между 1 и 5 в. в региона е била развита керамичната индустрия, като продукцията е била изнасяна в различни части на Северозападна Европа. Селищният модел през разглеждания период е представлявал селища, заобиколени от вили, стопанства и работилници за производство на керамика и стъкло. В повечето случаи керамичните работилници са имали кратък живот и са били местени от

едно място на друго, според търсенето на продукцията, както и според наличието и изчерпването на необходимите за производството природни ресурси.

През втората половина на 20 в. развитието на земеделието и реализирането на редица инфраструктурни проекти променят интензивно ландшафта в региона. Това налага предприемането на мерки за опазване на археологическите паметници чрез идентифицирането им и поставянето им под определен режим, гарантиращ опазването им.

Проектът за археологическо проучване на античните пещи е реализиран в периода 1996-1998. Осъществени са четири мащабни теренни издирвания и са създадени три прогнозни модела. След анализ на наличната информация са избрани характеристиките, предопределящи вероятността за наличие на керамични пещи – подходящи глинени, вода, дървен материал за гориво и подходящи за транспорт и търговия пътища. Като предпочитан релеф за изграждане на пещи е определен склонът, а като фактори от първостепенна важност са оценени глините и водата.

При изграждането на модела са използвани наличните релефни, почвени и археологически карти и проучвания, които са инкорпорирани в ГИС среда. Налагането на отделните слоеве и статистическият анализ идентифицират области с различен потенциал за наличие на археологически обекти, което улеснява теренните издирвания на тази обширна територия. Резултатът е откриването на над 60 керамични пещи, с което броят им в проучвания район нараства на 91 (до началото на проекта са известни около 30). Осемдесет и три от тях попадат в районите с висок и среден потенциал, посочени от прогнозния модел. Причината няколко пещи да бъдат локализирани в райони с нисък процент на вероятност се дължи, преди всичко, на недостатъци на почвената карта за района, използвана при изграждането на модела.

Успехът на модела се основава на няколко предпоставки. Основната е, че обектите на изследване са еднотипни – керамични пещи. Характеристиките, предопределящи местоположението им, са ясно формулирани – глинени, вода, дървен материал, пътища, наклон на терена, и са степенувани по важност. Главните измежду тях са устойчиви и не се променят през различните исторически периоди. В рамките на проекта са създадени три прогнозни модела, като всеки следващ е по-прецизен и дава по-точни прогнози. При третия, териториите с висок и нисък потенциал за наличие на археологически обекти нарастват за сметка на тези със среден, което е сериозен успех. Усъвършенстването на модела е въз основа на информацията придобита при теренните издирвания, които проверяват надеждността му и дават отговор на въпроси, които той поставя.

Създателите на модела стигат до следните изводи и препоръки, важни при разработването на прогнозни модели:

- обектите на изследване трябва да бъдат обособени по типове, всеки от които да бъде анализиран отделно и независимо;
- факторите и характеристиките, предопределящи местоположението, трябва да са конкретни и измерими, да са степенувани по важност и да свеждат резултатите от анализа до ограничени територии;
- прогнозирането е поетапен процес, при който създаденият модел непрекъснато следва да бъде усъвършенстван;
- успоредно с разработването на модела е добре да бъдат провеждани археологически издирвания, които да дават отговор на въпроси и хипотези, поставени от модела и да тестват надеждността му.

Важна предпоставка за успешно реализирания проект е сериозното му финансиране (около 600 000 Евро). Изразходваната сума, обаче, е една от причините за критиките и непопулярността на модела сред местната общност (Verhagen 2007, 29-40).

Освен многото модели, целящи идентифицирането на обекти и очертаването на области с различна степен на вероятност за наличие на археологически паметници, съществуват такива, чиито функции са по-скоро аналитични и са свързани с функционалността на ГИС модела. Такъв е създаден за района **Tricastin-Valadin, обхващащ долината по средното течение на Рона** и заемащ площ от над 1000 км². Областта е заета от речни долини и хълмисти предалпийски възвишения. От времето на епипалеолита до днес географският облик на района се е променил значително: руслата на реките многократно са се изменяли, някогашните речни долини са се запълвали с наноси, високите надречни тераси са ерозирали и т.н. Вследствие на динамичните ерозионни, наносни и утаечни процеси, редица археологически паметници са погребани под различни по обем земни пластове. Чрез теренни издирвания, геофизични методи за археологическо проучване, сондажи и разкопки, са регистрирани редица обекти. Някои от тях са в повърхностните слоеве, но други са на значителна дълбочина. Прогнозният модел не цели посочването на места с висока вероятност за наличие на археологически обекти (което на този етап на натрупани познания е неосъществимо), а анализ на наличната информация (археологическа, геоложка, геоморфоложка, почвена и т.н.) и посочване на типовете местности, където може да се очаква откриването на обекти. За нуждите на модела са привлечени всички налични карти и проучвания, разкриващи геоложката история и съвременно състояние на района, почвите, водните ресурси, археологическите открития и т.н., като всички те са инкорпорирани в ГИС модел. Проведени са няколко статистически анализа на базата данни, които показват вероятност за наличие на неоткрити обекти между четири и седем пъти повече от вече регистрираните. Анализът представя процентното им разпределение според типа ландшафт, като посочва някои райони, съдържащи сравнително висок потенциал за наличие на археологически обекти, които до този момент са били подценявани. Прогнозният модел не дава конкретни насоки за археологическо дирене, но разкрива перспективите за археологически открития и подпомага политиката за опазване на историческото наследство в региона, като дава основания за вземането на необходимите мерки за постигането на тази цел (Verhagen 2007, 41-69).

Сходни са резултатите от друг прогнозен модел, създаден във връзка с мащабните инфраструктурни проекти в Словения, целящи развитие на пътната система. Моделът е фокусиран върху зона, през която ще минава 11-километрова отсечка от магистрала. Основна трудност пред екипа, разработващ модела, е равнинният терен, изключващ възможността от използване на основните при прогнозното моделиране географски характеристики, като надморска височина, наклон, изложение и т.н. Природните фактори, избрани да предопределят степента на вероятност за наличие на археологически обекти, са близост до реки и различни типове почви. Археологическите обекти в района са разделени по типове и е направен статистически анализ, показващ съчетанието на природните фактори, характерно за всеки тип. Въз основа на получените резултати изследваната територия е разделена на зони с три нива на вероятност за наличие на археологически паметници. Вътрешният тест на модела доказва неговата надеждност – 81 % от вече регистрираните обекти попадат в зоната с висок потенциал, а 19 % – в тази със среден. Моделът е предназначен за планиране на трасета на пътища през сходни географски райони и за вземането на решения

относно методите на предварителните археологически проучвания (Podobnikar et al. 2001). Създатели на модела са специалисти от *Института за антроположки и пространствени изследвания (Institute of Anthropological and Space Studies)* към *Научния изследователски център на Словенската академия на науките и изкуствата*. Институтът е едно от водещите европейски научни институции в областта на геопропространствения анализ (Podobnikar et al. 2001, 537-544; Institute of Anthropological and Space Studies).

Друг нестандартен прогнозен модел е за **установяване на характера и мащабите на земеделието през различни исторически периоди в долината Rio Aguas**, провинция Алмериа, **Югоизточна Испания**. Това е едно от най-сухите места в Европа. Днешният облик на областта е следствие от експлоатирането на природните ресурси и развитието на земеделски практики от неолита до днес. Прогнозният модел е част от мащабен интердисциплинарен проект, целящ разкриването на взаимовръзките между древното население и природата, а именно: селищни модели, гъстота на населението, поминък, земеделски практики, антропогенно изменение на ландшафта и т.н. през различните исторически периоди. Целта на модела е създаване на аргументирани хипотези относно формите и мащабите на земеделието в миналото и усвояването на природните ресурси. Изследваната площ е около 160 км².

Отделните слоеве на модела включват данни за селищните модели, земеделските практики, антропогенните ландшафтни промени, релефа, геоморфните особености, почвите, водните ресурси, климата, палеоботаниката и др. Резултатите са отделни карти за всеки значим за областта исторически период с означени селища и вероятни експлоатирани територии.

Освен с постигане на поставените цели – създаване на хипотези и тяхното визуализиране, разработването на модела има и друг съществен принос към проекта. Инкорпорирането на наличната информация в ГИС среда и нейният анализ провокират диалог между различни научни дисциплини и дават нови възможности за постигане на отговор на редица въпроси, като поставя и нови. Чрез възможностите на ГИС-ми са анализирани развитието на земеделските модели и практики и влиянието на земеделието върху ландшафта; идентифицирани са селища, чийто основен поминък е бил свързан не със земеделие, а с други дейности – рудодобив и извличане на метали; посочени са онези територии, влизащи в икономическите интереси на две и повече синхронни селища, което е индикация за по-сложни взаимоотношения; определени са предпочитаните за земеделие области, като са посочени и вероятните причини за това – релеф, свойство на почвите да задържат влага, състав на почвите, количество на слънчева светлина, интензивност на ерозионни процеси и т.н. С помощта на ГИС са разработени и аргументирани представени хипотези за развитието и промяната на селищните модели, гъстотата на населението, мащабите на усвоените територии, земеделските практики, ландшафта, микроклимата и т.н. от неолита до днес. Работата с модела представлява създаване и сравняване на различни сценарии въз основа на наличната база данни, като целта е достигане до най-вероятния сценарий, основан на конкретни факти и аргументирани хипотези (Verhagen 2007, 171-193).

Особен дял в прогнозното моделиране е свързан с археологическите обекти във водни басейни – морета, езера, блатата, реки. Особеностите на водната среда превръщат археологическите проучвания в изключително скъпо, бавно и трудоемко начинание, чиито резултати са силно зависими от природни фактори като седименти, покриващи дъното, видимост, течения, вълнение, температура, дълбочина. Това пра-

ви прогнозното моделиране изключително перспективен подход в подводните археологически проучвания, който има потенциала да съсредоточи теренните издирвания в определени перспективни зони. Успешен пример за такъв модел е разработен от Андърс Фишер за датската национална агенция за околната среда и горите (National Forests and Nature Agency) през 70-те и 80-те години на 20 век. Целта му е локализиране на местата за риболов на мезолитното население в някои области на Датското крайбрежие, използвайки съвременните топографски характеристики. Моделът е създаден въз основа на археологически и етнографски данни за фиордите Roskilde и Karrebaek, въз основа на които са определени предпочитаните места за риболов от местното население в миналото и по време на създаването на модела. Повечето от вече идентифицираните обекти са ситуирани на места, подходящи и днес за такъв тип риболов. При интервюта с местни рибари са дефинирани топографските характеристики на такива, благоприятни за риболов места: устия на потоци и реки, тесни участъци на фиордите, около малки острови и полуострови със стръмно дъно. От етнографски източници е известно, че в началото на 20 в. местните рибари са използвали съоръжения и техники, сходни с тези на мезолитното население: ограждения от плет, кошове, кейове, наколни сгради и др. При разработването на модела са взети предвид сезонните вариации и различните видове риби. Моделът е съобразен с еволюцията на ландшафта и най-вече – с покачването на морското ниво. Опитът е успешен: в над 80% от посочените от модела зони с висока вероятност за наличие на обекти, са открити такива. На някои от посочените места някогашните ландшафти са значително променени, вследствие на активни седиментни процеси. Там не са правени сондажи с цел проверка на прогнозите, което допълнително увеличава вероятността за успеваемост на модела (Fisher 1995, 371-375, 382).

Въпреки добрите резултати, обаче, прилагането на прогнозното моделиране за водни басейни не е активно продължено и доразвито нито в Дания, нито по света. Едно от малкото изключения е прогнозен модел за региона на Ню Йоркското пристанище. Преди ок. 12 хил. години, когато в района се настаняват първите заселници, той е представлявал плодородна долина по долното течение на р. Хъдсън. Вследствие на покачването на океанското ниво и изостатичните движения след последния ледников период, обширни територии, притежаващи редица географски характеристики, предполагащи интензивна човешка дейност в миналото, и, съответно, с висока вероятност за наличие на археологически обекти, остават под вода. Политиката за защита на културното наследство и историческите ландшафти е причина за създаването на няколко прогнозни модели през 70-те и 80-те години на 20 в., включващи района на Ню Йорк. Те оценяват вероятността за наличие на археологически обекти и под вода. През 2002-2003 г. екип специалисти, начело с Daria Merwin и David Bernstein, въз основа на предходните модели, разработват нов, в ГИС среда, за микрорайон от Ню Йоркското пристанище. Обект на прогнозиране са селищата на автохтонното население. Целта е чрез този проект да бъде предоставен удачен изследователски подход и методология за бъдещите археологически проучвания и за опазване на археологическото наследство под вода и в прилежащите крайбрежни зони (Merwin, Bernstein 2002, VII-7, VII 10-VII 21; Merwin, Lynch, Robinson 2003, 41-43).

Избраният район (Quadrangle Arthur Kill), състоящ се от акватория и прилежащото крайбрежие, притежава необходимите предусловия за успешно прогнозно моделиране:

1. Подходящи географски характеристики, предполагащи интензивни човеш-

ки дейности в миналото: изобилие на водоизточници в съчетание с плодородни почви и равнинна топография, реки и потоци, вливащи се в океана, защитени заливи, достъпни суровини за изработване на сечива и др;

2. Налични проучвания за историческите промени на ландшафта в региона;
3. Богат регистър на археологически обекти в областта – 41 малки селища или лагери, обитавани постоянно или временно, обикновено – продължителен период, принадлежащи към палеоиндианския и архаичния период.

Създаването и работата по модела минава през няколко основни етапа:

1. Създадена е ГИС основа на модела. За целта са сканирани, геореферирани и свързани 1:24000 топографски карти (USGS 7.5 minute series topographic maps);
2. Въз основа на проучвани обекти, респективно култури, и по-рано създадените прогнозни модели, са идентифицирани геоморфоложките характеристики, подходящи за различни типове човешка дейност: наклон на терена, близост до сладка вода и водни басейни, плодородни почви, наличие на хранителни ресурси, лесно достъпни суровини за изработване на артефакти (инструменти), експозиция и др. С най-голям потенциал за предопределянето на наличие на селища са някогашните крайречни тераси, морски заливи и плодородни равнини. Находищата на минерали, подходящи за изработване на сечива, попадат в зоните на едnodневен преход на реконструирания селищни модели и не са удачни за локализиране на селища, макар и да са важен елемент от техния хинтерланд. Наклонът на терена не е първостепенен фактор, вероятно поради равнинния терен на областта;
3. Реконструиран е палеоландшафтът на изследвания микрорегион и е направен модел на еволюцията му. При това изследване са оценени и възможностите за съхранени обекти след морската трансгресия и деструктивните абразионни процеси;
4. Локализирани са районите с подходящи географски дадености за човешка дейност в миналото;
5. Зоните с най-висока вероятност за наличие на археологически обекти са проверени чрез водолазни огледи и дистанционни методи за археологическо проучване (Merwin, Bernstein 2002, VII 10-VII 21; Merwin, Lynch, Robinson 2003, 41-43, 47).

Опитите за проверка на надеждността на модела не дават задоволителни резултати – открити са отделни артефакти в зони, където наскоро е била осъществена дълбока драгажна дейност. Причините за това са в интензивните седиментни процеси в Ню Йоркския залив, довели до натрупването на слой от наноси върху залетите ландшафти, дебел между 1,2 и 2 м. Според авторите, решението на този проблем би било в използването на устройства, сканиращи дъното (многолъчеви сонарни системи), или такива, проникващи в седиментите (седиментен сонар, поддънен профилограф) и проверка чрез археологически сондажи (Merwin, Lynch, Robinson 2003, 47).

През около 40-годишната история на прогнозното моделиране е натрупан богат емпиричен материал. Реализирани са многобройни прогнозни модели с различен мащаб, различен подбор на методи, обекти на проучване, цели и т.н. Всеки прогнозен модел е уникален и дава своя принос в развитието на това археологическо направление. Следствие на реализираните проекти са множество публикации, някои от които обединени в сборници (Westcott, Brandon 2006; Judge, Sebastien 1988; Kamermans,

Leusen, Verhagen 2008; Leusen, Kamermans 2005b). Проведени са редица конференции, посветени на проблемите на прогнозирането.²¹ Прогнозното моделиране е включено в университетските курсове по теории и методи в археологията, приложение на ГИС-ми в археологията и т.н.

Прогнозното моделиране в България

Въпреки налагането на прогнозното моделиране като важен метод на съвременната археология и многото успешно реализирани проекти при проучване и опазване на културно-историческото наследство, досега в България няма създаден прогнозен модел. Първият опит в тази насока бе направен от Центъра за подводна археология, гр. Созопол, институция отговорна за проучването и опазването на археологическото наследство под вода на Р България.

Многобройните археологически паметници по българското черноморско крайбрежие – потънали селища и некрополи, пристанища, потънали кораби, анкражи, и др., са под сериозен риск. Те са системно и прогресивно унищожавани вследствие на строителни и драгажни дейности, иманярство и любителско колекционерство, замърсяване и естествени разрушителни процеси. Условие за защитата им е тяхното идентифициране, регистрирането им и определянето на техните граници. Със съзнанието, че системното издирване на подводни археологически обекти е бавно, трудоемко и скъпоструващо начинание, силно зависимо от условията на околната среда, Центърът за подводна археология представи проектно предложение за *Създаване на прогнозни модели за идентифициране на археологически обекти по българското черноморско крайбрежие в ГИС среда*. То бе високо оценено и финансирано от Фонд „**Научни изследвания**“. Основен партньор по проекта е Катедра „Картография и ГИС“ в СУ, а участници в него са специалисти от Катедра „Археология“ в СУ, от НАИМ-БАН, Природонаучен музей – Варна и др. Срокът за реализирането му е тригодишен – декември 2008 – декември 2011 г.

Основна цел на проекта е създаване на прогнозен модел за ограничена зона от българското черноморско крайбрежие, като основа за разработването на методология за прогнозно моделиране, адекватна на условията в България. Прогнозният модел ще включва всички типове потенциални археологически обекти със съответните им ландшафти. При успешното му реализиране, моделът следва да бъде разширен и да обхване цялото крайбрежие на страната, а по възможност – и това отвъд границите и. Териториалният обхват на прогнозния модел е около 100 кв. км от Южното Черноморие, между устието на р. Ропотамо и залива на гр. Царево, включващи както територията, така и прилежащата акваторията (обр. 5).

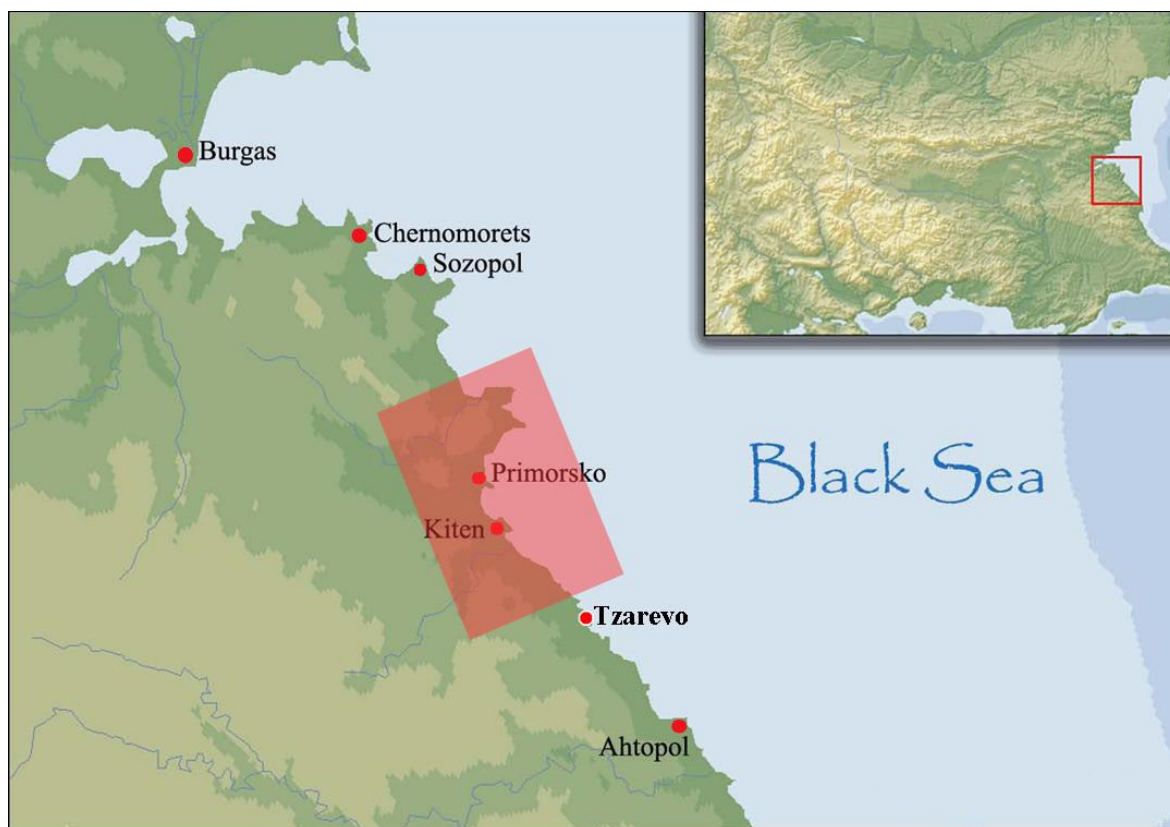
Районът е избран поради няколко причини:

— разнообразен ландшафт, предполагащ наличие на различни типове обекти:

21 – International Conference on the Archaeology of Landscapes and Geographic Information Systems: Predictive Maps, Settlement Dynamics, and Space and Territory in Prehistory. Организирана е от State Service for Heritage Management in Brandenburg и Archaeological State Museum and the Department of Prehistory на Университета в гр. Бамберг, в Wünsdorf, 15-19 октомври 2001;

– GIS and Archaeological Predictive Modeling: Large-scale Approaches to Establish a Baseline for Site Location Models, проведена в Argonne, Illinois през март 2001 г.;

– През 2003 г. в гр. Америксбург, Холандия, е осъществена международна академична среща по проблемите на прогнозното моделиране, (Leusen, Kamermans 2005b).



Обр. 5. Приблизителен териториален обхват на прогнозния модел
 Fig. 5. Approximate area of the predictive modeling

три реки – Караагач, Дяволска и Ропотамо, пресичат избраната територия и се вливат в морето; плодородните крайречни долини предлагат добри условия за земеделие и животновъдство; Маслен нос, нос Урдовиза и други по-малки носове се вдават в морето, образувайки подходящи заливи за приставане на плавателни съдове;

- наличие на ресурси: горските масиви на Маслен нос са източник на дървен материал, а реките и крайбрежието създават условия за риболов; Маслен нос и долината на р. Ропотамо са важен стратегически пункт по Via Pontica;
- разнообразни регистрирани археологически обекти, някои от които са частично проучени: данни за неолитно селище при гр. Приморско, местност Стамополу (Лазаров 1975, 32; Leshtakov 2011); потънало селище от ранната бронзова епоха в залива южно от нос Урдовиза (Angelova, Draganov 2003; Bojadziev 1995; Draganov 1995; Filipova-Marinova, Christova 2001; Bozhilova, Filipova-Marinova 1994; Filipova-Marinova 2007; Kuniholm, Newton, Kromer 2006; Porojanov 1991; Порожанов 2003; Leshtakov 1994; Ribarov 1991; Ribarov 1994); богат керамичен депозит с широк хронологически диапазон (РБЕ – ранно средновековие) в залива пред устието на р. Ропотамо (Лазаров 2009, 19; Georgiev et al. 1991, 464-467); укрепени центрове – крепости на нос Урдовиза (Даскалов, Панайотова 2008б) и Приморско, Вълчаново кале по течението на р. Ропотамо (Димитров 1981, 433-436), за някои от които са на лице лингвистични и археологически данни (Ангелова 2008, 37-54; Димитров 2008, 55-64),

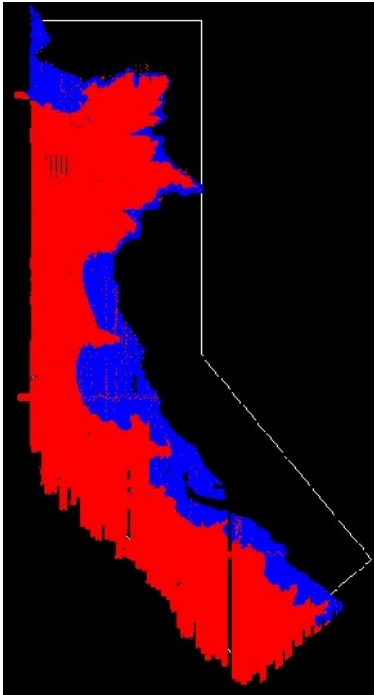


Обр. 6. Район на LiDAR заснемане за нуждите на проект Създаване на прогнозни модели за идентифициране на археологически обекти по българското черноморско крайбрежие в ГИС среда

Fig. 6. The area of LiDAR survey performed within the project Development of predictive models for identification of archaeological sites along the Bulgarian Black Sea coast in GIS environment

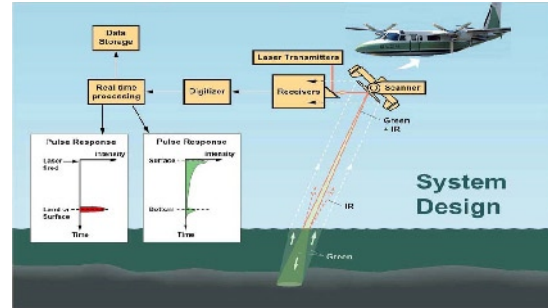
подсказващи тяхното функциониране в широк хронологически диапазон (късен бронз – средновековие); колективна находка от бронзови слитъци от акваторията на Маслен нос (Leshtakov 2007, 447-458); десетки каменни котви, някои от които групирани в анкрази покрай нос Урдовиза, Маслен нос, залива пред устието на р. Ропотамо (Лазаров 2009, 48-49); дървено-оловни и железни антични и средновековни котви (Лазаров 2009, 59-85); потънали кораби от различен тип и с различна датировка и т.н.

- проведени са редица археологически проучвания: първата в България подводна експедиция е осъществена в акваторията на Маслен нос през 1960; най-добре проученото потънало праисторическо селище от РБЕ по българското крайбрежие е в залива южно от нос Урдовиза; в същия залив е единственият кораб в Черно море (нач. на 19 в.), цялостно проучен чрез редовни археологически разкопки (съвместен проект в периода 2000-2003 г. на ЦПА и Institute of Nautical Archaeology (INA), Тексас, САЩ); осъществени са археологически разкопки на сушата- късноантичната и средновековна крепост Урдовиза,



Обр. 7. Територия (в червен цвят) и акватория (в син цвят), заснети с LiDAR.

Fig. 7. Territory (in red) and aqua territory (in blue), surveyed with LiDAR.



Обр. 8. Схема на лазерната система Hawk Eye II (Блом Аерофилмс)

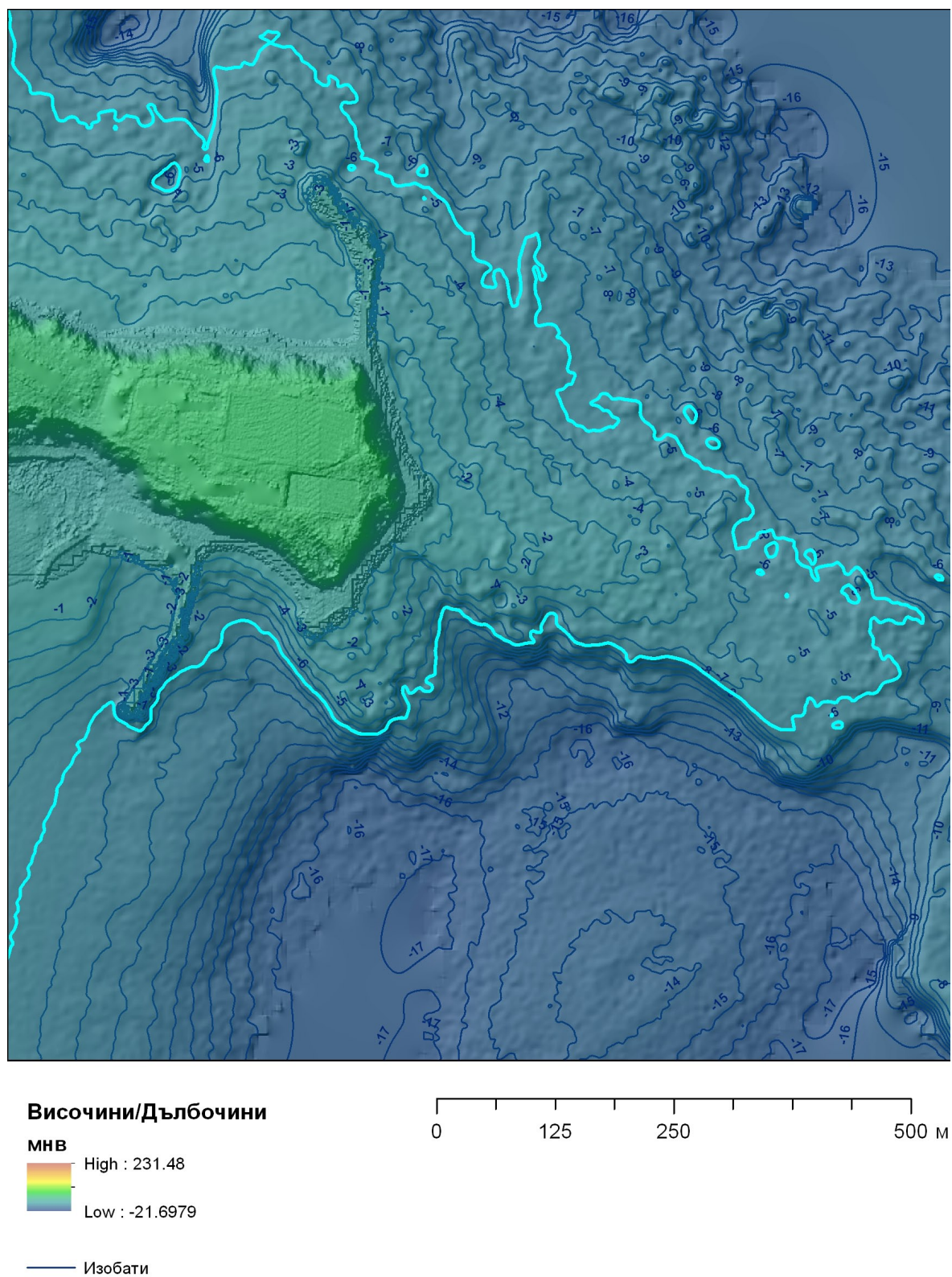
Fig. 8. Hawk Eye II Survey System (Blom Aerofilms)

- налице са перспективи за локализиране на неизвестни обекти – въпреки археологическите проучвания и открития, големи зони от региона са все още неизследвани; интензивните седиментни процеси в акваторията, алувиалните натрупвания покрай реките, горските масиви на Маслен нос и др. фактори, оставят тези зони като бели петна върху археологическата карта на района;
- проведени са редица интердисциплинарни изследвания, разкриващи промяната на палеосредата и палеоландшафта и, преди всичко, на бреговата ивица и морското ниво през различните периоди – микропалеонтология (анализи на полени, динофлагелатни цисти, фораминифери, диатомеи, остракоди), макропалеонтология (молюска фауна), дендрохронология и C14 анализи (Kuniholm et al. 1986, 399-409; Georgiev et al. 1991, 464-467; Filipova–Marinova, 2006 и цит. там л-ра; Filipova–Marinova et al. 2011).

Всички тези фактори правят района подходящ за прогнозно моделиране.

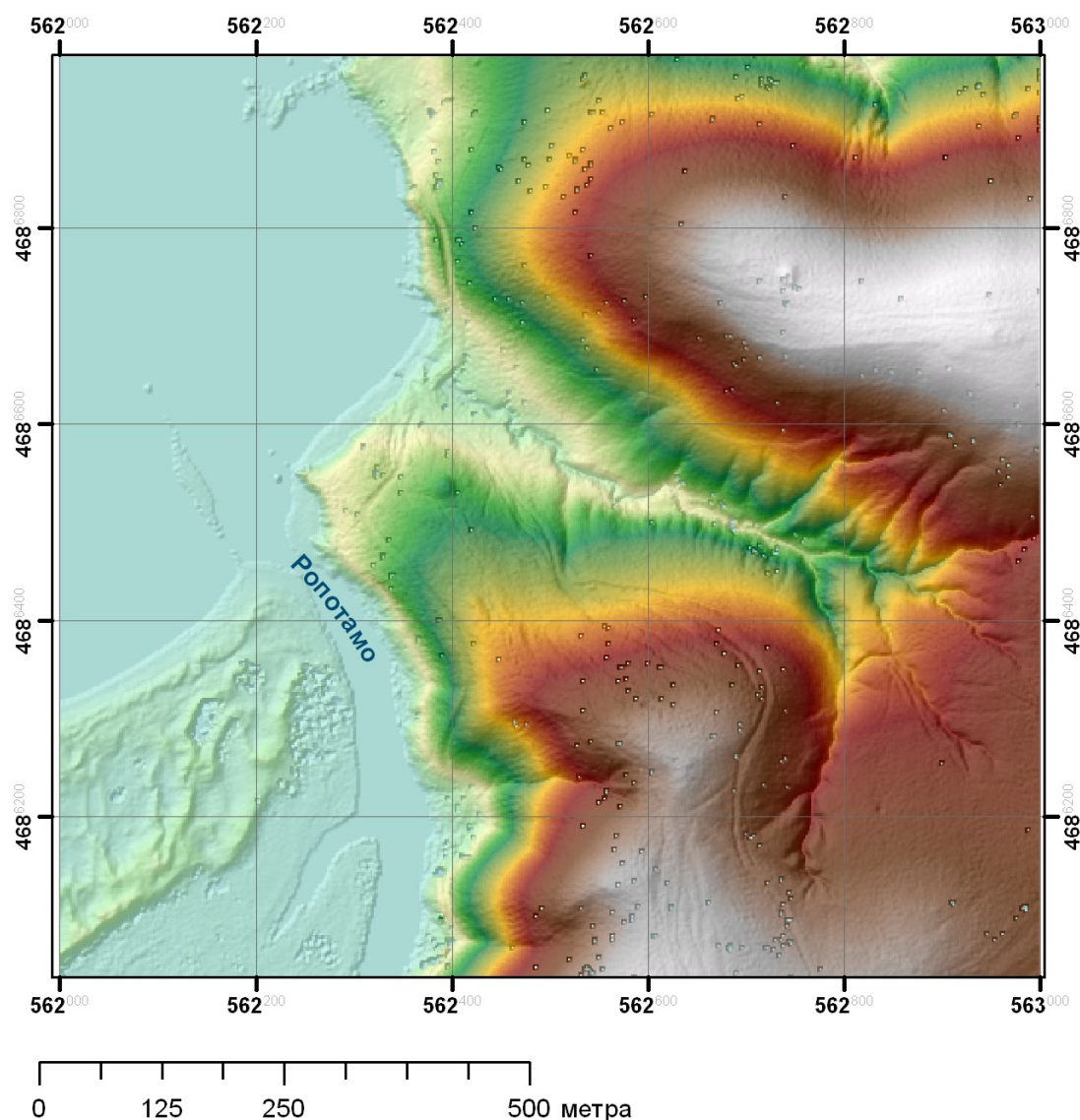
Основна задача пред екипа на проекта бе осигуряването на цифров теренен (елевационен и батимтричен) модел за територията на модела. Най-удачно решение за постигане на целта бе заснемане с въздушен LiDAR. Причините са няколко: висока резолюция на придобитите данни, географска точност, едновременно заснемане на терена – и на сушата, и под вода²², възможност за игнориране на растителната покривка, бързо събиране на топографските данни, напълно автоматизиран процес на обработването им, цифрова съвместимост на данните с ГИС програми и с такива за

²² За целта е използвана LiDAR системата Hawk Eye II – единствената в света, която може едновременно да заснема хидрографски и топографски данни.



Обр. 9. Изобати в района на южния китенски залив (нос Урдовиза).
Въздушна батиметрия.

Fig. 9. Isobaths of the southern bay of Kiten (cape Urdoviza). Airborne bathymetry.



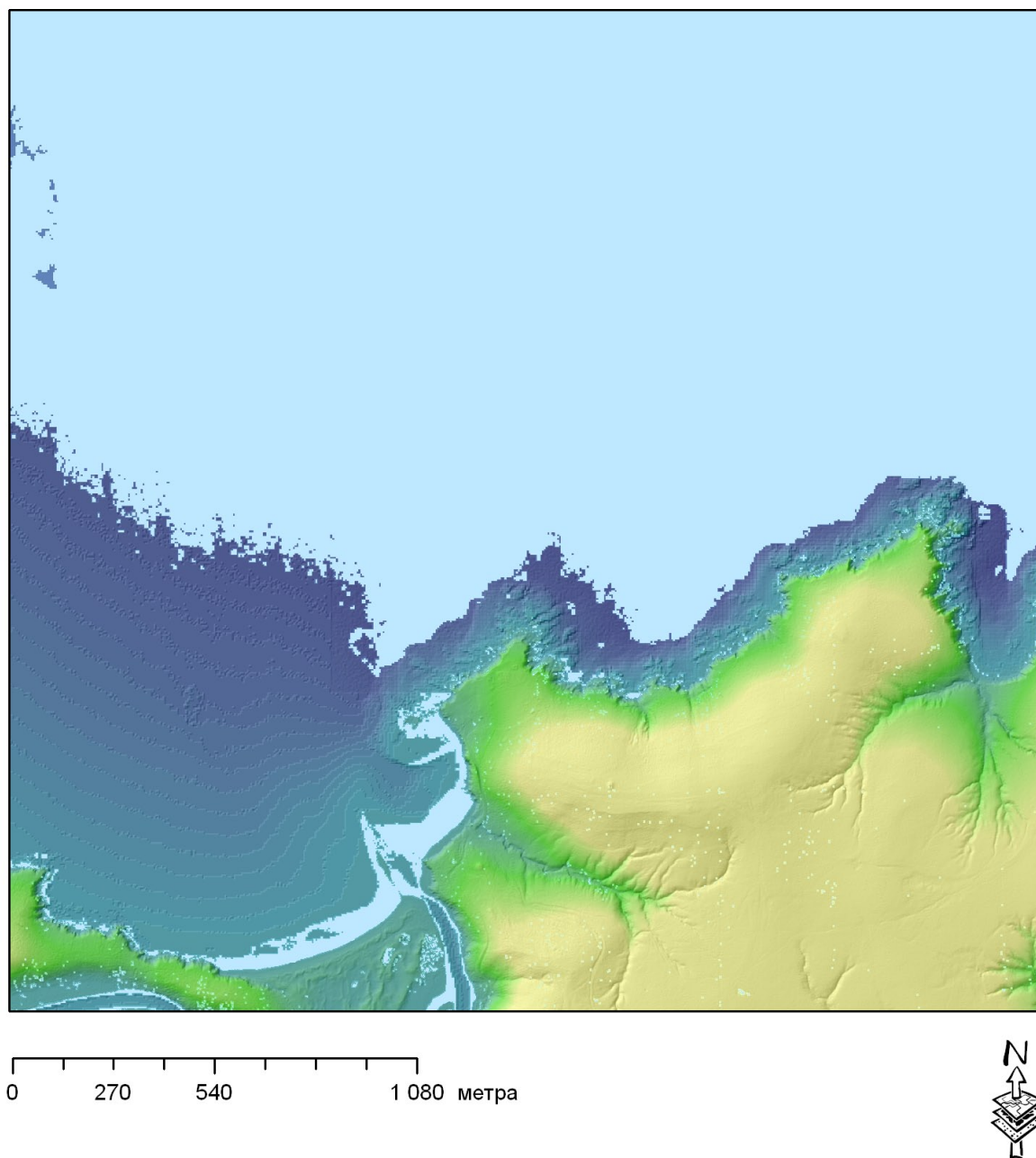
Обр. 10. 2-D модел на района около устието на р. Ропотамо
Fig. 10. 2-D model of the area around the mouth of Ropotamo river

обработка на изображения, и др.

Поръчката за заснемане, след проведен търг, бе възложена на компанията Blom Aerofilms Ltd, световен лидер във въздушната фотограметрия и цифровото картиране. То бе осъществено през месец ноември 2009 г., при благоприятни атмосферни условия и тези на морската вода²³ (обр. 6 и 7).

Измерванията бяха осъществени с LiDAR системата Hawk Eye II. Системата Hawk Eye II използва два лазера с различна дължини на вълните – зелена (532nm) и инфрачервена (1064nm), за отделно заснемане на хидрографски и топографски данни. При хидрографската система инфрачервената лазерна светлина се отразява във водната повърхност, докато зелената лазерна светлина преминава във водния стълб и

23 Качеството на батиметричното LiDAR изображение и дълбочината на заснемане са зависими от условията на морската вода:- прозрачност (наличие на фитопланктон, органични и неорганични разтвори, пясък и т.н.), вълнение, състояние и характер на морското дъно и др.



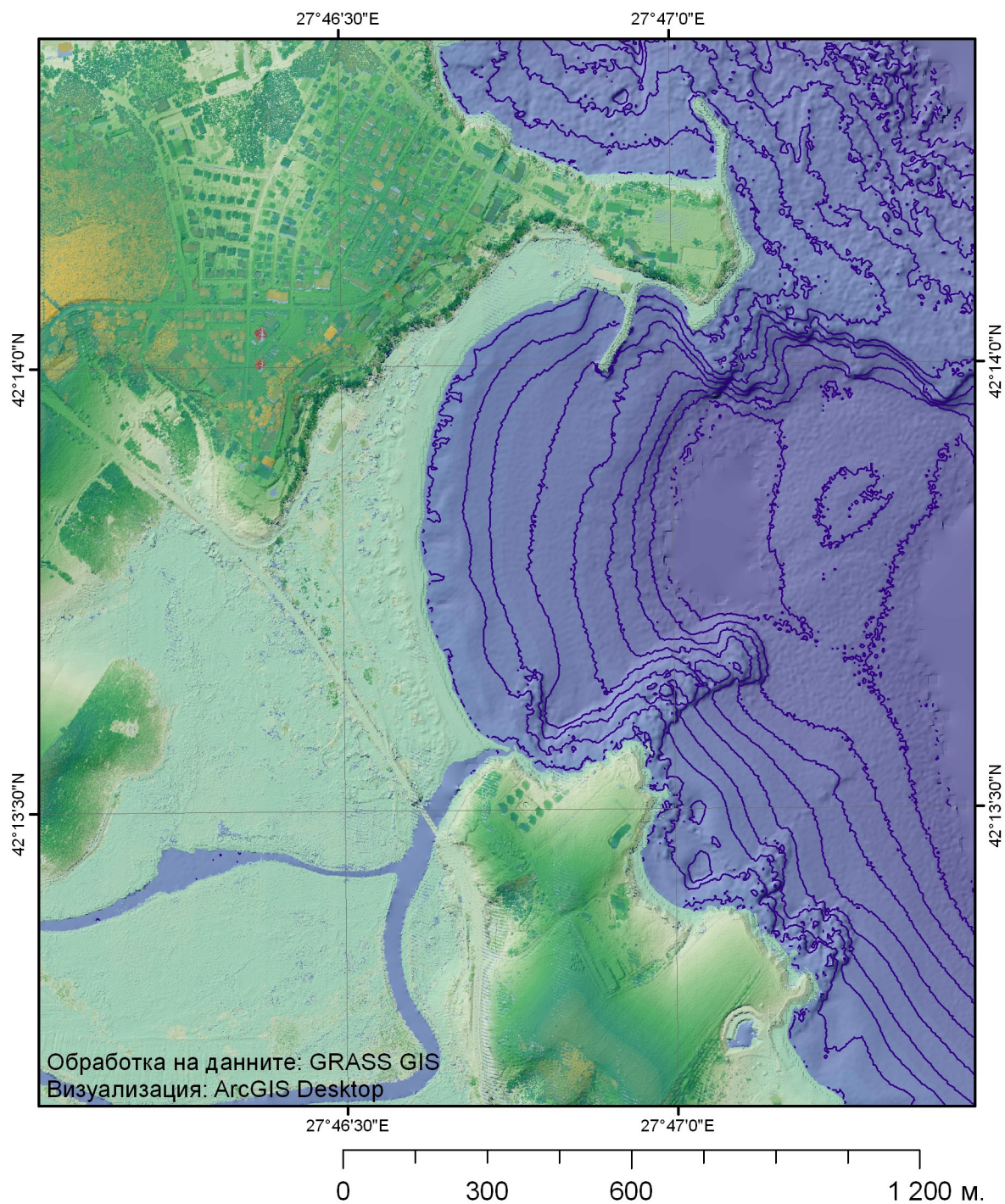
Обр. 11. 2- D модел на залива пред устието на р. Ропотамо – батиметрия и алтиметрия
Fig. 11. 2- D model of the bay before the mouth of Ropotamo river – bathymetry and altimetry

се отразява от дъното (обр. 8).

Постигнатите резултати са: заснемане с пиксели от около 2 метра за сушата, като съществува възможност, чрез допълнителна обработка, резолюцията да бъде повишена до пиксели от 1м; с пиксели със страна 5 м за батиметрията. Достигнатата дълбочина на заснемане е 21,5 м (обр. 9).

След като данните бяха доставени и обработени от ГИС специалистите на научния екип, бяха създадени батиметрични и елевационни теренни 2-D (Обр. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) и 2,5-D модели на заснетия регион.

Части от акваторията, обект на прогнозния модел, бяха заснети и с многолъ-

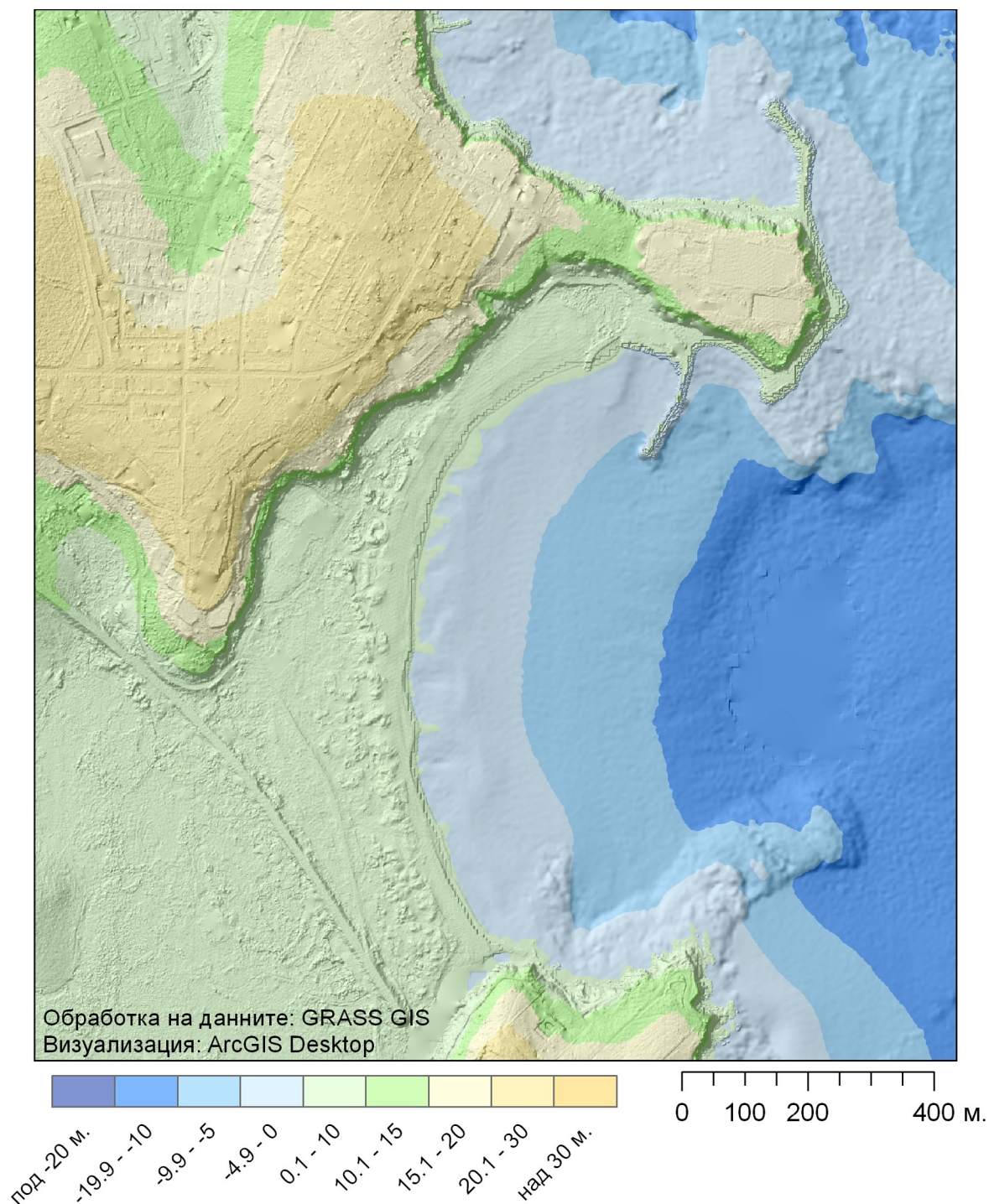


Обр. 12. Цифров модел на повърхността на части от територията
и акваторията на община Приморско

Fig. 12. Digital surface model of parts of the territory and aquatory of Primorsko municipality

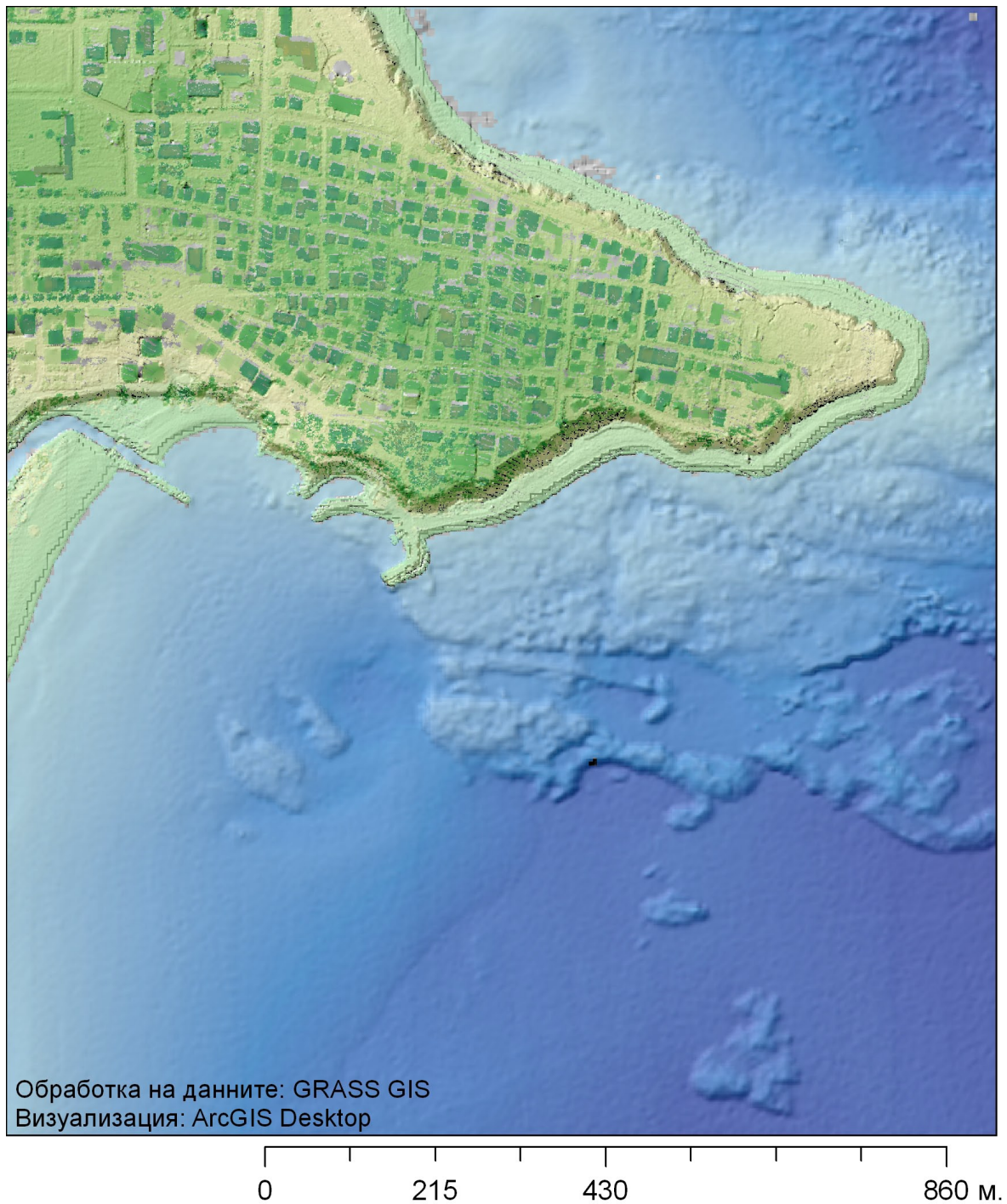
чева сонарна система (Ангелова и др. 2011). Целта е допълване на цифровия модел на сушата и прилежащата батиметрична карта (обр. 17), получени от измерването с LiDAR, с цифров модел на дъното на прилежащата акватория (обр. 18).

Друга основна задача е създаването на археологическа база данни, което включ-



Обр. 13. Цифров теренен (елевационен и батиметричен) модел на части от територията и акваторията на община Приморско
Fig. 13. Digital terrain model (bathymetry and altimetry) of parts of the territory and aquatory of Primorsko municipality

ва събиране на информация за археологически обекти и проучвания в изследвания район, а също така – и от цялото Западно черноморско крайбрежие и странджанския край. Тази информация трябва да бъде организирана, дигитализирана и подготвена за геостатистически анализи. Работата по базата данни продължава.

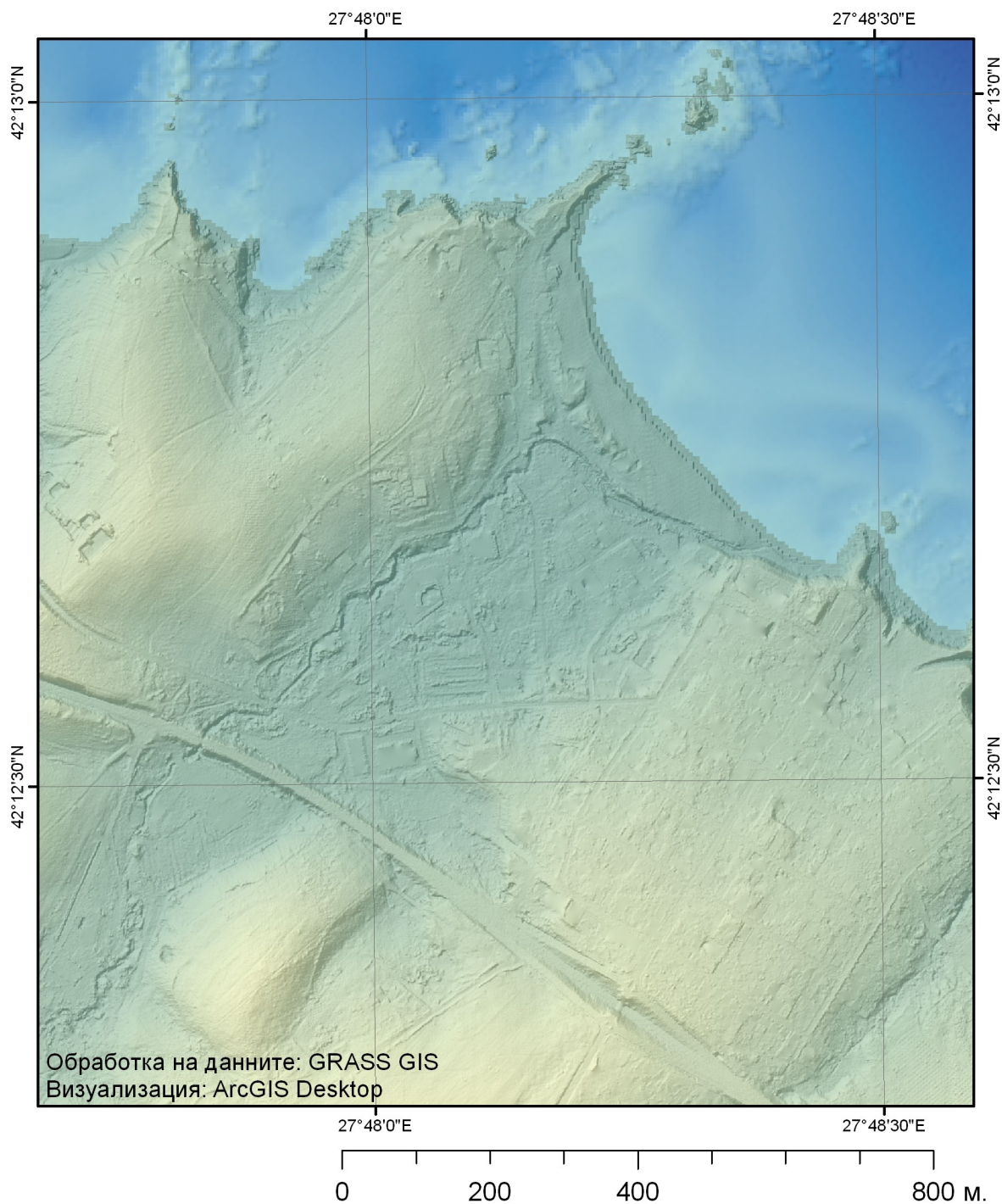


Обр. 14. Цифров модел на повърхността на части от територията
и акваторията на град Приморско

Fig. 14. Digital surface model of parts of the territory and aquatory of Primorsko municipality

В процес е и събирането на сведения от различни интердисциплинарни проучвания, необходими за реконструирането на палеоландшафта и палеосредата и създаването на хронологична схема на изменението им.

След като тези задачи бъдат изпълнени, проектът ще премине към следващите



Обр. 15. Цифров теренен модел на територията и акваторията на с. Лозенец
Fig. 15. Digital terrain model of parts of the territory and aquatory of Primorsko municipality

фази: идентифициране на индикиращите фактори, изграждане на многослоен модел, овърлей анализи, създаване на прогнозни карти, проверка на резултатите, усъвършенстване на модела и разширяването му. Според работната програма на проекта тези дейности ще бъдат осъществени през 2011 г.



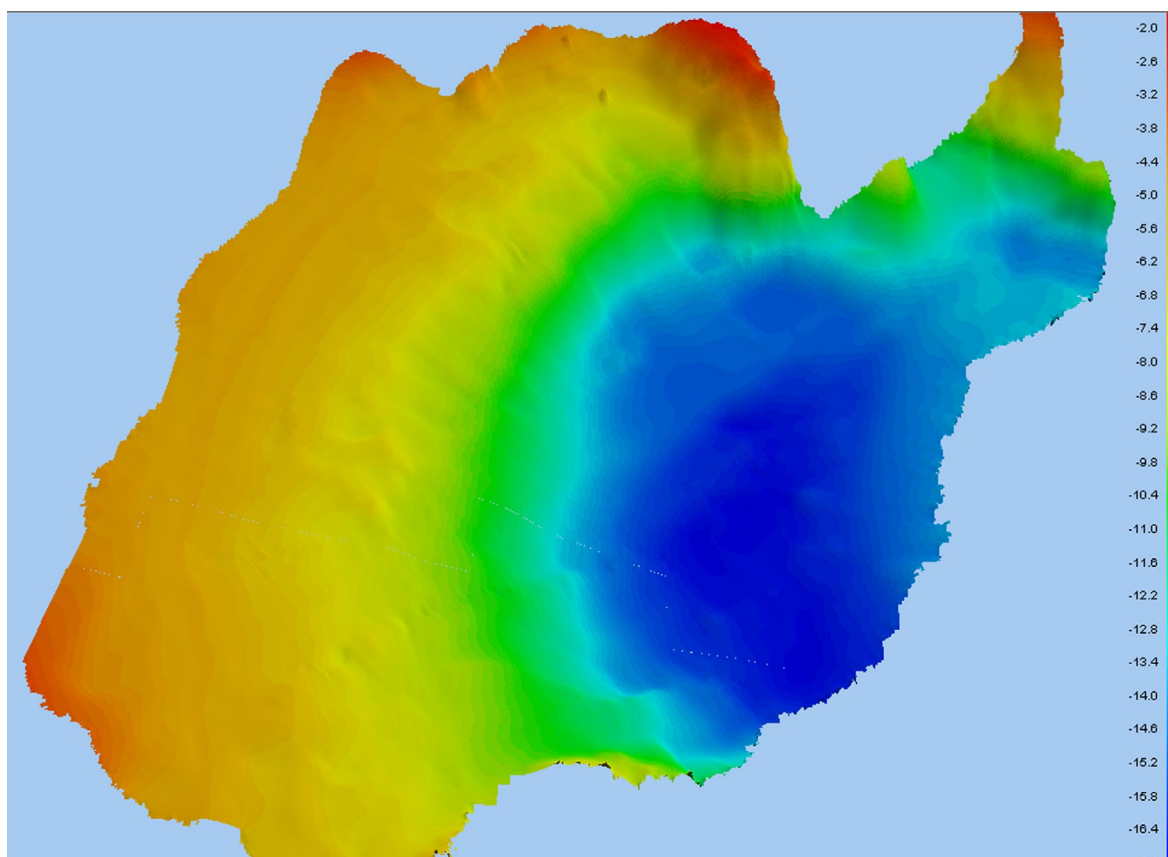
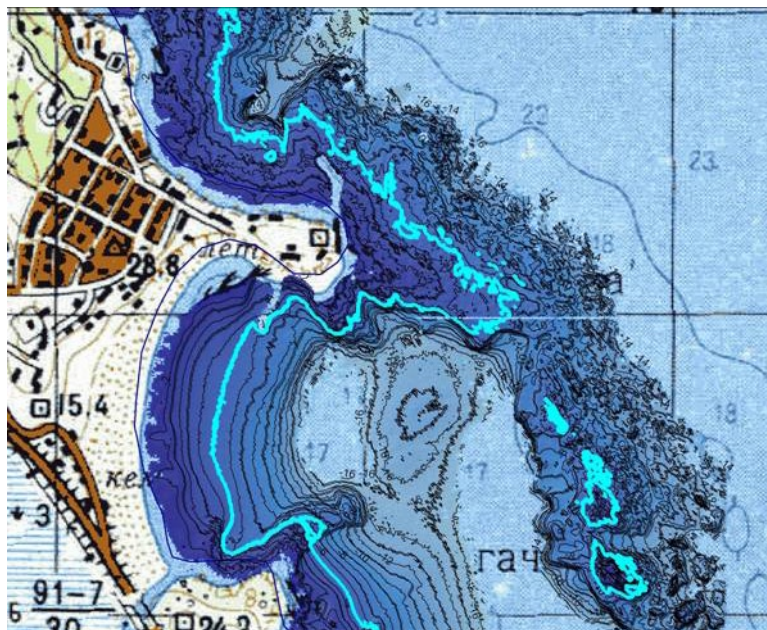
Обр. 16. Цифров модел на повърхността на територията и акваторията на с. Лозенец
Fig. 16. Digital surface model of parts of the territory and aquatory of Primorsko municipality

Желанието на създателите на проекта е, чрез успешното му реализиране, прогнозното моделиране да бъде въведено като метод в българската археология. Крайна цел е прилагането му както при проучване, така и при защита и опазване на културно-историческото наследство и включването на прогнозни карти към археологическата карта на България.

Обр. 17. Топографска карта на нос Урдовиза и гр. Китен и батиметрични данни получени чрез LiDAR заснемане. Светло синята линия е 6-метровата изобата, показваща приблизителните очертания на брега при ниво на морето – 6 м.

Fig. 17. Topographical map of cape Urdoviza and the town of Kiten and bathymetric data obtained via LiDAR survey.

The light blue line is the 6-metre isobath that shows the approximate coastline at a sea level that is 6 m below the present level



Обр. 18. Цифров модел на дъното на южния китенски залив, получен чрез измерване с многолъчева сонарна система SeaBat 7111

Fig. 18. Digital model of the sea-bed of the southern bay of Kiten obtained by multibeam sonar system SeaBat 7111

Проектът Създаване на прогнозни модели за идентифициране на археологически обекти по българското черноморско крайбрежие в ГИС среда е първи опит за прогнозно моделиране в България. Той, обаче, е пионерски и за световната археология. Причините са две: 1) използването на батиметричен LiDAR за археологически цели и 2) създаване на прогнозен модел, както за сушата, така и за прилежащата ѝ акватория, включващ всички типове потенциални обекти.

Новаторството на проекта бе оценено от компанията ESRI – България, представител на ESRI (световен лидер в създаването на ГИС продукти и решения). На 18.11.2009 г., по случай международния ГИС ден, официално честван в България, Центърът за подводна археология бе удостоен с наградата на ЕСРИ България и му бе присъдено първото място в категорията „Наука и академично образование“ във връзка с изпълнението на проекта, прилагането за пръв път в България на системата за въздушна батиметрия и първото използване на данни от LiDAR за целите на археологическото изследване.

* * *

Значението и възможностите на прогнозните модели в археологията са оценявани различно в отделните държави. Там, където културно-историческото наследство е разглеждано като първостепенно национално богатство и е защитено от ефективно действащи закони, прогнозното моделиране намира широко приложение като инструмент за проучване, контрол и планиране и средство за намаляване на бюджетни разходи. То е възприето като обичайна практика в някои държави, които следват съвременни политики за развитие, съобразени с културно-историческото наследство и изпълняват международните споразумения, гарантиращи неговото опазване. Авторите на статията се надяват, че България ще се причисли към тях.

* * *

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите на статията благодарят на фирма Blom Aerofilms Ltd, на д-р. Scott Madry, University of North Carolina at Chapel Hill, на д-р Mark Groover, Ball State University, Индиана и на д-р Joshua Stewart Campbell, Kansas Applied Remote Sensing Program, за предоставените изображения.

Цитирана литература

- Ангелова, Х. 2008. Урдовиза-Китен. Достоверност на лингвистичните и археологически свидетелства. В: Ангелова, Х. (ред.). *Пилотен проект Китен: икономическа оценка на непазарните ползи от културното наследство* (Kiten Pilot Project: Economic Valuation of the Nonmarket Benefits of Cultural Heritage). София, 37-54.
- Ангелова, Хр., Иванов, Я., Димитров, Л., Борисова, Е. 2011. Спасителен оглед със странично сканиращ локатор по обичайните трасета за тралене на риболовни кораби между Созопол и Царево. В: *Археологически открития и разкопки през 2010 г.* София, 588-592.
- Блом Аерофилмс. Тръжно предложение за LiDAR заснемане по проект „Създаване на прогнозни модели за идентифициране на археологически обекти по българското черноморско крайбрежие в ГИС среда“, финансиран от ФНИ към МОН, Проектно предложение Е/ 701/08
- Даскалов, М., Панайотова, К. 2008. Теренни археологически обхождания на землището на гр. Китен. В: Ангелова, Х. (ред.). *Пилотен проект Китен: икономическа оценка на непазарните ползи от културното наследство* (Kiten Pilot Project: Economic Valuation of the Nonmarket Benefits of Cultural Heritage). София, 23-28.
- Димитров, П. 2008. Тракийското име на днешния Китен: Лингвистичен подход към историко-археологическите факти. В: Ангелова, Х. (ред.). *Пилотен проект Китен: икономическа оценка на непазарните ползи от културното наследство* (Kiten Pilot Project: Economic Valuation of the Nonmarket Benefits of Cultural Heritage). София, 55-64.
- ЕКЛ: Европейска конвенция за ландшафта. <http://www.natura.bsnn.org/pdf/Evropeska%20konvenciq%20za%20landshafta.pdf> (01.01.2011).
- Лазаров, М. 1975. *Потъналата флотилия*. Варна.
- Лазаров, М. 2009. *Древното корабоплаване по Западното Черноморие*. Варна.
- Ненова, Д. 2010. Идеята зад фактите. Географски информационни системи, статистика и пространствен анализ за археолози (Power Point презентация). http://www.nbu.bg/PUBLIC/IMAGES/File/departamenti/arheologiq/The_idea_behind.pdf (01.01.2011).
- Тикунова, В. 2008. *Геоинформатика*. (В двух книгах), 1. Москва.
- Тонков, Н. 2011. Археологическа геофизика. <http://www.nbu.bg/PUBLIC/IMAGES/File/departamenti/arheologiq/14.pdf> (01.01.2011).
- Church, T., Brandon, R., Burgett G. 2006. GIS Applications in Archaeology: Methods in Search of Theory. In: Westcott, K., Brandon, J. (eds.). *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*. Philadelphia, 144-159.
- Clarke, D. 1977. *Spatial Archaeology*. London.
- Crutchley, S., Crow, P. 2009. *The Light Fantastic: Using Airborne Laser Scanning in Archaeological Survey*. Swindow: English Heritage.
- <http://www.english-heritage.org.uk/publications> (25.11.2010).
- Dalla Bona, L. 1994a. *Cultural Heritage Resource Predictive Modeling Project*, 4. A Predictive Model of Prehistoric Activity Location for Thunder Bay District, Ontario. Report prepared for the Ontario Ministry of Natural Resources, Thunder Bay, Ontario, March, 31, 1994. Ontario, 1994. <http://modelling.pictographics.com/pdfs/carpvol4.pdf> (01.01.2011).
- Dalla Bona, L. 1994b. *Cultural Heritage Resource Predictive Modeling Project*, 3. Methodological

- Considerations. Report Prepared for the Ontario Ministry of Natural Resources. Thunder Bay, Ontario, 1994. <http://modelling.pictographics.com/pdfs/carpvol3.pdf> (01.01.2011).
- Dalla Bona, L. 2006. Protecting Cultural Resources through Forest Management Planning in Ontario Using Archaeological Predictive Modeling. In: Westcott, K., Brandon, J. (eds.). *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*. Philadelphia, 78-106.
- Ducke, B. U. Munch 2005. Predictive Modelling and the Archaeological Heritage of Brandenburg (Germany). In: van Leusen, M., Kamermans, H. (eds.). *Predictive modeling for Archaeological Heritage Management: A Research Agenda* (Nederlandse Archeologische Rapporten, 29). Amersfoort, 93-109.
- ECPAH: European Convention on the Protection of Archaeological Heritage. <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/Html/143.htm> (01.01.2011)
- Filipova-Marinova, M. 2006. Archaeological and Paleontological Evidence of Climate Dynamics, Sea-Level Change, and Coastline Migration of the Bulgarian Sector of the Circum-Pontic Region. In: Yanko-Hombach, M. ., Gilbert, A., Panin, N., Dolukhanov, P. (eds.). *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate, and Human Settlement* (NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences). Heidelberg, 453-488.
- Filipova-Marinova, M., Giosan, L., Angelova, H., Preisinger, A., Pavlov, D., Vergiev, S. 2011. Palaeoecology of the submerged prehistoric settlements in Sozopol Harbour, Bulgaria. In: Benjamin, J., Bonsall, C., Pickard, C., Fischer, A. (eds). *Submerged Prehistory*. Oxford: Oxbow, 230-244.
- Fisher, A. 1995. An Entrance to the Mesolithic World Below the Ocean. Status of Ten Years' Work on the Danish Sea Floor. In: Fisher, A. (ed.). *Man and Sea in the Mesolithic: Coastal Settlement Above and Below Present Sea Level*. Proceedings of the International Symposium, Kalundborg, Denmark (Oxbow Monographs, 53). Oxford, 371-384.
- Gaffney, V., Stančić, Z. 1991. *GIS Approaches to Regional Analyses: A Case Study of the Island of Hvar*. Ljubljana,.
- Georgiev, M., Petkov, A., Nenov, N., Georgiev, D., Angelova, Chr. 1991. Prospecting of Underwater Archaeological Sites Using Geophysical Methods. In: Lazarov, M. et al. (eds.). *Thracia Pontica IV*. Quatrième symposium international, Sozopol, 6-12 octobre 1988. Sofia, 451-470.
- Haeman, J., Bennet, D. 2006. Construction of Digital Elevation Models for Archaeological Applications. In: Westcott, K., Brandon, J. (eds.). *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*. Philadelphia, 121-136.
- Hodder, I., Orton, P. 1976. *Spatial Analysis in Archaeology* (New Studies in Archaeology, 1). Cambridge.
- IASS: Institute of Anthropological and Space Studies. <http://iaps.zrc-sazu.si/index.php?q=en/node/20> (28.01.2011)
- Johnson, J. (ed.) 2006. *Remote Sensing and Archaeology: An Explicitly North American Perspective*. Tuscaloosa.
- Judge, W.J., Sebastien, L. (eds.) 1988. *Quantifying the present and predicting the past: Theory, method, and application of archaeological predictive modeling*. Washington.
- Kamermans, H., van Leusen, M., Verhagen, Ph. (eds.) 2008. *Archaeological Predictions and Risk Management: Alternatives to Current Practice* (Archaeological Studies Leiden University, 17). Leiden.
- Kathleen, M., Sydoriak, A. 2006. Considerations of scale in Modeling Settlement Patterns

- Using GIS: An Iroquis Example. In: K. Westcott, J. Brandon (eds.). *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*. Philadelphia, 107-120.
- Kohler, T., Parker, S. 1986. Predictive Models for Archaeological Resource Location. In: Schiffer, M. (ed.). *Advances in Archaeological Method and Theory*, 9. New York, 397-452.
- Kuiper, J., Westcott, K. 1999. *A GIS Approach for Predicting Prehistoric Site Locations. Presented at the Nineteenth Annual ESRI User Conference, San Diego, California, USA, July 26-30.* <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap378/p378.htm> (01.01.2011).
- Kuniholm, P., Kromer, B., Tarter, S., Griggs, C. 1996. An Early Bronze Settlement in Sozopol, near Burgas, Bulgaria. In: Stefanovich, M. et al. (eds.). In: *James Harvey Gaul: In Memoriam* (In the Steps of James Harvey Gaul, I). Sofia, 399-409.
- Kvamme, K. 1988. Development and testing of quantitative models. In: Judge, W. J., Sebastian, L. *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modeling*. Denver, 325-428.
- Kvamme, K. 1991. Preface. In: Gaffney, V., Stančić, Z. *GIS Approaches to Regional Analyses: A Case Study of the Island of Hvar*. Ljubljana, 4-5.
- Kvamme, K. 1992. A Predictive Site Location Model on the High Plains: an Example with an Independent Test. *Plains Anthropologist*, 37 (138), 1992, 19-38.
- Leshtakov, K. 2007. The Eastern Balkans in the Aegean Economic System During the Late Bronze Age. Ox-hide and Bun Ingots in Bulgarian Lands. *Aegeum*, 27, 2007, 447-458.
- Leshtakov, P. 2011. Archaeological Evidence for Paleoclimatic Change Along the Southern Bulgarian Black Sea Coast from the sixth to third millennium BC. – In: Nikolov, V., Bachvarov, K., Popov, H. (Hgrs). *Interdisziplinäre Forschungen zum Kulturerbe auf der Balkanhalbinsel*. Sofia, 131-138.
- van Leusen, M., Kamermans, H. (eds.) 2005a. *Predictive Modelling for Archaeological Heritage Management: A Research Agenda* (Nederlandse Archeologische Rapporten, 29). Amersfoort.
- van Leusen, M., Kamermans, H. 2005b. Introduction. In: van Leusen, M., Kamermans, H. (eds.). *Predictive Modeling for Archaeological Heritage Management: A Research Agenda* (Nederlandse Archeologische Rapporten, 29). Amersfoort, 7-12.
- van Leusen, M., Deeben, J., Hallewas, D., Kamermans, H., Verhagenn, Ph., Zoetbrood, P. 2005. A Baseline for Predictive Modelling in the Netherlands. In: van Leusen, M., Kamermans, H. (eds.). *Predictive Modeling for Archaeological Heritage Management: A Research Agenda* (Nederlandse Archeologische Rapporten, 29). Amersfoort, 25-92.
- Mehrer, M., Westcott, K. (eds.) 2006. *GIS and Archaeological Site Location*. New York.
- Merwin, D., Bernstein, D. 2002. A GIS-Based Model for Predicting the Location of Submerged Prehistoric Archaeological Sites in New York Harbor. In: Waldman, J. R., Nieder, W.C. *Final Reports of the Tibor T. Polgar Fellowship Program 2002*. New York, VII-1-VII-24. http://www.hudsonriver.org/lr/reports/Polgar_Merwin_TP_08_02_final.pdf (01.01.2011).
- Merwin, D., Lynch, D., Robinson, D. 2003. Submerged Prehistoric Sites in Southern New England: Past Research and Future Directions. *Bulletin of the Archaeological Society of Connecticut*, 65, 41-56.
- Mn/Model. Mn/Model Statewide Archaeological Predictive Model. <http://www.mnmodel.dot.state.mn.us/> (01.01.2011).
- NC Model. North Carolina GIS Archaeological Predictive Model Project. <http://www.informatics.org/ncdot/index.html> (01.01.2011).

- NHPA. National Historic Preservation Act. <http://www.achp.gov/nhpa.html> (28.01.2011).
- Podobnicar, T., Podobnicar, Veljanovski, T., Stančič, Z., Oštir K. 2001. *Archaeological Predictive Modeling for Cultural Resource Management* (представена на четвъртата конференция на Association of Geographic Information Laboratories of Europe (AGILE) в Бърно, Чехия, през 2001г.). http://plone.itc.nl/agile_old/Conference/brno2001/proceedings/62.pdf (01.01.2011).
- Renfrew, C., Bahn, P. 2000. *Archaeology: Theories, Methods and Practice*. 3rd ed. London.
- Verhagen, P. 2007. *Case Studies in Archaeological Predictive Modeling*. Leiden.
- Warren, R. 1990. Predictive Modeling of Archaeological Site Location: a Case Study in the Midwest. In: Allen, K., Green, S., Zubrow, E. (eds.). *Interpreting Space: GIS and Archaeology*. London, 201-215.
- Warren, R., David, L. 1996. *A Predictive Model of Archaeological Site Location in the Eastern Prairie Peninsula*. Springfield.
- Westcott, K., Brandon, J. (eds.) 2006. *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*. Philadelphia.
- Westcott, K., Kuiper, J. 2006. Using a GIS to Model Prehistoric Site Distribution in the Upper Chesapeake Bay. In: Westcott, K., Brandon, J. (eds.). *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*. Philadelphia, 62-77.
- White, A. 2002. *Archaeology Predictive Modeling of Site Location Though Time: An Example of Tucson Basin* (MA Thesis). Arizona: University of Calgary.

Predictive modeling in archaeology: World practice and Bulgarian perspectives

Naiden Prahov, Hristina Angelova,
Alexandar Kotsev, Anton Popov, Steliyan Dimitrov

Abstract

In 2009, the Center for Underwater Archaeology has started a project on the *Development of Predictive Models for Identification of Archaeological Sites along the Bulgarian Black Sea Coast in GIS environment*, financed by the National Scientific Fund. This is the first major project in Bulgaria aimed at archaeological predictive modeling as a method to evaluate the probability of finding of archaeological sites within a specific territory and an attempt to create a scientifically sound hypothesis that is able to overcome the subjectivity in prediction.

Bulgaria lacks experience in archaeological predictive modeling. One of the project activities is to review and study international experience in this field.

The article presents some of the archaeological predictive models developed mostly in response to the implementation of infrastructure projects in different countries around the world.

We discuss the factors involved in the development of archaeological predictive models and underline their identification as a key stage in any model development. An important step in the identification of the main factors is to determine and rank their importance in relation to the monuments/sites under study.

Special attention is paid to the main stages of predictive model development:

- **the first** stage is concerned with the determination of the spatial parameters of the model and the development of a database;
- **the second** stage is analytical and consists of analysis of the database and identification of the factors that are important for prediction;
- **the third** stage deals with the creation of different information layers of the model and
- **the fourth** final stage is the verification of the prediction through fieldwork and on-site inspection. This step allows for new information to be added to the database and for an improvement of the model. The improvement of the model should be ongoing and continuous, in parallel with its application.

The paper presents the first results of the Bulgarian project – the creation of a digital terrain model and bathymetric map of 100 square kms of the Bulgarian Black Sea coast (sea and land area) between the mouth of the Ropotamo river and the town of Tsarevo as a result of the first application in Bulgaria of LiDAR technology (Light Detection and Ranging), including the first airborne bathymetry, as well.