



ИНСТИТУТ ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

Стефан Кирилов Стаменов

ПРОСТРАНСТВЕН МОДЕЛ И ХРОНОЛОГИЧЕН
АНАЛИЗ НА СРЕДНОВЕКОВНИЯ ГРАД ПЛИСКА
НА БАЗАТА НА АЕРОКОСМИЧЕСКИ И НА-
ЗЕМНИ ДАННИ

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд
за присъждане на образователната и научна степен “Доктор”

СОФИЯ
2016



ИНСТИТУТ ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ
БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

Стефан Кирилов Стаменов

ПРОСТРАНСТВЕН МОДЕЛ И ХРОНОЛОГИЧЕН
АНАЛИЗ НА СРЕДНОВЕКОВНИЯ ГРАД ПЛИСКА
НА БАЗАТА НА АЕРОКОСМИЧЕСКИ И НА-
ЗЕМНИ ДАННИ

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд
за присъждане на образователната и научна степен “Доктор”

Област на висше образование 4. Природни науки, математика и информа-
тика, професионално направление 4.4. Науки за Земята, научна специал-
ност "Дистанционни изследвания на Земята и планетите"

Научен ръководител:
проф. д-р Евгения Руменина

Научен консултант:
доц. д-р Павел Георгиев

СОФИЯ 2016

Дисертационният труд е разработен в рамките на докторантура, задочна форма на обучение в секция „Дистанционни изследвания и ГИС“ към Институт за космически изследвания и технологии (ИКИТ) при Българска академия на науките (БАН). Той е обсъден на еднократно разширен научен семинар на секция „Дистанционни изследвания и ГИС“ при ИКИТ-БАН, проведен на 10.06.2016 г. и е разкрита процедура за публична защита с решение на Научния съвет на ИКИТ-БАН пред Научно жури в състав:

Вътрешни членове:

1. чл.-кор. д-н Петър Стефанов Гецов, ИКИТ-БАН
2. проф. д-р Евгения Кирилова Руменина, ИКИТ-БАН
3. доц. д-р Лъчезар Христов Филчев, ИКИТ-БАН (резервен)

Външни членове:

1. доц. д-р Валери Драганов Григоров – НАИМ-БАН
2. доц. д-р Антон Спасов Филипов – СУ «Св. Климент Охридски»
3. доц. д-р Калин Иванов Русков – МГУ «Св. Иван Рилски»
4. доц. д-р Павел Петков Георгиев – НАИМ-БАН (резервен)

Дисертационният труд съдържа общо 236 страници, включващи 83 фигури и 13 таблици, разпределени в 4 глави, приноси и 2 приложения /общо 69 стр./, научни публикации по темата на дисертацията, списък на използваната литература (178 заглавия, от които 51 на кирилица и 127 на латиница).

Номерацията на фигурите в рамките на автореферата отговаря на тази в пълния дисертационен труд.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 8.09.2016 г. от часа в зала 309 на Института за космически изследвания и технологии при БАН (гр. София, ул. „Акад. Г. Бончев”, бл. 1, НК-1 на БАН 4-ти км., ет. III).

Материалите по защитата са публикувани в интернет страницата на БАН (<http://www.bas.bg>) и ИКИТ-БАН (<http://space.bas.bg>) и са на разположение на интересувалите се в канцеларията на ИКИТ на БАН, гр. София, ул. „Акад. Г. Бончев”, бл. 1, НК-1 на БАН 4-ти км., ет. IV.

Автор: Стефан Кирилов Стаменов

Заглавие: Пространствен модел и хронологичен анализ на средновековния град Плиска на базата на аерокосмически и наземни данни

СЪДЪРЖАНИЕ	Стр.
ПЪРВА ГЛАВА: Въведение и състояние на проблема	2
1.1. Увод и актуалност	2
1.2. Предмет на изследването	4
1.3. Цел и задачи	4
1.4. Обект на изследване	5
1.5. Понятие за пространствен модел	7
1.6. Съвременно състояние и проблеми при приложението на дистанционните методи и ГИС в археологическите проучвания, представени в литература	8
1.7. Хронологичен анализ на картиранията на Външния град на Средновековната българска столица Плиска	9
ВТОРА ГЛАВА: Методология за планиране и провеждане на археологически проучвания чрез прилагане на дистанционни методи и ГИС	13
2.1. Методология – структурна схема на изследването и основни методи	13
2.2. Използвани данни, материали и софтуерни продукти	15
2.3. Методика на проучването	16
ТРЕТА ГЛАВА: Разработване на пространствен модел за изграждане на гео-база данни за Външния град на средновековна Плиска	23
3.1. Принципи и концепции на гео-базите данни за археологически проучвания	23
3.2. Разработване на пространствен модел за Външния град на Плиска за целите на археологическите проучвания	26
3.3. Изграждане на гео-база данни за Външния град на средновековната българска столица Плиска	28
ЧЕТВЪРТА ГЛАВА: Пространствени анализи и картографска визуализация	30
4.1. Хронологичен анализ на картиранията на Външния град на средновековния град Плиска	30
4.2. Визуална интерпретация на археологически структури по спътникови данни	31
4.3. Пространствени анализи на данните от теренните археологически издирвания	36
4.4. Визуална интерпретация и картографиране на типовете земно покритие	41
ПРИНОСИ	42
БЛАГОДАРНОСТИ	43
ЛИТЕРАТУРА	45

ПЪРВА ГЛАВА: Въведение и състояние на проблема

1.1. Увод и актуалност

Материалното културно наследство е част от паметта на човечеството. То ни дава възможност да погледнем в миналото и да видим как се е развивала цивилизацията, как е протичала историята, както на глобално, така и на национално и регионално ниво. Когато днес гледаме историческите и археологически паметници, ние виждаме останките от живота на нашите предци. Тази връзка с миналото ни дава възможност да осмисляме значението и стойността на събитията и промените в света през различните епохи и в съвременността. Освен донякъде емоционалната нагласа на осъзнаването на нашата съпричастност към веригата от човешки поколения през вековете, информацията за миналото има и много други измерения свързани с материалните промени в околната среда, технологиите и свързаните с тях промени в живота на хората. Наблюдавайки например, археологическите паметници от средновековието и сравнявайки ги с днешните урбанизирани територии, можем да направим изводи например за нарасналото антропогенно влияние върху околната среда в нашето съвремие. В Конвенция за опазване на световното природно и културно наследство, приета от ЮНЕСКО в Париж през 1972 г. се отбелязва, че "разрушението или изчезването на дадено културно и природно наследство представлява пагубна загуба за цялото човечество" /Конвенция за опазване на световното природно и културно наследство (Приета с разпореждане № 13 на бюрото на Министерския съвет от 4 февруари 1974 г. в сила от 17 септември 1975 г.) Обн. ДВ. Бр.44 от 27 Май 2005 г./.

През последните десетилетия с развитието на технологиите, в археологическото проучване все повече се засилва използването на неинвазивни методи за проучване. Тяхната роля се обосновава от щадящото въздействие, което те имат върху обекта. Прилагането им дава възможност да се събере информация за обекта без да бъде нарушаван културният пласт. Поради това ролята на дистанционните методи на проучване - спътниково и аерофото заснемане в различни спектрални диапазони, лидарно сканиране, геофизични методи, като неинвазивни за археологическите обекти се засилва и ще продължава да става все по използвана в бъдеще. Също така географските информационни системи /ГИС/ като метод и технология намират все по-широко приложение в различни научни области, където се работи с пространствени данни, в това число и в сферата на археологията и опазване на културното наследство. Интегрираното използване на географските информационни системи с дистанционни методи дават множество ефективни възможности за анализ и проучване на различни обекти, както и за планиране на дейности свързани с тяхната територия и пространствени специфики /*Harmon, Anderson 2003*/. ГИС технологиите са доказали своята ефективност прилагани по отношение на дейности, които са изключително времеемки, когато са извършвани чрез традиционни методи, като например картографирането и изготвянето на планове на археологически обекти с висока точност и прецизност. ГИС дават

възможност и за лесна визуализация на разнородни по вид и произход данни, които имат пространствен характер и са геореферирани /Galati 2006/.

Откриването и проучването на археологическите обекти във Външния град на Плиска е основна задача на археологическите проучвания, но наравно с нея стои задачата за тяхното опазване и съхраняване за бъдещите поколения.

- Територията на Външния град е подложена на интензивна земеделска обработка, която въпреки изискванията за пределна дълбочина на обработка все пак разрушава намиращите се там археологически паметници.
- В района на Външния град е разположен съвременния град Плиска, а също така има изградени индустриални сгради, пътища и различни съоръжения. Преди изграждането им се провеждат предварителни спасителни археологически проучвания, като включването на планове на откритите обекти в общия план на Плиска е от голямо значение.
- Голямата площ на Външния град е причина до днес от него да е проучена само малка част.
- Досегашните картирания са извършвани по различни способы, не включващи геоинформационни технологии, за топографска основа на първите две е използвана карта от 19 век.
- Археологическите обекти представени върху карти и скици са изобразени с условни знаци или схематично без мащаб.
- Археологическите карти и скици са на хартия, представени в различни публикации, което затруднява тяхното сравняване.
- Прилагани са дистанционни методи с използване на любителски, перспективни аерофотоснимки.
- За целите на археологическо проучване с геофизични методи на обекта е направен ГИС в локални координати, с отклонение от реалното местоположение на обекта около 500 m, което прави данните неприложими при теренна работа. Данните не се предоставени на българските археолози и поради това не са налични.

Това поражда необходимостта от създаване и използване на средство, което да позволи достатъчно пълно и точно документиране на ситуацията с археологическите паметници във Външния град и тази информация да служи както при проучване, така и за мерки по тяхното опазване. Такова средство се явява пространственият модел, който създаден с помощта на съвременните геоинформационни технологии във вид на гео-база данни, позволява съхраняването и обработката на голям обем пространствени и атрибутивни данни за района. Предложеният пространствен модел е разработен за Външния град на Плиска като целта на автора е да се съобрази с особеностите на обекта и да се предложи пространствен модел, който да бъде ефективен без да е излишно сложен и претрупан, което би затруднило работата с гео-базата данни в бъдеще. Настоящият модел предложен от автора на изследването не претендира за изчерпателност, а е проектиран и създаден така, че да може да се допълва с нова информация от бъдещи изследвания и картирания на археологическите паметници във Външния град на Плиска,

а също така с информация свързана с мониторинг и опазване на културното наследство в него.

1.2. Предмет на изследването

Предмет на настоящото изследване е недеструктивното проучване и документиране на археологически обект средновековен град, чрез дистанционни методи, ГИС технологии и съчетаването им с класически археологически методи.

1.3. Цел и задачи

Основна цел на настоящето изследване е изграждане на пространствен модел за планиране на археологически проучвания и опазване на Външния град на средновековна Плиска базиран на аерокосмически и наземни данни.

Разработваният дисертационен труд има иновативен характер, тъй като приложението на ГИС и дистанционни методи при археологическите изследвания в България започва да се развива едва напоследък с бързи темпове и се явява едно перспективно направление в синхрон със световните и европейски тенденции за прилагане на недеструктивни методи на проучване. В структурен аспект изследването е базирано на досегашните картирания на района, които служат за създаване на общата картина на разположението на обектите във изследваната територия, а не на проучванията на отделните обекти във Външния град, които археологическите картирания де факто обхващат.

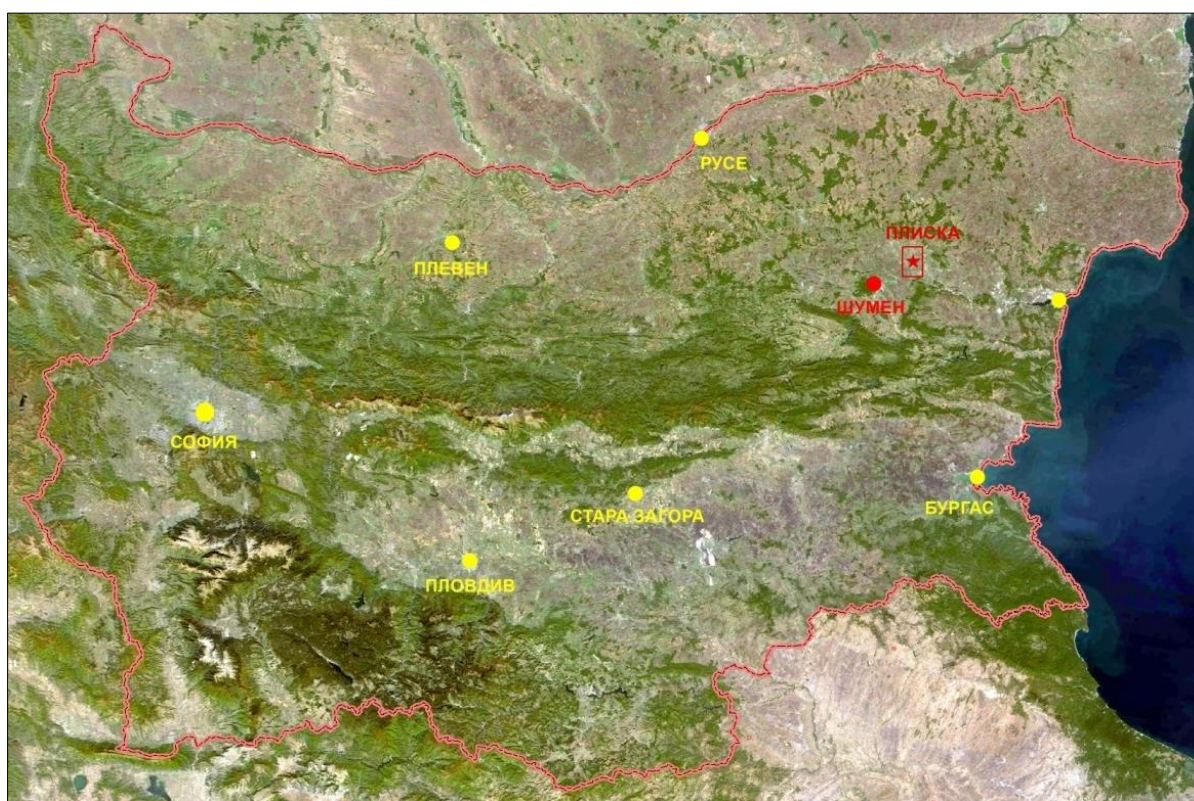
Основни задачи за постигане на поставената цел:

2. Избор на първични данни, дистанционни методи и методи за пространствено моделиране и анализ за разработване на пространствен модел на Плиска.
3. Създаване на пространствен модел на Външния град на първата българска столица Плиска.
4. На базата на пространствен модел на Външния град на първата българска столица Плиска да се изгради гео-база данни за проучване и опазване на археологическия обект.
5. Да се съставят тематични слоеве и карти на археологическите обекти на територията на Външния град на Плиска.
6. Да се направи сравнителен анализ на направените в миналото археологически карти на Външния град на Плиска като се сравнят с резултатите от визуалното дешифриране на използваните аерокосмически изображения.
7. Предлагане на класификационна схема и картографиране на типовете земно покритие въз основа на данните от компютърно подпомогната визуална интерпретация на спътникови изображения за целите на археологическото проучване за изследвания район.
8. Разработване на методика за картиране на археологически обект Плиска базирана на геоинформационни технологии.

9. Да се предложи методика за неструктивно проучване на археологически обект основана на аерокосмически данни и геоинформационни технологии до етап теренни археологически издирвания включително.

1.4. Обект на изследване

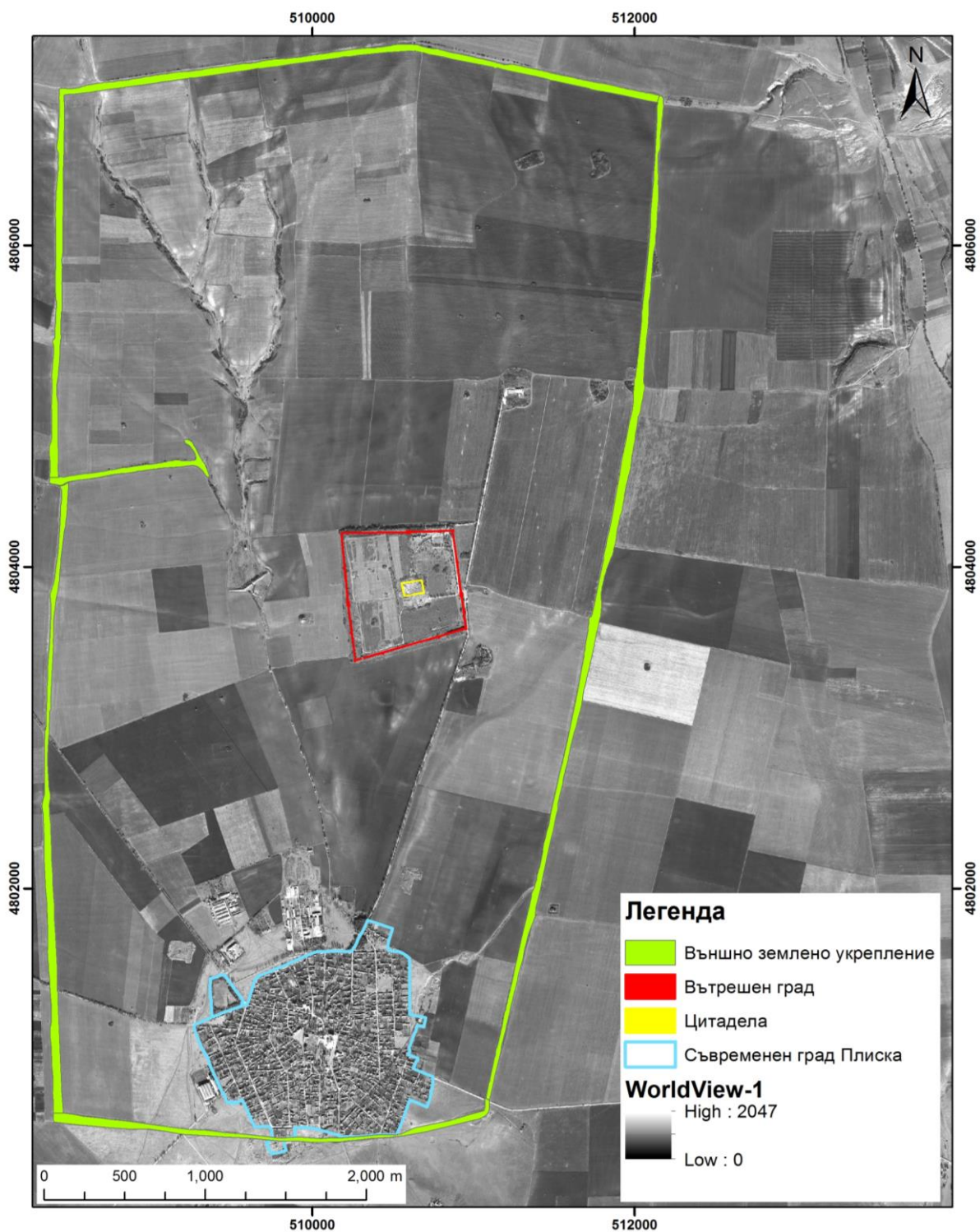
Обект на изследване е Външния град на средновековната българска столица Плиска. Останките от средновековния град се намират в Североизточна България на 28 km североизточно от град Шумен (фиг. 1-1). Той е с площ около 22.3 km², като върху неговата територия е заета предимно от земеделски земи. В южната част е разположен съвременният гр. Плиска с площ от 1.5 km² /по изчисления на площите в гео-базата данни/.



Фиг. 1-1. Местоположение на Национален историко-археологически резерват Плиска /за основа е използвано изображение от сензора MODIS/

Археологическите проучвания на Плиска започват през 1899 г. и с някои прекъсвания продължават и до днес. Територията на средновековна Плиска днес условно е разделена на две части: Вътрешен град и Външен град (1-5). Външният град обхваща площ от около 21.9 km² и е заобиколен от землено укрепление, състоящо се от ров и вал (фиг. 1-5). Поради голямата си площ, той и до днес е слабо проучен. Вътрешния град има площ от 483 дка и е добре проучен, като част от постройките и укрепленията са реставрирани /Аладжов 2009/. С оглед опазването на българското културно-историческо наследство, територията на средновековния град Плиска през 1970 г. е обявена за археологически резерват.

Карта на основната структура на средновековна Плиска и разположението на съвременния град Плиска

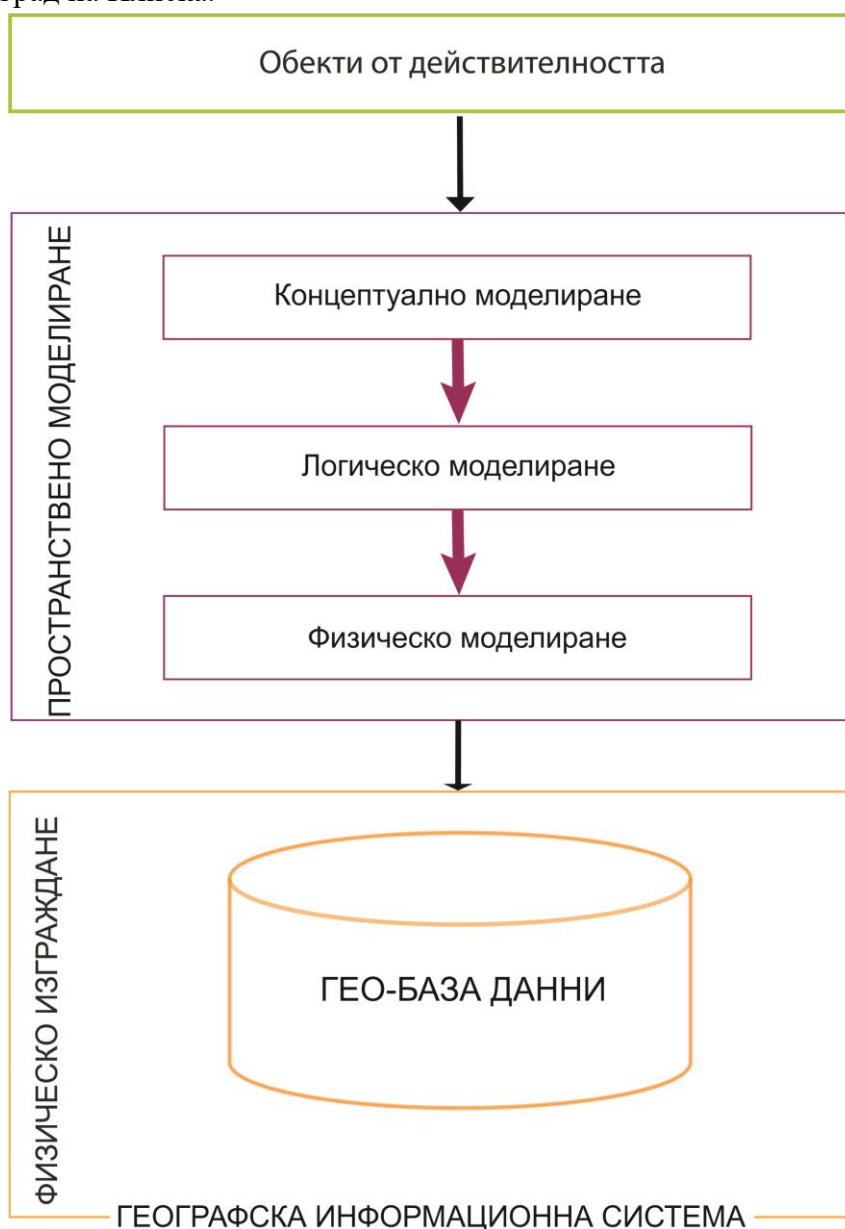


Фиг. 1-5. Структура на средновековната българска столица Плиска и разположението на съвременния град Плиска /за основа е използвано спътниково изображение от сензора WorldView-1/

1.5. Понятие за пространствен модел

В речника на ЕСРИ пространственото моделиране е дефинирано като "Методология или набор аналитични процедури, използвани за извличане на информация за пространствените взаимовръзки между географски феномени" /*ESRI Dictionary*/.

В настоящето изследване понятието за пространствен модел се разглежда като резултат от концептуално, логическо и физическо моделиране на пространствени данни за обекта на изследване /*Longley, Goodchild, Maguire, Rhind 2004; pp. 178-179*/;. Продуктът от това моделиране представлява гео-база данни (фиг. 1-6). Моделът на организация на пространствената информация в единна база данни, дефинирането на взаимовръзките между данните представлява пространствения модел на археологически обект Външен град на Плиска.



Фиг. 1-6. Пространствен модел

Пространственото моделиране при документиране и картографиране на археологически обекти представлява изграждане на пространствени модели на разположението на обектите, отделните сгради, структури и артефакти и атрибутивните непространствени данни свързани с обектите. Може да бъде включена и допълнителна информация за района на археологическия обект като например земно покритие, релеф и друга информация свързана с конкретното проучване /Rivett 1997; Koistinen 2004; Howard 2007; Neubauer, Doneus, Trinks 2012; Lasaponara, Masini 2012; Corsi, Slapšak, Vermeulen 2013; Orengo 2013; Risbøl, Bollandås, Nesbakken, Ørka, Næsset, Gobakken 2013/. Тези археологически проучвания могат да бъдат извършени върху различни по големина обекти, от отделни сгради до картографиране на археологическите обекти в регионален, национален и по-голям мащаб /Moyes 2002; Levy, Smith 2004; Gruenkemeier 2008; Kijowski, Słowik, Rączkowski 2010; Novák, Tokarczyk, Theiler: 2012; Sarris, Papadopoulou, Agapiou, Salvi, Hadjimitsis, Parkinson, Yerkes, Gyucha, Duffy 2013; Azzena, Busonera, Nurra, Petrucci 2015/. Резултатите от този вид изследвания са гео-бази данни и карти /Hansen, Simpson, Leigh, Welch, Peltz-Lewis 2005; Tantillo 2007; McCoy, Ladefoged 2009; Abdul-Rahman 2013 pp. 173-191/.

1.6. Съвременно състояние и проблеми при приложението на дистанционните методи и ГИС в археологическите проучвания, представени в литературата

Географските информационни системи навлизат в археологията през 80-те години на миналия век. Някои автори приемат, че това е станало в края на десетилетието /Djindjian 1998, стр. 19; Djindjian 2009/, според други това става по-рано, като в Европа разпространението на ГИС технологиите в археологията започва в началото на 90-те години /Allen, Green, Zubrow 1990; Scianna, Villa 2011; Gillings, Mattingly, van Dalen 2000; Wheatley, Gillings 2002; Moscati 1998; Batanina, Hanks 2013/. Тяхното прилагане продължава до днес и нараства по значение и употреба. Приложението на дистанционните изследвания в археологическите проучвания има значително по-дълга история. Както посочват изследванията, те започват с приложението на въздушната фотография в края на 19 век и от началото на 20 век активно се използват /Ceraudo 2013; Giardino, Haley 2005; Giardino, Haley 2006/. За начало на използването на спътникови снимки за целите на археологическото проучване условно може да се приеме началото на използването на декласифицирани спътникови снимки от американския спътник CORONA и съветския КВР 1000 в началото на 90-те години, както и спътниците Landsat, ASTER и SPOT /Buck, Sabol, Gillespie 2003; Cavalli, Colosi, Palombo, Pignatti, Poscolieri 2007/. След 2000-та година с появата на спътникови сензори със свръхвисока пространствена разделителна способност, като IKONOS, Quickbird, Worldview, Geoeye, Pleiades значително нарастват възможностите за проучване на археологически обекти с помощта на спътникови снимки /Lasaponara, Masini 2012; Agapiou, Lysandrou 2015; Giardino 2011; Corsi, Slapšak, Vermeulen 2013/.

1.7. Хронологичен анализ на картиранията на Външния град на Средновековната българска столица Плиска

Направен е анализ на проучването на археологически обект Плиска през годините, като вниманието е съсредоточено върху всички досегашни опити да се картира обекта и използваните за това методи. Проучванията на отделни обекти на територията на Външния град няма да се разглежда, защото излиза извън темата на дисертационния труд.

Първото картиране на района на Външния град на Плиска е извършено от екипа на Шкорпил през 1899-1900 година, когато се извършва първото проучване на района, в рамките на което са извършени теренни обхождания и разкопки */Шкорпил 1905/*. Картата обхваща целият Външен град и близката прилежаща околност. Картирани са обекти във Външния град и извън него в близост до земленото укрепление */Шкорпил 1905, табл I/*.

В района на Външния град на Плиска на картата на Шкорпил освен каменната крепостна стена на Вътрешния град, каменният път, Голямата базилика и черни пътища са нанесени още 22 археологически обекта. Това са могили, останки от седем черкви, останки от сгради и купчини строителни материали. Всички те са номерирани на картата, като могилите са номерирани с римски цифри, а останалите останки с арабски цифри. Точността на разполагане на обектите на картата се определя въз основа на съвпадение с местоположението на обекта върху съвременен орторектифицирано спътниково изображение. Повечето обекти днес са запазени във вид на участъци от терена, които не се подлагат на земеделска обработка и затова са обрасли с трева и храсти. Могила номер 34 е запазена във височина, а номер 32 и 33 са разорани, но личат на терена. Точността на ситуиране на обектите върху картата варира от точно съвпадение на местоположението, например при могила 34 до отместване със малко над 300 m при черква номер 1. Картираните обекти са описани на терен, но не са проучвани с разкопки.

Картирането на Плиска продължава от екипа на Стамен Михайлов през 40-те и 50-те години на XX век. Използвана е картата съставена от Шкорпил като върху нея са нанесени допълнително открити и проучени обекти. Проучванията на екипа на Михайлов са съсредоточени във Външния град на Плиска. Те са планирани от музейния комитет през есента на 1944 година */Михайлов 1949, с. 171-225; 1955, с. 49-175; 1963, с. 5-46; Михайлов, Милчев 1959 с. 263-288/*. Както пише Михайлов „За ръководно начало при избиране на обектите, които трябваше да бъдат разкопани, служеше не внушителността и привидната важност на развалината, а това, доколко тя бе застрашена от унищожаване и окончателно изчезване. Тъкмо поради тези причини разкопаването на набелязаните предварително обекти се явяваше наложително и неотложно.“ */Михайлов 1949, с. 173/*. Разкопките на територията на Външния град са извършени на три етапа: първия 1945-1947 година, вторият 1948 - 1951 година и третият е по-късен 1959 - 1961 година. Основната цел на проучванията на Михайлов са разкопките на различни обекти във Външния и Вътрешния град и картирането на Външния град се явява съпътстваща работа. Топографската карта на Шкорпил е представена от Михайлов като окомерна скица и на нея са нанесени 13 нови обекта */Михайлов 1949 с. 171, обр.1/*. Окомерната скица има линеен мащаб в метри, дължината е 3000 метра с разграфка 500 m в долната част на скицата. Общо за този период са проучени 20 обекта, от които 17 черкви и три

граждански сгради и комплекси. Единствено църква номер 17 е проучвана от Никола Мавродинов */Мавродинов 1949/*. Проучването на Плиска продължава през 1948-1951 година. През 1948 година от 3 юли до 18 август се извършват проучвания във Външния град като са разкрити и разкопани 6 нови обекта, които са отразени на картата на Плиска. Представена е подобрена окомерна скица със заглавие „План „Плисковското укрепление“, на която са нанесени всички открити обекти */Михайлов 1955, с. 49 и с. 50, обр. 1/*. Окомерната скица има линеен мащаб в метри с дължина 3000 m и разграфка 500 m. Разположен е в горната част на окомерната скица. Точността на окомерната скица на Михайлов е същата като точността на картата на Шкорпил, върху която той нанася новите обекти, представени с условни знаци.

Картирането на Външния град е продължено от Павлина Петрова през 80-те години като картата е публикувана в началото на 90-те */Петрова 1984; Петрова 1992, с. 65, Обр. 1/*. За пръв път се използва тахиметрична снимка на района, като основа на археологическата карта. Тя е част от план на района Плиска в мащаб 1:10 000, направена от „Агропромпроект“ Шумен. Според мнението на Я. Димитров картата на Петрова отразява състоянието на проучванията във Външния град на Плиска от средата на 80-те. */Аладжов, Димитров, Стаменов, Стаменова, Стоянова, Иванов, Стойчев 2013/*. Използвана е номерацията на обектите въведена от Шкорпил, в която могилиците се обозначават с римски цифри, а останалите обекти с арабски. Също така е запазено въведеното от Михайлов разграничение на условните знаци за обектите открити от Шкорпил и обектите открити от Михайлов, макар че за обекти номер 30 и 37 това правило е нарушено и те са погрешно отбелязани, като нанесени от Шкорпил. На картата са нанесени 11 нови обекта, като те са представени не с условни знаци, а схематично, като е очертана тяхната форма най-общо. Освен тях на картата е нанесено северното разширение на Вътрешния град.

Картата на Петрова представлява първият опит за картографиране на Външния град на Плиска с използване аерофотоснимки и тяхното визуално дешифриране. Направените снимки на района са любителски черно-бели, заснети от автора в перспектива от борда на самолет от селскостопанската авиация вероятно. Въпреки този недостатък снимките дават възможност да се дешифрират и очертаят формите и границите на археологически обекти във Външния град, различими по тонове и нюанси, отразяващи разликите в цвета на почвата. Дешифрираните обекти са нанесени на картата схематично във вид на площни обекти. По този начин са представени не само новите, открити от Петрова обекти, но и някои от обектите, открити и картирани от предишните изследователи. Така са представени обект 9 и обект 14 открити от Шкорпил и обекти 24, 31, 33, 34, 36 открити от Михайлов. На картата на Петрова има изобразени обекти без номерация. Това е една редица обекти разположени във Външния град близо до южната крепостна стена на Вътрешния град */Петрова 1992, с. 65, обр. 1/*. Геореферирането на картата на Петрова и сравняването на нанесените обекти с видимите върху съвременно спътниково изображение обекти, даде възможност да се установи, че те са нанесени без значителни отклонения в местоположението си.

Следващата карта на Външния град на Плиска е направена от Рашо Рашев през 90-те години */Рашев 1990, обр. 1; Рашев 1995, с. 13, обр. 1/*. Картата на Рашев представя не отделни обекти, а ареали на обитаване на Външния град, които са хронологически

разграничени. Това е първият опит за хронологическо представяне на обитаваните райони във Външния град на Плиска. Ареалите са представени чрез щриховане с точки с различна гъстота. Това е по същество първата аналитична карта на Външния град на Плиска.

Пълна и детайлна цялостна карта на Външния град на Плиска е направена от Янко Димитров през 90-те години */Димитров 1992; 1995; 1998; Рашев, Димитров 1999; Dimitrov 2007/*. Картата е направена въз основа на публикуваните до тогава данни, както и теренни издирвания и сондажни наблюдения, проведени от нейния автор. В периода 1989-1990 на северната част на територията на Външния град на Плиска биват прокопани канали за тръби за напоителна система. Наблюдението на изкопите и документиране на откривания археологически материал е извършено от Янко Димитров. Предоставени са два плана на района изработени в мащаб 1:10 000 и мащаб 1:5000, на които са нанесени трасетата на тръбопроводите. Те служат за ситуиране на откритите находки на терен. Разстоянията на терен при ситуиране са измервани с двуметров земемерен пергел. Същият изследовател провежда и теренни издирвания на районите между изкопите за тръби в периода 1989-1992 година */Димитров 1998, с. 14-18, с. 26-30; Аладжов, Димитров, Стаменов, Стаменова, Стоянова, Иванов, Стойчев 2013, с. 283-291/*.

В резултат на проведените проучвания и теренни издирвания са регистрирани и картирани 40 селища и сектори от селища, 33 комплекса от сгради, 40 отделни сгради, 3 могили, 9 водопровода, 11 некропола, 28 църкви (в това число не влиза Голямата базилика с каталожен номер 51). Каталогът към картата на Димитров съдържа кратко описание, открити находки и датировка на обектите открити от автора и от предишни автори */Димитров 1998, с. 34 – 75; табл 11/*.

В периода 1997-2001 година на Плиска се провежда българо-германска експедиция, която има за цел да проучи Външния град с помощта на неструктивни методи. Основния фокус е насочен към извършване на археологически проучвания с помощта на геофизични методи и последващи археологически сондажи на набелязани обекти */Henning 2007/*. Направен е опит да се изгради географска информационна система за обекта. Работено е в локални координати археологическите проучвания чрез геофизични методи. Точността на привръзката, сравнена с GPS измервания направени през 2001 година е около 500 m, но се подчертава, че вътрешната геометрия не е нарушена. Резултатите от направените проучвания не са предадени на българската страна и не са налични */по информация на доц. д-р. П. Георгиев/*.

Следващото картиране на Външния град на Плиска е извършено през периода 2010 – 2012 година като част от проект „Старите български столици Плиска, Велики Преслав и техните околности“. Картирането се извършва на два етапа през 2010 и през 2012 година, които се различават по използваната методика на цялостното проучване и теренните издирвания от проведените преди това проучвания. За пръв път са използвани GPS и ГИС технологии и спътникови изображения, топографски карти за целите на картирането на Външния град на Плиска по методика разработена от екип на ИКИТ-БАН по линия на договор за „Разработване на първична гео-база данни и ГИС на Външния град на средновековната българска столица Плиска“ сключен между ИКИТ-БАН и НАИМ-БАН през 2010 година. Теренните издирвания и картиране на археологически обекти е извършено на два етапа, през 2010 и през 2012 година. Това дава възможност да

се позиционират точно откритите обекти и да се анализират пространствените данни в ГИС среда, а също така да се получи информация като визуално се интерпретират спътникови изображения, топографски карти и ортофото карти за района. Теренните издирвания и картиране през двата етапа е извършено по различни методи. През 2010 година теренното издирване и картиране е извършено по класическия метод като новост е използването на GPS приемници и измерването на точки от откритите обекти с тях. Измерените точки са обработени и вкарани в гео-база данни от екипа на ИКИТ-БАН. Откритите обекти са регистрирани стари обекти, чието местоположение се локализира точно или нови, неоткрити до този момент обекти. Обектите са разпределени в класове в зависимост от техните особености, като е спазена номенклатурата използвана от предишните автори картирали Външния град още от Шкорпил. В гео-базата данни класовете са представени като отделни слоеве. Обектите получават нова обща номерация, която е разделена по етапите на картиране, съответно от 2010 и 2012 година. През втория етап 2012 година се налага методиката на тотално издирване, модифицирана и подобрена от екипа на ИКИТ-БАН за целите на обекта Плиска. Тя включва използването на GPS приемник с ГИС софтуер, дигитални план-квадратна мрежи с дължина на страната на квадратите 50 m и 10 m и съобразена с това методика на движение на проучващия екип по терен. Тази методика дава много добри резултати за регистриране на обекти на терен. Тя също така дава възможността да се преброи масовият археологически материал на повърхността, да се позиционира в мрежата от квадрати със страна 10 m и след това да се разпредели количествено в ГИС среда, като се определят зоните на различни концентрации, нещо което дотогава не е правено. По този начин се определят зоните, в които е възможно да има археологически обекти. Обектите от 2012 година започват от номер 1000, а обектите от 2010 година от номер 2000. Това е направено заради удобство на табличния запис в ГИС среда. Също така новата система за номерация дава възможност да бъдат записани повече регистрирани обекти и да бъдат разпределени по години на проучване. Класовете обекти са: укрепителни съоръжения, селища, комплекси от сгради и единични сгради, църкви и манастири, плоски некрополи, могили и водопроводи. Към всеки обект има добавена атрибутивна информация – номер на обекта, вид на обекта, координати, площ на обекта, надморска височина, датировка, кратко описание на обекта, номер от предишна регистрация. Общо за двата етапа на проучване са измерени над хиляда точки на вече известни или нови археологически обекти, които след това са анализирани и редуцирани до 606 точки. Някои обекти с голяма площ и линеен характер, като Външното землено укрепление и крепостната стена на Вътрешния град са засечени с множество точки, като особено внимание се обръща на прекъсванията във Външното землено укрепление. Малки по размери обекти са засечени с по една точка. Точките от регистрираните през 2010 година археологически обекти преминават през няколко аналитични етапа и подреждане докато се достига до окончателния резултат. През втория етап на проучванията през 2012 година поради използването на подобрена методика регистрирането на обектите е подобрено. Регистрирани са 99 обекта, чиито граници се установяват на терен приблизително и се замерват с GPS точки, като след това тези граници се сравняват и с информацията получена от компютърно подпомогнато визуално дешифриране на спътникови изображения и цветни ортофото карти. За

съжаление в някои райони на Външния град с помощта на дешифриране на изображения не може да се установи наличие на археологически обекти и единствената информация е тази от теренните издирвания. /Аладжов, Димитров, Стаменов, Стаменова, Стоянова, Иванов, Стойчев 2013/

Изводи

Настоящото изследване представлява прилагане на възможностите на геоинформационните технологии за целите на археологическото проучване и документиране на Външния град на Плиска. С тяхното прилагане се повишава значително точността на картиране на археологическите обекти, възможностите за пространствени анализи, които да хвърлят допълнителна светлина върху структурата и развитието на Външния град.

Анализирани са направените до момента картирания на обекта, като са представени основните резултати от тях. В резултат на направения анализ бяха отчетени техните особености и недостатъци дължащи се на използваните методи за картиране в миналото – липсата на геоинформационни технологии, които не са съществували по време на извършване на картиранията и сравнителната неточност на картите, представянето на обектите с условни знаци, а не с мащабно умалени размери.

Представена е актуалността на тематиката за пространствено моделиране и пространствен модел за целите на археологическото проучване, като основа за проучване и документиране на археологическия обект с класически и недеструктивни методи. Актуалността на тематиката служи за изтъкване на предимствата на недеструктивното проучване като първичен етап върху който е съсредоточено настоящото изследване. Изследването разглежда етапи на проучване до теренно издирване включително.

Представена е необходимостта от прилагането на аерокосмическите методи на изследване и ГИС технологиите за проучването и опазването на археологическото културно наследство.

ВТОРА ГЛАВА

Методология за планиране и провеждане на археологически проучвания чрез прилагане на дистанционни методи и ГИС

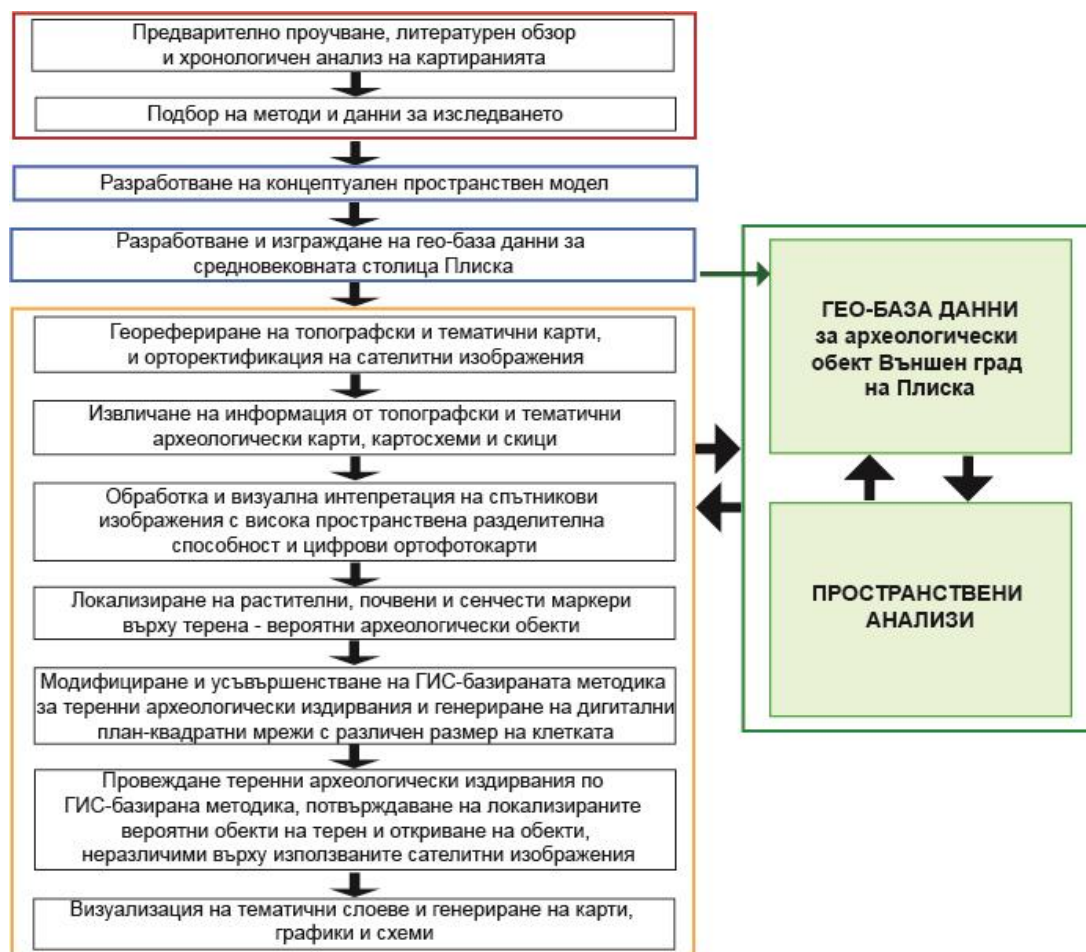
2.1. Методология – структурна схема на изследването и основни методи

Пространственият модел на Външния град на средновековна Плиска има за цел да интегрира пространствена информация за археологически обект в един модел, който да служи за документиране и анализ на тази информация за целите на археологическите проучвания (Фиг.2-1). Под пространствена информация в случая се разбира информация за мястото на един археологически обект или част от него в пространството. В модела е включена пространствена информация, която не е археологическа, но е свързана с археологическите обекти, като например информация за съвременното земно покритие. Непространствената информация, каквато е хронологията и датировките на обектите има основно значение в археологическите проучвания и е включена в пространствения модел като атрибутивна информация.



Фиг. 2-1. Структурна схема на концепцията за пространствен модел на Външния град на Плиска

На фиг. 2-2 е представена общата схема на предложената методика за планиране и провеждане на археологически проучвания чрез прилагане на дистанционни методи и ГИС за Външния град на средновековна Плиска.



Фиг. 2-2. Структурна схема на изследването

В основата на методиката се явява интегрирането на дистанционни, картографски и теренни данни. Тези данни се обработват, анализират, интегрират и съхраняват в разработена за целта гео-база данни и представляват пространствения модел на средновековна Плиска. В нея влизат както първичните, така и вторичните пространствени данни и атрибутивна информация. Резултати от пространствения модел са генерирането на различни тематични, картографски модели за целите на археологическите проучвания и документиране и опазване на обектите в района на Плиска.

2.2. Използвани данни, материали и софтуерни продукти

В областта на археологията приложение намират основно изображения с висока и свръхвисока пространствена разделителна способност, което се обуславя от спецификата както на обекта на изследване, така и на археологическите обекти, описани в т. 2.2.

За територията на Външния град на Плиска са използвани следните видове данни:

- Панхроматично спътниково изображение от сензора WorldView-1 с разделителна способност 0,5 m заснето през октомври 2009 г.
- Панхроматични и многоканални спътникови изображения от сензора IKONOS с разделителна способност 1 m и 4 m, заснети през април и май 2010 г.
- Цифрови ортофото карти с разделителна способност 0,5 m, заснети през юни 2006 г. и през лятото на 2011 г.
- Сканирани черно-бели ортофото карти в мащаб 1:5000 от 1987 г.
- Топографски карти на района в мащаб 1:5000.
- Археологически карти на района правени от различни автори в миналото: картата изработена от Карел Шкорпил, първата карта на археологическите обекти в Плиска */Шкорпил 1905/*, картите изработени от Стамен Михайлов */Михайлов 1949; Михайлов 1955/*, картата от Павлина Петрова */Петрова 1992/*, картата изготвена от Янко Димитров и включена в неговия дисертационен труд защитен през 1998 и публикувана също така от Рашо Рашев и Янко Димитров по-късно */Рашев, Димитров 1999/*. Тези карти са събрани в последното проучване по темата излязло като монографичен труд */Аладжов, Димитров, Стаменов, Стаменова, Стоянова, Иванов, Стойчев 2013/*.

Използваните спътникови изображения, цифрови ортофото карти, топографски карти и част от археологическите данни за настоящия дисертационен труд са осигурени във връзка с изпълнение на следните проекти:

1. Панхроматичното изображение от сензора WorldView-1 и едромашабните топографски карти са предоставени във връзка с изпълнение на Договор № 453/11.06.2010 г. „Разработване на първична гео-база данни и ГИС на Външния град на средновековната българска столица Плиска“, сключен между ИКИТ-БАН и НАИМ-БАН, в качеството на подизпълнител по проект „Старите български столици Плиска, Велики Преслав и техните околности“.
2. Данните от проведените археологически издирвания са получени в резултат на изпълнението на проект „Старите български столици Плиска, Велики Преслав и техните околности“, като докторантът Стефан Стаменов е участвал като ГИС специалист съвместно с археологическия екип в провеждането на всички теренни археологически издирвания в периода 2010-2012 г.

3. Спътниковите изображения от сензора Ikonos, заснети на 13 април и 2 май 2010 г. са предоставени от GeoEye Foundation, след като докторантът кандидатства и спечели проект за дарение на спътникови изображения на тема „Пространствен модел и хронологичен анализ на средновековния град Плиска на базата на дистанционни и наземни данни” през 2011 г.
4. Цветните ортофото карти, заснети през 2006 г. и 2011 г. са предоставени от МЗХ за целите на научни изследвания на аерокосмическите полигони на България.
5. Сканирани черно-бели ортофото карти в мащаб 1:5000 от 1987 г., предоставени от НАИМ-БАН.

2.3. Методика на проучването

2.3.1 Разпознаване на археологически обекти по самолетни и спътникови изображения

Според Чл. 146. (1) от Закон за културното наследство: "Археологически обекти са всички движими и недвижими материални следи от човешка дейност от минали епохи, намиращи се или открити в земните пластове, на тяхната повърхност, на сушата и под вода, за които основни източници на информация са теренните проучвания." /Закон за културното наследство в сила от 10.04.2009 г./.

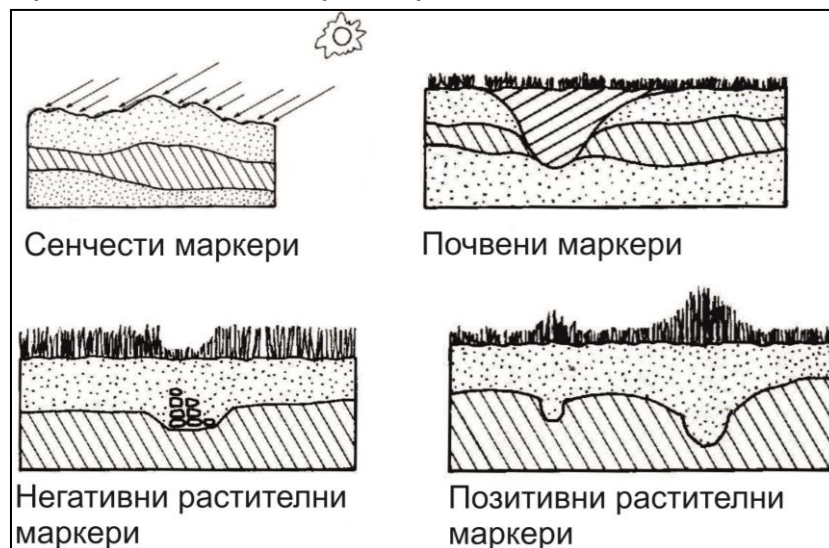
С помощта на спътникови и аерофотоснимки могат да се локализируют и картографират само недвижимите останки от материалната култура от минали епохи. Археологически обект може да бъде както отделна сграда, така и комплекс от сгради, отделно съоръжение или комплекс от сгради и съоръжения или цяло селище. Те представляват антропогенни обекти от минали епохи. Спътниковите и аерофотоснимки се използват за локализиране и картографиране на археологически обекти /*Alexakis, Sarris, Astaras, Albanakis 2011; Aqduş, Hanson, Drummond, 2008, 2012; Bourgeois, Meganck 2005; Connolly 2005, 2012; Crutchley 2009; Deegan, Foard 2007; De Laet, Paulissen, Waelkens 2007; Giardino 2011; Lasaponara, Masini 2011, 2012; Musson, Palmer, Campana 2013; Parcak 2009; Rowlands, Sarris 2007*/. Издирването и картографирането на археологически обекти с помощта спътникови и аерофотоснимки дава възможност да бъдат проучвани големи територии по-лесно и бързо в сравнение с метода на теренното археологическо издирване. Те обаче не могат да го заменят, а са предварителен етап на проучването на даден район, който дава възможност да се прецизират и планират бъдещите археологически проучвания - теренни издирвания и разкопки /*Alexakis, Sarris, Astaras, Albanakis, 2011; Deegan, Foard 2007; De Laet, Paulissen, Waelkens 2007; Fry, Skar, Jerpåsen, Bakkestuen, Erikstad 2004; Cullotta, Barbera 2011; Noviello, Ciminale, De Pasquale 2013; Siart Bubenzer, Eitel 2009*/. Отделни сгради или комплекси от сгради, укрепителни съоръжения в различна степен на разрушеност могат да бъдат пряко или косвено различени върху терена, заснет на изображението.

Разрушеността на археологическия обект е следствие от влиянието на деструктивни фактори, специфични за района, в който той се намира. Така например в райони с интензивна земеделска обработка на терена, какъвто е случаят на настоящото изследване, археологическите обекти ще бъдат силно разрушени, докато райони с горска растителност те могат да са много по-добре запазени, но не са видими защото

растителността ги скрива. В този смисъл видимостта на обекта не е пряко следствие единствено от неговата разрушеност, а също така от вида земно покритие в района /Agapiou, Hadjimitsis, Sarris, Georgopoulos, Alexakis 2013; Crutchley 2009; Hejzman, Smrž 2010; Gojda, Hejzman 2012/.

Важно е да се подчертае, че не всички останки от разрушени сгради, съоръжения различни на спътникови или аерофотоснимки са археологически обекти. Те могат да бъдат съвременни антропогенни обекти или природни обекти /Aqduş, Hanson, Drummond 2008, p. 363/. Определянето на локализиран по спътникова или аерофотоснимка обект като археологически и неговото датиране може да стане само чрез класическите методи на проучване - теренни археологически издирвания и археологически разкопки.

Археологическите обекти на терен могат да бъдат идентифицирани пряко или по косвени признаци. При прякото идентифициране имаме различни структури на терена, които се виждат с просто око. В много случаи археологическите обекти не са видими върху терена без помощта на дистанционни методи, защото се намират под съвременната земна повърхност. Такива обекти могат да бъдат локализирани от въздуха или при провеждане на теренни археологически издирвания. Причина за това е факта, че обектите макар да се намират под повърхността на терена оставят върху него различни следи, които могат да се видят на спътникови, аерофотоснимки и в някои случаи на снимки, направени от издигната на малка височина платформа. Тези следи са основно три вида - растителни маркери /cropmarks/, почвени маркери /soilmarks/ и форми на релефа. В третия случай е по-правилно да се говори за микрорелеф, заради малките размери на тези форми сравнени с формите на природния релеф. /Agapiou, Hadjimitsis, Sarris, Georgopoulos, Alexakis 2013; Aqduş, Hanson, Drummond, 2008, 2012; Lasaponara, Masini 2007; Hejzman, Smrž 2010; Gojda, Hejzman 2012; Verhoeven 2011/



Фиг. 2-3. Схема на влиянието на археологически субструкции върху растителността.

<http://www.informatics.org/france/aerial.html/>

2.3.2. Предварителна обработка на първичната информация - геореферирание на топографски карти и орторектификация на спътникови изображения

Предварителна обработка на спътниковите изображения включва прилагането на атмосферни, радиометрични и геометрични корекции. Спътниковите данни използвани

в дисертационния труд са с предварително направени атмосферни и радиометрични корекции, и поради тази причина се разглежда само процеса на геореферирание и орторектификация. Извършено е геореферирание на топографските карти, археологическите карти от предишни картирания и ортогректификация на спътниковите изображения.

2.3.3. Географските информационни системи като метод и технология

Географските информационни системи и софтуерните продукти за обработка на изображения дават възможност за извършване на множество пространствени анализи и моделиране на данните. Пространственият анализ представлява набор от свързани операции за обработка, анализ и визуализация на пространствени данни с цел изучаване на даден обект или явление. Според дефиницията дадена в терминологичния речник на ЕСРИ, под „пространствен анализ“ се разбира изучаване на местоположението и формата на географските обекти и връзките между тях /Kennedy 2001/.

Примерите в научната литература за извършване на геопространствени анализи и прилагане на методи за цифрова обработка на спътникови данни и аерофотоснимки при изучаването, документирането и опазването на археологически обекти са многобройни /Lasaponara, Leucci, Masini, Persico, 2014; Pavlidis, L., 2005; Rajani, Rajawat, 2011/.

Основните геопространствени анализи и методи за обработка на данните, използвани в дисертационния труд са представени на фиг. 2-9.



Фиг. 2-9 Методи за цифрова обработка на спътниковите и аерофотоснимки и извършваните геопространствени анализи

2.3.4. Дистанционни методи за недеструктивно проучване в археологията

Компютърно-подпомогнато визуално дешифриране и интерпретация

Интерпретацията на изображението е сложен процес и пряко зависи от опита и познанията на изследователя, който го извършва. Точната интерпретация на снимка зависи от познаването на обекта на интерпретация, който е различен в различните науки, познаване на географския регион от който е снимката, което помага на изследователя да се ориентира в неговата специфика и познаването на системата за дистанционни изследвания, с която е заснета сцената /Campbell, Wynne 2011/.

При визуалната интерпретация на изображения за разпознаване и систематизиране на обектите, техните граници, взаимно разположение и взаимовръзки се използват дешифровъчни признаци /Книжников, Кравцова, Тутубалина 2004, с. 109-111; Чандра, Гош 2008, с. 96-97; Аковецкий 1983, с. 24-32; Сердюков, Патыченко, Синельников 1987, с. 156-167/. В англоезичната литература те се наричат елементи на интерпретацията на изображение /Campbell, Wynne 2011, p. 131; Lillesand, Kiefer. 2000, p, 192; Aronoff 2005, p. 262-264/. Интерпретацията на изображението е сложен процес и пряко зависи от опита и познанията на изследователя, който го извършва. Точната интерпретация на снимка зависи от познаването на обекта на интерпретация, който е различен в различните науки, познаване на географския регион от който е снимката, което помага на изследователя да се ориентира в неговата специфика и познаването на системата за дистанционни изследвания, с която е заснета сцената /Campbell, Wynne 2011/.

На основание на научните задачи, за чието решаване трябва да послужи интерпретацията авторите я подразделят на общогеографска и отраслова (тематична), като се уточнява, че различните видове интерпретация не се отличават рязко една от друга, а представляват единство на методи за изпълняване на задачи при всички видове интерпретация /Аковецкий 1983, с. 4-5; Сердюков, Патыченко, Синельников 1987, с. 156-157/.



Фиг. 2-10. Структурна схема на дешифровъчния процес /по Аковецкий 1983/.

Класификационна схема за картографиране на земното покритие за целите на археологическото проучване на Плиска

При разработването на класификационната схема на земното покритие на територията на Външния град на средновековна Плиска са проучени класификационната схема на Европейската агенция по околна среда - CORINE Land Cover /CORINE land cover 1994; CLC 2006/, на Американската геоложка служба /Anderson, Hardy, Roach, Witmer 1976/, на Организацията по прехрана и земеделие към Обединените нации /Di Gregorio, Jansen 1998/ и класификацията на Департамента за природни ресурси в Минесота /Richardson, Perry 2003/. Споменатите класификации са разработени за класифициране на земното покритие на големи територии, където неговото разнообразие е далеч по-голямо от това на територията на Външния град на Плиска. Предложената за изследваната територия класификационна схема отговаря на даденостите на земното покритие в района и в същото време се явява опит да се изработи класификационна схема на земно покритие, отговаряща на изискванията за теренна археологическа работа (таблица 2-4).

Табл. 2-4. Класификация на земното покритие и земеползването на територията на Външният град на средновековна Плиска

Код	Ниво 1	Ниво 2
1	Застроени земи	1.1. Жилищни територии
		1.2. Индустриални територии
		1.3. Асфалтови пътища
		1.4. Черни пътища
		1.5. Хидросъоръжения
2	Земеделски земи	2.1. Обработваеми земи
3	Растителна покривка	3.1. Тревиста растителност
		3.2. Смесена тревиста и храстова растителност
		3.3. Смесена тревиста и дървесна растителност
		3.4. Смесена дървесна и храстова растителност
4	Водни обекти	4.1. Реки
		4.2. Канали

Предложената класификационна схема цели земното покритие да се класифицира въз основа на отношението му към археологическите обекти и потенциалното наличие на такива в района и да се обособят класове, чиято специфика е съобразена с археологическия потенциал на района и която би определила някои условия за тяхното бъдещо проучване и опазване. Тя е модификация на основата на класификацията Corine, която е създадена за картографиране на европейски територии. В класификацията на Андерсън съществуват подобни класове. В класификационната схема на Плиска са използвани две нива, в сравнение с цитираните класификационни схеми разработени за големи райони, където нивата са три и повече (таблица 2-5). При необходимост може да се детайлизира с трето ниво.

Таблица 2-5. Класове земно покритие от класификацията Корине съответстващи на класовете предложени за територията на средновековна Плиска. /по http://eea.government.bg/bg/projects/korine-14/dokum_proekt/.

Ниво 1	Ниво 2	Ниво 3
1. Антропогенни обекти	1.1. Населени места	1.1.2. Населени места със свободно застрояване
	1.2. Индустриални, търговски и транспортни обекти	1.2.1. Индустриални или търговски обекти
		1.2.2. Пътно-шосейна и железопътна мрежи, и прилежащата им земя
2. Земеделски земи	2.1. Обработваема земя	2.1.1. Ненапооявана обработваема земя
	2.3. Пасища	2.3.1. Пасища
3. Гори и полуестествени площи	3.2. Храстови и/или тревни растителни съобщества	3.2.1. Естествени тревни площи
		3.2.2. Растителни съобщества на храсти и треви
		3.2.4. Преходна дървесно-храстова растителност
5. Водни обекти	5.1. Вътрешни води	5.1.1. Водни течения

Теренна верификация на резултатите от визуалната интерпретация на потенциалните археологически обекти и дешифрирането на земното покритие

Теренната верификация на потенциалните археологически обекти и земното покритие дешифрирани по спътникови данни и аерофото снимки е извършена по време на теренните археологически издирвания през пролетта на 2010 г. и 2012 г. и през есента на 2011 г.

2.3.5. ГИС-базирана методика за теренните археологически издирвания

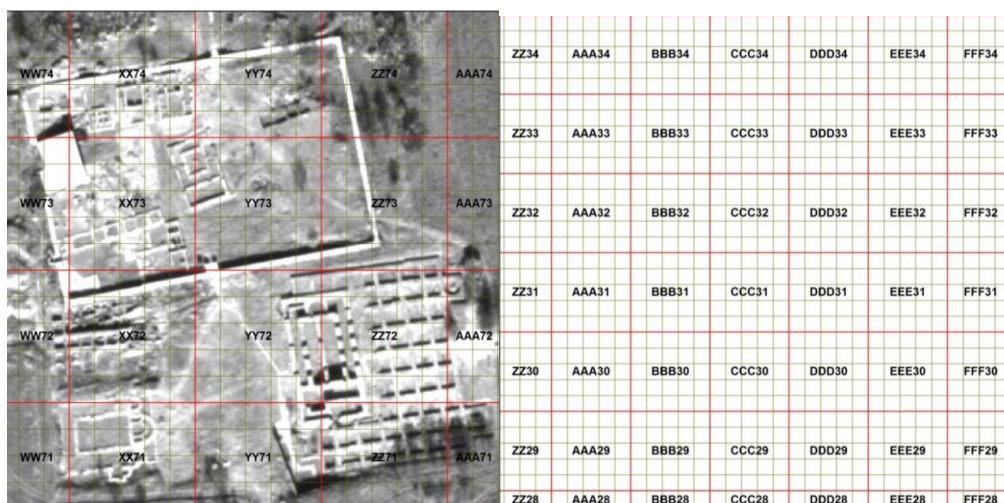
Методиката интегрира използването на спътникови и наземни данни, GPS измервания и ГИС технологии за целите на археологическите проучвания. ГИС-базираната методика включва 4 основни етапа, свързани с цялостното планиране и провеждане на теренните издирвания (Фиг. 2-11).

Използваната при обходите на Плиска методика е заимствана от методиката, приложена при обходите на газопроводите Набуко и Южен поток, както и в района на Казанлък, въведена като стандарт от колектив с ръководител д-р Георги Нехризов /*Sobotková, Ross, Nehrizov, Weissová 2010*/. Методът е доразвит с прилагането на предварително изчертани правилни полигони от Стефан Стаменов. Предвид спецификата на изследвания обект се наложи допълнително усъвършенстване на метода.



Фиг. 2-11. Етапи на работа при ГИС-базирана методика за теренните археологически издирвания

За цялата площ на Външния град е направена дигитална план-квадратна мрежа (грид) със страна на квадрата 50 m, наречен полигон. Методиката за теренните археологически издирвания на Външния град на Плиска е представена на Трета национална конференция по археология, история и културен туризъм Пътуване към България „България в световното културно наследство” през 2012 г. /*Стаменов, Аладжов 2014*/. Методиката се състои в следното: за целта са генерирани две дигитални мрежи за Външния град на средновековната българска столица Плиска – 50-метрова и 10-метрова план квадратна мрежи (фиг. 2-12).



Фиг. 2-12. План-квадратна мрежа на археологически обект Плиска – полигони с размер 50x50 m и 10x10 m

Дигиталните мрежи са с точни координати и се въвеждат в джипис приемника. Основна мрежа е 50-метровата, а 10-метровата е спомагателна. Дигиталните мрежи са ориентирани по посоките на света. По този начин се осъществява навигацията на проучвателския екип по терена.

Изводи

Във втора глава на дисертационния труд е представена като схема цялостната структура на методиката на проведеното изследване, даваща възможност за проучване и документиране на Външния град на Плиска.

Описана е методиката на компютърно подпомогнато визуално дешифриране на спътникови снимки и цветни ортофото карти, използвана при търсене и локализиране на археологически обекти. Той е използван като основен метод в изследването, съобразен със особеностите на проучвания район и степента на запазеност на археологическите паметници в него са картографирани следи от археологически обекти.

Описана е предварителната обработка на първичната информация - геореферирание на топографски карти и орторектификация на спътникови изображения.

Чрез предложената класификационна схема на земното покритие за целите на археологическото теренно издирване и управление на археологическите паметници се цели обособяване на типове земно покритие с различна степен на влияние върху археологическите паметници и тяхното запазване.

Предложена е разработена и подобрена за целите на Външния град на Плиска ГИС-базирана методика за теренни археологически издирвания.

ТРЕТА ГЛАВА: Разработване на пространствен модел за изграждане на гео-база данни за Външния град на средновековната Плиска

В настоящето изследване понятието за пространствен модел се разглежда като резултат от концептуално, логическо и физическо моделиране на пространствени данни за обекта на изследване /Longley, Goodchild, Maguire, Rhind 2004; pp. 178-179/, а продуктът от това моделиране представлява гео-база данни. Моделът на организация на пространствената информация в единна база данни, дефинирането на взаимовръзките между данните представлява пространствения модел на археологически обект Външен град на Плиска.

3.1. Принципи и концепции използвани при изграждане на гео-базите данни за археологически проучвания

Географската информационна система предлага ефикасни възможности за организация, анализ и трансформации на пространствени и непространствени данни в единна гео-база данни /Тепелиев, Димитров, Рашков 2008; Harmon, Anderson 2003; Попов 2007/. Нейната цел е получаване на необходимата информация в специфичен формат - картографски продукти и доклади, като позволява извършването на запитвания към базата данни от крайния потребител, с цел на извличане на конкретна информация.

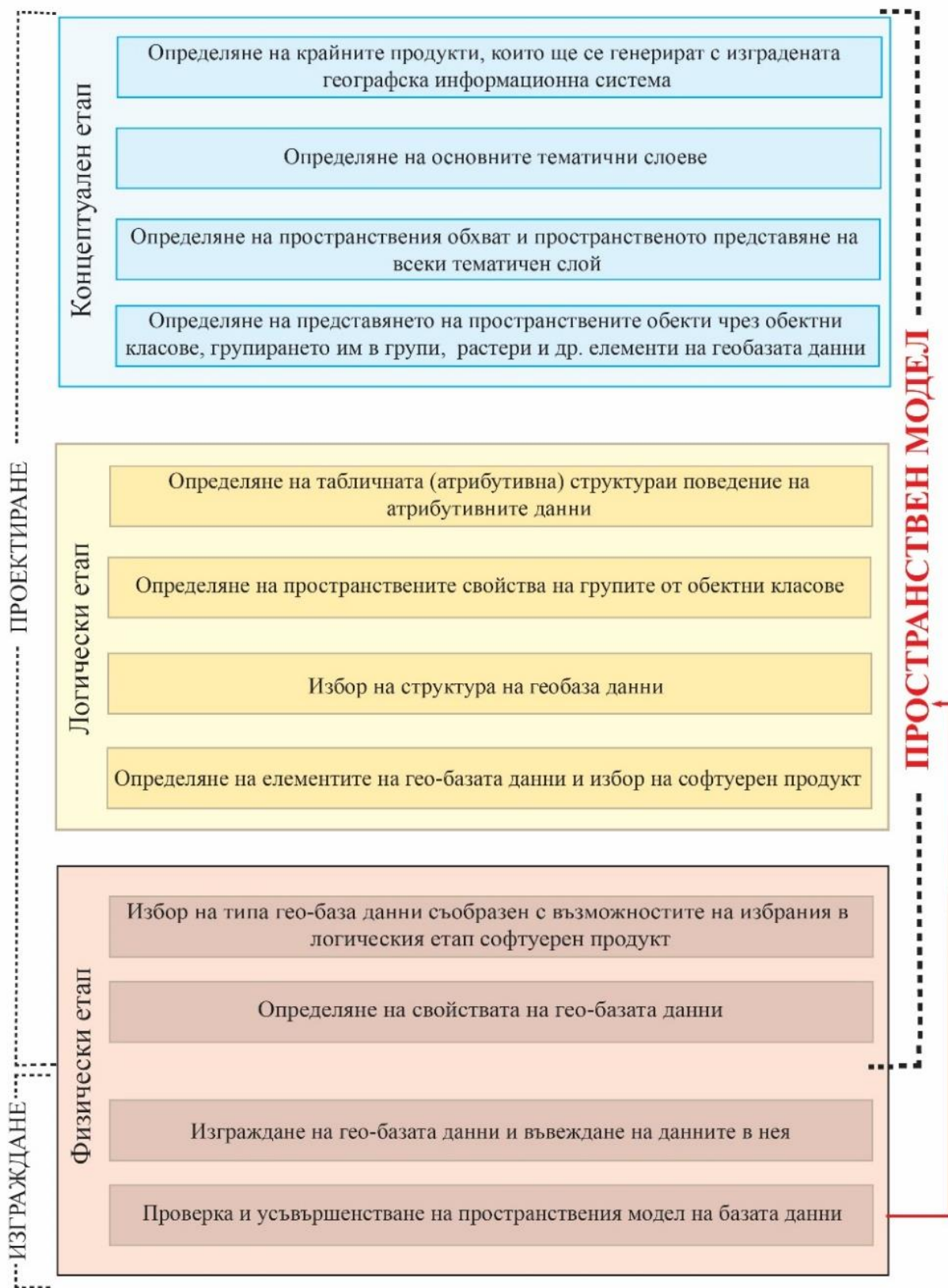
ГИС технологиите служат не само за картографиране и визуализация на пространствени данни, но и като средство за съхранение и обработка на големи масиви от информация под формата на гео-бази данни. Основна отличителна черта на гео-базите данни е пространственият характер на данните и възможността за дефиниране на поведение, съобразно спецификите на изследвания обект и задачите, които трябва да решава съответната гео-база данни /*Harmon, Anderson 2003*/. Съществен и основен елемент при изграждането на една географска информационна система е проектирането на нейната гео-база данни /*Arctur, Zeiler 2004; Zeiler 2010*/.

Към създаването на една гео-база данни се поставят високи изисквания, свързани с пространствената форма на организация и представяне на данните. Необходимо е да се отговори на редица въпроси, отнасящи се до вида и формата на данните и съответната им организация и управление. За да бъде максимално ефективна гео-базата данни трябва да отговаря на следните изисквания:

- да е позиционно точна
- да бъде съвместима с различни по тип и произход данни
- бъде съгласувана по време – съхраняваните в нея данни трябва да съответстват на определен период от време, за който те са актуални
- да съдържа подробна и достоверна атрибутивна информация
- да дава възможност за бъдеща актуализация и допълване с нова информация /*Лурье 2008*/.

През последните десетилетия ГИС технологиите, гео-бази данните и пространствените анализи заемат важно място при проектирането и разработването на гео-бази данни за целите на археологита е разглеждано от редица автори /*Артемьев, Дроздов, Зайцев, Шанарев, Якубайлик, Шахматов 1998; Kvamme 1984; Petrie, Johnson, Cullen, Kvamme 1995; Robertson, Seibert, Fernandez, Zender 2006; Tennant 2007; Tokmakidis, Kalyvioti, Nanakou 2004*/.

Процесът на разработване на една гео-база данни се осъществява в 3 последователни етапа: концептуален, логически и физически етап на организация /*Тикунов, 2004; Arctur, Zeiler 2004*). Разработването на гео-база данни се разделя на две основни дейности – проектиране и изграждане. Проектирането на гео-базата данни включва изцяло концептуалния етап и логическия етап, а също така и изборът на типа гео-база данни и определянето на нейните свойства, които са част от физическия етап на организация, като се завършва със създаването на краен продукт, наречен пространствен модел (фиг. 3-1). В този смисъл пространственият модел на гео-базата данни се явява краен продукт на процеса на проектиране и отразява специфичните особености и свойства на гео-базата данни.



Фиг. 3-1. Етапи на организация и изграждане на гео-база данни

3.2. Разработване на пространствен модел за Външния град на Плиска за целите на археологическите проучвания

Пространственият модел за Външния град на Плиска е съобразен с методиката за недеструктивно проучване на обекта и отговаря на изискванията за входната информация и възможностите за извършване на анализи. Необходимите входни данни са описани в предходната глава и са съобразени с поставената цел и задачи на настоящето изследване.

Концептуалният етап при разработване на гео-базата данни за Външния град на Средновековната българска столица Плиска е съобразен със спецификите на обекта и с прилаганата методика за теренни археологически издирвания и е част от проучването и картирането на района на Външния град. Гео-базата данни е съобразена с прилаганата методика за теренни археологически издирвания */Sobotková, Ross, Nehrizov, Weissová 2010/*, но модифицирана, доразвита и усъвършенствана в съответствие с типовите характеристики на откриваните във Външния град структури и с особената специфика на обекта като цяло */Стаменов, Аладжов 2014/*. Основната цел на разработваната гео-база данни е свързана с провеждането на теренни археологически издирвания на територията на Външния град на Средновековната българска столица Плиска. Тя трябва да дава възможност за планиране на провежданите археологически издирвания, точно позициониране на откритите артефакти и регистрираните археологически обекти и структури, съхранение на събраната археологическа информация и съпровождащата я атрибутивна информация и планиране на бъдещи проучвания.

Пространственият обхват на територията на изследване се определя от границите на Външния град на археологически обект Плиска с площ 22,3 km², което дефинира микро нивото на детайлност на разработвания пространствен модел.

При разработването на гео-бази данни се използват два основни модела на представяне на пространствените обекти - растерен и векторен модел на данните */Galati 2006; Тепелиев, Димитров, Раишков 2008/*. В настоящия пространствен модел се използват и двата модела на данни. Растерният модел на данните се използва за съхранение на по-значителни по обем данни, предимно данни от дистанционните изследвания – различни спътникови изображения, аерофотоснимки, като в този формат се представят и сканираните и геореферирани картни материали и планове, които служат за локализиране, проучване и картиране на археологическите обекти. Производните и рекласифицирани данни, получени в етапа на анализ и обработка на входната информация, в повечето случаи ще бъдат съхранявани във вид на растерни данни. Пример за такива данни, които ще участват в гео-базата данни, са необходимите за целите на анализа цифров модел на релефа и съответните морфометрични производни, като наклони, експозиция, закривеност и др. Растерните данни се съхраняват и въвеждат в гео-базата данни във формата ESRI grid, който е основният растерен формат на продуктите от серията на ESRI.

За разлика от растерния модел, векторният модел на данните се използва за представяне на дискретни обекти – археологически обекти и структури, находки, артефакти, класове земно покритие, пътища, реки, административни граници и др. Пространствените данни, представени чрез векторния модел, които се включват в археологическите ГИС са най-често точки, линии и полигони, очертаващи археологически обекти, зони на концентрация на керамика или други археологически находки, а също така векторизирани планове на разкопани сгради и съоръжения, точки с коти от археологическия обект. В някои случаи като допълнителна информация се включват и интерпретираните и дешифрирани съвременни обекти (сгради, съоръжения, инфраструктура, водни обекти, земеделски земи и други типове земно покритие) като за входна информация са използвани първичните растерни данни – спътникови изображения и аерофотоснимки. Обикновено при провеждане на разкопки, които заемат малки площи такива данни не са необходими, но при теренни издирвания на обекти тяхното включване в археологическата гео-база данни е препоръчително.

Логически етап



Вторият етап от разработването на гео-базата данни е логическият, който е свързан най-вече с изборът на типа база данни, отразяващ по най-подходящ начин предложени концептуален модел.

Един от най-широко разпространените типове бази данни са реляционните. Реляционният модел има таблична структура, при която редовете съответстват на един запис, а колоните съдържат характеристиките на обектите. Основното предимство на този модел е, че притежава множество начини и способности за индексирание на данните, което улеснява правенето на запитвания към базата данни /*Тикунов 2004*/.

Разработваната гео-база данни се базира на заложените принципи на създаване на БД в софтуерните продукти на ESRI от серията ArcGIS и използва предлаганите в него елементи на гео-базата данни. Основни елементи се явяват групата на обектните данни, заедно с обектните класове, таблиците (атрибутивните данни на обектите) и групата на растерните данни. Освен тези основни класове, гео-базата данни съдържа и много други елементи, даващи възможност за по-добра организация, ефективност и управление и използване на базата данни.

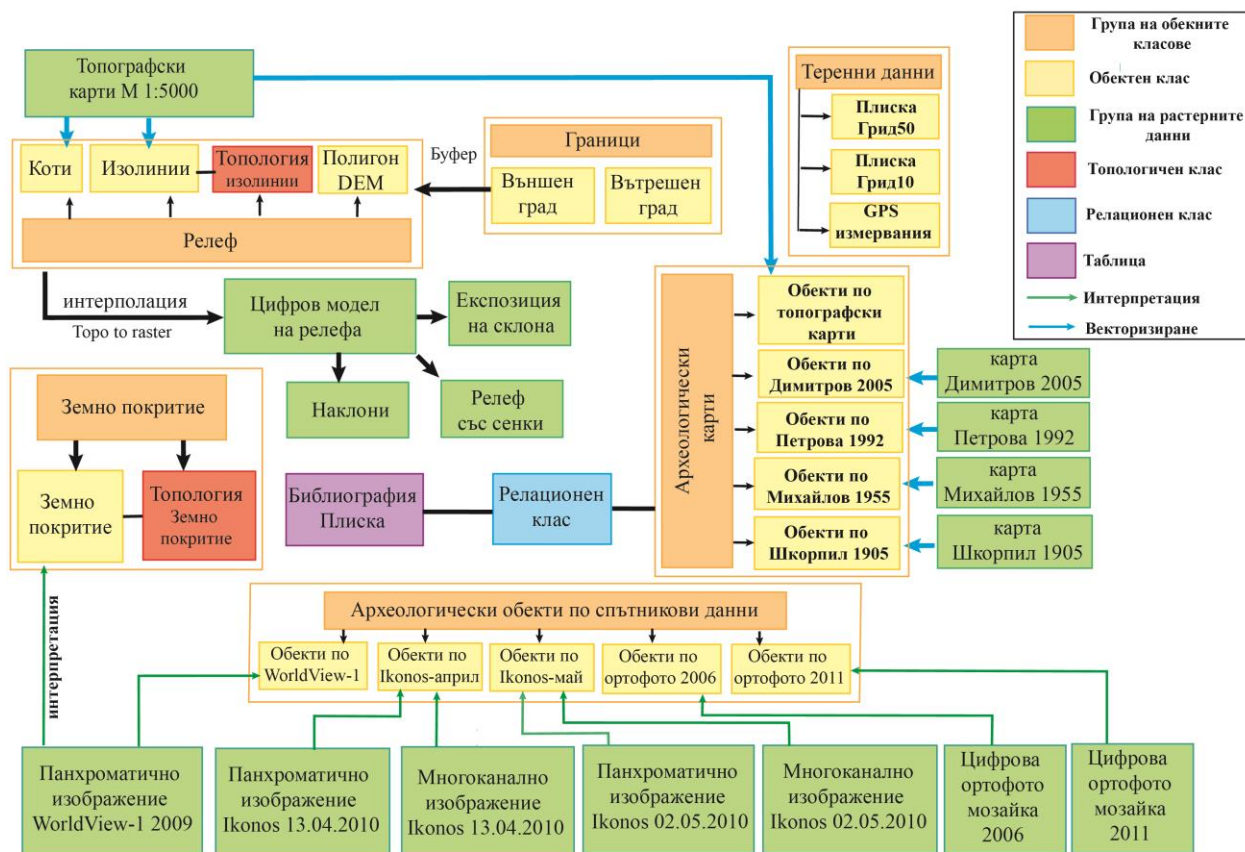
Физически етап

Разработваната гео-база данни за Външния град на Плиска се базира на заложените принципи на проектиране на БД в софтуерните продукти на ESRI – ArcGIS 10, с лиценз на ArcInfo. Софтуерният пакет ArcGIS Desktop работи с 2 основни типа гео-бази данни, разработени на принципа на реляционната концепция:

-  персонална гео-база данни за Microsoft Access;
-  файлова гео-база данни;

За целите на разработваната гео-база данни е избрана файловата базата данни с разширение gdb. Файловата гео-база данни позволява съхраняването на неограничен обем от пространствените данни и непространствени данни. Файловата ГБД поддържа всички елементи на гео-базите данни, налични в софтуера на ЕСРИ.

Въз основа на направеното концептуално, логическо и физическо описание на гео-базата данни е съставен пространственият модел на средновековна Плиска (Фиг. 3-3).



Фиг. 3-3. Пространствен модел на Плиска

3.3. Изграждане на гео-база данни за Външния град на средновековната българска столица Плиска

Въз основа на описания пространствен модел е изградена файлова гео-база данни за Външния град на Средновековната българска столица Плиска. Създадената ГБД обхваща данни за времевия период от 1905 г. до 2012 г. и има за цел съхраняване, визуализация, предоставяне на възможности за анализ, създаване на модели и селектиране на обекти по атрибути.

Структурата на гео-базата данни включва:

Група на растерните данни: -включени са растерни слоеве, представени от спътникови снимки, топографски карти и направените досега от различни автори археологически карти на обекта.

- Орторектифицирано панхроматично изображение на спътника Worldview-1, заснето на дата 28.11.2009 г. (фиг. 3-4)
- Панхроматични и многоканални изображения на спътника IKONOS – заснети на 13.04.2010 г. и на 02.05.2010 г. (фиг. 3-5, 3-6, 3-7 и 3-8)
- Цифрова ортофото карта от 2006 и 2011 г., с пространствена разделителна способност 0.5 m и 0.4 m. (фиг. 3-9 и 3-10)
- Геореферирани топографски карти в М 1:5 000 – 12 картни листа
- Геореферирани черно-бели ортофото карти в мащаб 1:5000 от 1987 г. -12 ортофото карти

- Геореферирани археологически карти и планове от предишни проучвания:
 - Карта на Външния град по Янко Димитров от 1998 г.
 - Карта на Външния град по Стамен Михайлов от 1955 г.
 - Карта на Външния град по Павлина Петрова от 1992 г.
 - Карта на Външния град по Шкорпил от 1905 г.
- ЦМР генериран по векторни данни от топографски карти в М 1:5000
- Slope
- Aspect
- Hillshade

Групите на обектните класове: - Базата данни съдържа тематични векторни слоеве, включващи дешифрирани по спътникови данни археологически обекти, както и слоеве на типовете земно покритие и земеползване, определени съобразно предварително изработена класификационна схема /Стаменов, С. 2012/. Гео-базата данни включва теренни данни от наложилата се напоследък методика за издирване на археологически обекти, модифицирана в съответствие с типовете характеристики на откриваните във Външния град структури и с особената специфика на обекта като цяло.

Групите на обектните класове в гео-базата данни за археологически обект Плиска са 2 и данните в тях са обединени тематично:

Група на векторни данни „Archaeological Maps” – съдържа векторизираните археологически обекти във Външния град, векторизирани по геореферираните археологически карти от предишните проучвания на района

- Група на векторни данни „Obhodi2010” - съдържа основните типове археологически обекти:
- Група на векторни данни „Land Cover” – съдържа информация за съвременното земно покритие и земеползване.
- Група на векторни данни “Arch_structures”- съдържа информация дешифрираните потенциални археологически обекти по различните аерокосмически данни
- Група на векторни данни “Terrain” - съдържа информация за топографията на района
- Група на векторни данни „Concentration” - съдържа информация за концентрациите и гъстотата на масов материал за района на външния град от проведените през 2012 теренни издирвания.
- Група на векторни данни „PliskaGrid”
- Група на векторни данни „Obhodi 2012”
- Група на векторни данни „Pliska_Granici”

Създадената файлова гео-база данни за Географска информационна система „ПЛИСКА” съдържа 23 групи с растерни данни, 9 групи с векторни данни с над 110 обектни класа (слоя) и 1 таблица. Тя може да бъде допълвана и актуализирана с нова информация.

Създадената гео-база данни на Външния град на Плиска представлява резултат от прилагането на неструктивни методи на проучване в археологията. Тези методи, съчетани с ГИС технологиите дават възможност за прецизно картиране на обектите на терен, различни пространствени анализи, планиране на проучванията и изработване на тематични карти.

Изводи

Разработен е концептуален, логически и физически модел на гео-база данни за Външния град на Плиска, представяща пространствения модел обекта.

Изградена е файлова гео-база данни, съдържаща растерни и векторни слоеве, представящи археологическите карти изготвени от предишни проучвания, данни от теренни издирвания, данни от визуално дешифриране на спътникови снимки и цветни ортофото карти на района, топографски карти, класове земно покритие, цифров модел на релефа.

Разработената гео-база данни служи за съхранение, обработка и анализ на информацията за археологическите обекти във района на Външния град на Плиска. Тя е отворена и може да бъде допълвана с данни от бъдещи проучвания.

ЧЕТВЪРТА ГЛАВА

Пространствени анализи и картографска визуализация

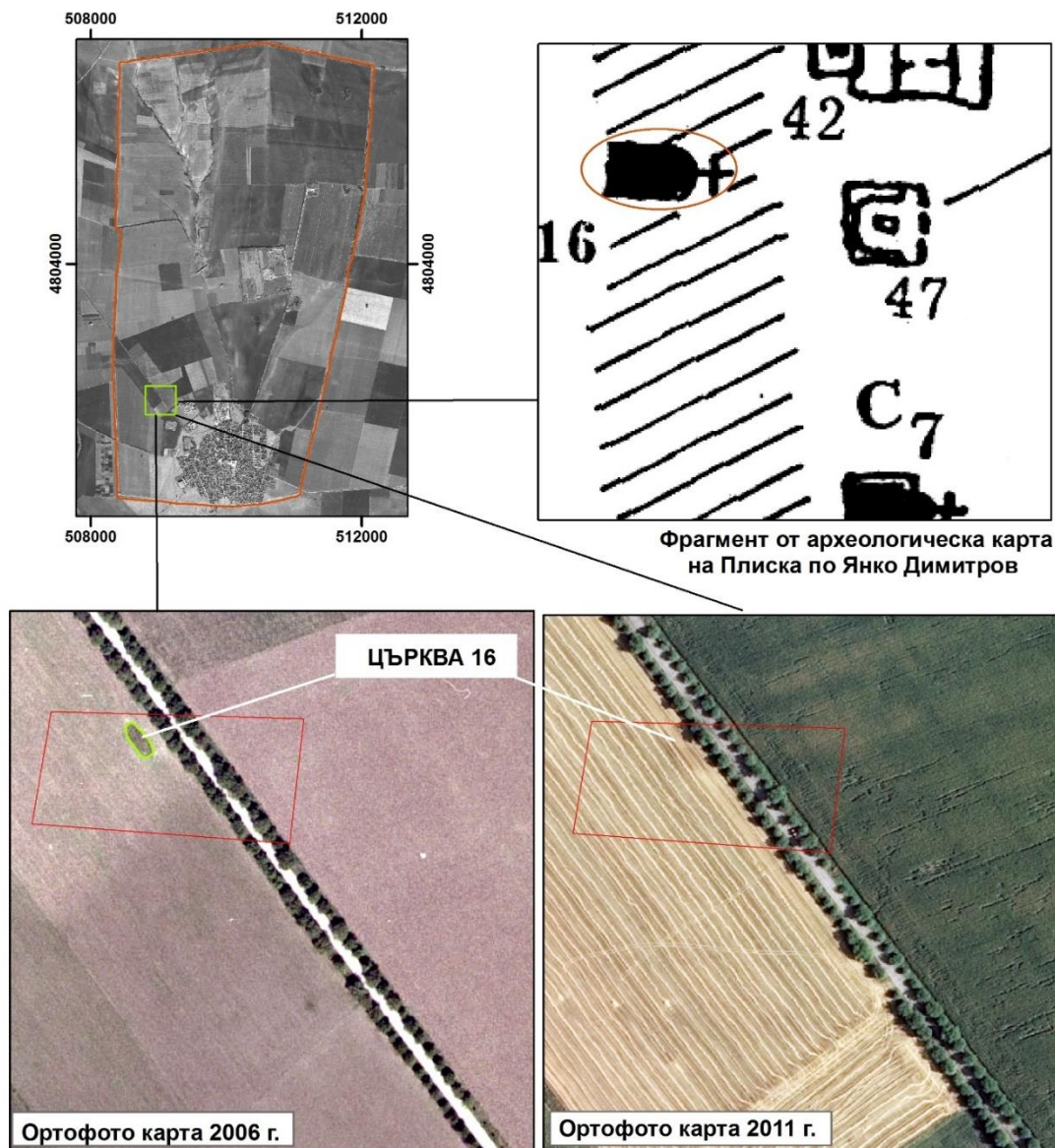
Предложената методика и разработеният пространствен модел са приложени при проучването на територията на Външния град на Плиска. Разгледана е тяхната ефективност и са представени крайните резултати при откриването и картирането на археологически обекти. В процеса на работа е извършена цифрова обработката на спътникови изображения, топографски карти, цветни ортофото карти, а също така са проведени наземните теренни измервания и корелации и са представени резултатите от тях.

4.1. Хронологичен анализ на картиранията на Външния град на средновековния град Плиска.

Извършеният хронологичен анализ на археологическите картирания през целия период на проучване на Външния град на Плиска има за цел да въведе в ГИС среда във вид на отделни слоеве всяка една от археологическите карти, направени в миналото. Археологическите карти са сканирани, геореферирани по контролни точки от спътниковите изображения и топографските карти и векторизирани. В гео-базата данни те са представени като растерни и векторни слоеве. Растерните слоеве са представени с цел визуализация на изготвените в миналото карти, докато векторните слоеве са изготвени заради по-удобната форма за работа с тях – пространствени анализи и възможността към тях в атрибутивната таблица да се въведе описанието и характеристиките на обектите за всяка карта. Всеки един слой има към него атрибутивна таблица, специално разработена въз основа на особеностите и информацията от картата, изготвена от всеки отделен автор.

Наличните археологически обекти, които не са разпознаваеми чрез компютърното подпомогнато визуално дешифриране на терена са потвърдени чрез теренните археологически издирвания през 2010 г. и 2012 г. Тази информация няма да бъде включена в дисертационния труд, защото нейните авторски права са собственост на целия екип, като е публикувана в монографията, която е в съавторство с автора на

дисертационния труд. Това даде възможност обектите от старите карти да бъдат сравнени и точно локализирани. Сравняването на ортофото карти и спътникови снимки направени през различни години и съпоставянето им с информацията от досегашните картирания даде възможност да се установи местонахождението на вече регистрирани обекти и тяхното опазване, напр. дали те са разорани или не. На фиг. 4.9 е показан пример на археологически обект, чиято територия не е била обработвана със земеделски машини през 2006 г., докато през 2011 г. тя вече е обработвана.



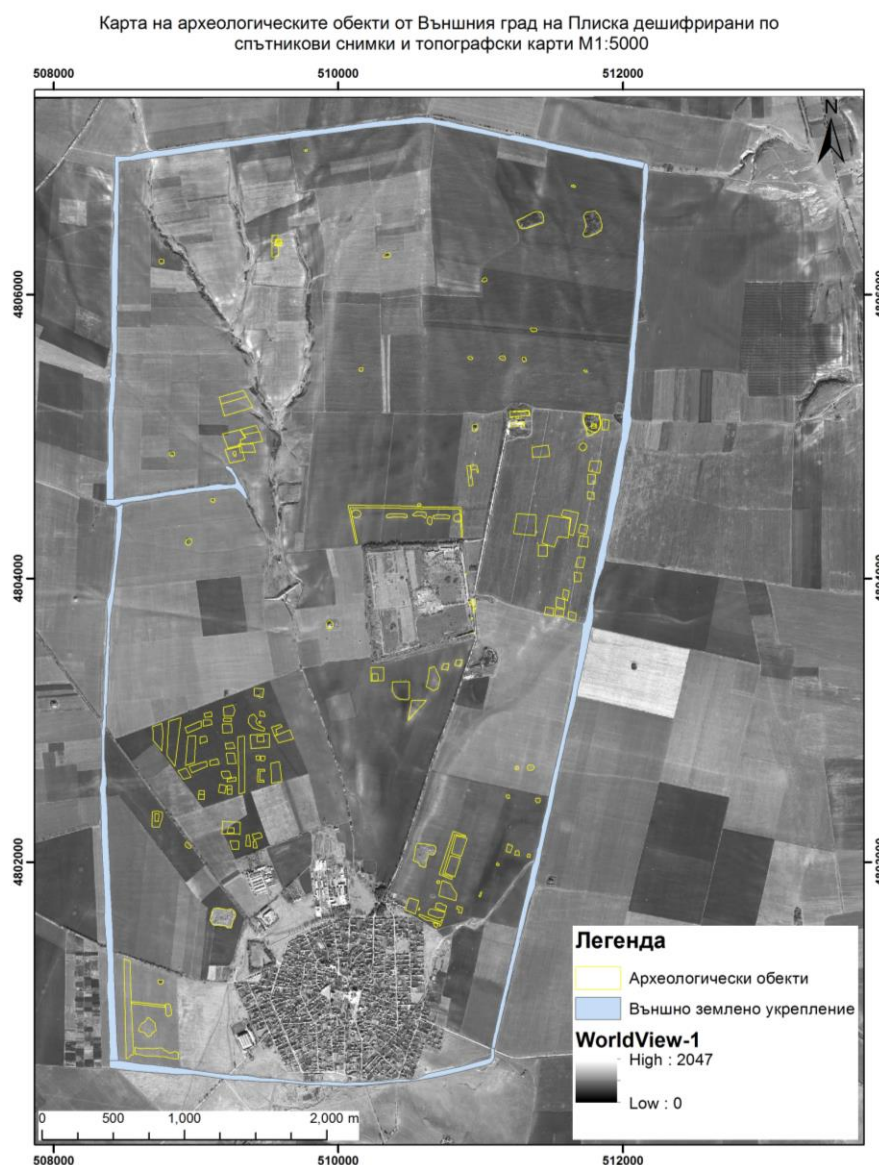
Фиг. 4-9 Сравнение на местоположението и опазването на археологически обект по спътникови изображения и ортофотокарти за различни години

4.2. Визуална интерпретация на археологически структури по спътникови изображения

През последните години проучването на Външния град на Плиска се активизира, като се набляга върху детайлното обхождане на района и старателното картиране на откритите обекти. Компютърно подпомогнато визуално дешифриране (визуална интерпретация) е използвана за да се открият следи от сгради, укрепителни съоръжения

и друг вид изградени структури от средновековна Плиска на територията на Външния град.

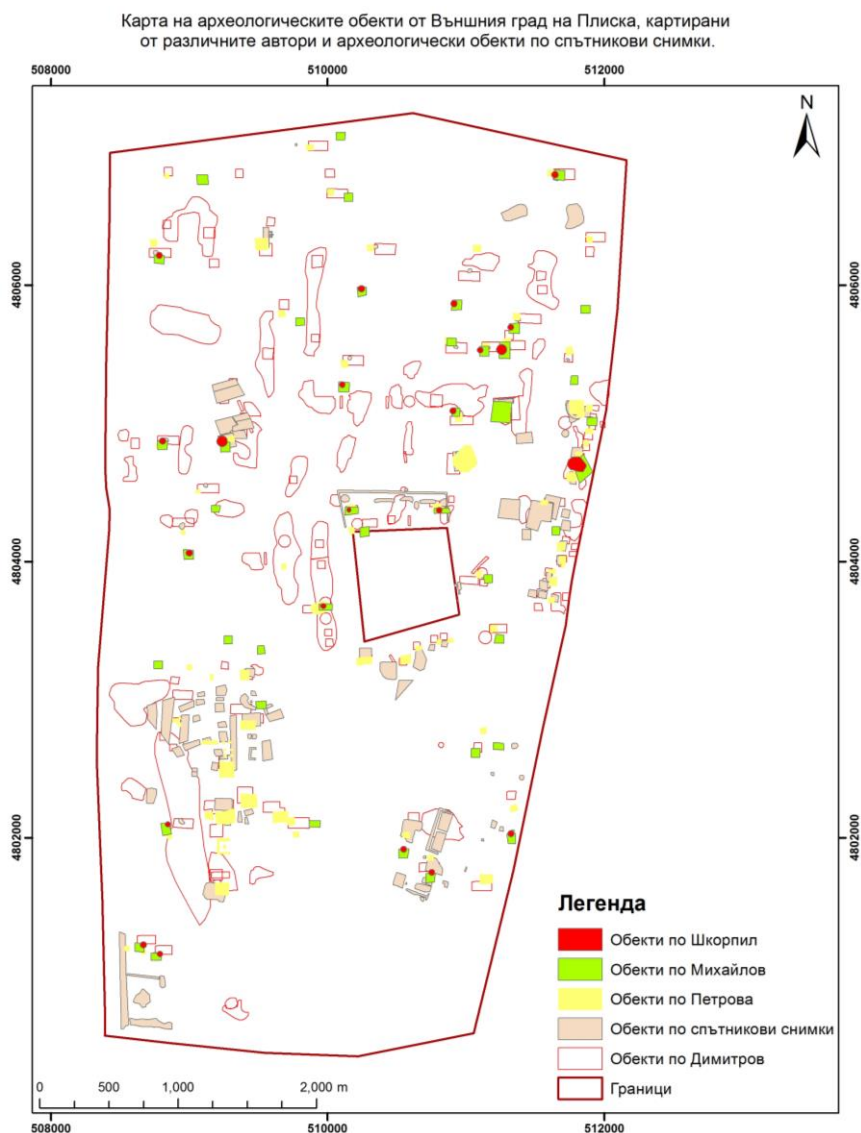
За целта са използвани предварително орторектифицираните спътникови изображения със свръхвисока пространствена разделителна способност на спътниците IKONOS и WORLDVIEW-1, както и цифрови ортофото карти за 2006 и 2011 г. Компютърно-подпомогнатата визуална интерпретация е извършена като са използвани преките дешифровъчни признаци форма, размер и тон. Информативните признаци са правилната геометрична форма, адекватен размер и светъл тон на дешифрирания участък, отличаващ го от тона на останалия терен. Тези преки признаци дават основание участъците да се интерпретират като останки от изкуствени структури, разпръснати от редовната машинна обработка на земята в района на Външния град на Плиска /*Стаменов 2011*/. Въз основа на извършената визуална интерпретация на спътниковите изображения Worldview-1 и IKONOS са дешифрирани около 158 потенциални обекта (фиг. 4-10).



Фиг. 4-10. Дешифрирани потенциални археологически обекти по спътникови изображения за Външния град на средновековната българска столица Плиска /с основа спътниково изображение от WorldView-1/

Част от тях са определени като археологически обекти въз основа на информацията от топографските карти на района в мащаб 1:5000, а друга част са корелирани с направената по-рано археологическа карта на Плиска /Рашев, Димитров. 1999/. Значителна част от дешифрираните потенциални археологически обекти са проверени на терен и корелирани с данните от теренни археологически издирвания проведени през 2010 и 2012 г. на територията на външния град на Плиска /Стаменов 2012/. Дешифрираните потенциални археологически обекти по спътниковите изображения на получени от сензорите Worldview-1 и IKONOS са представени като векторен слой в гео-базата данни.

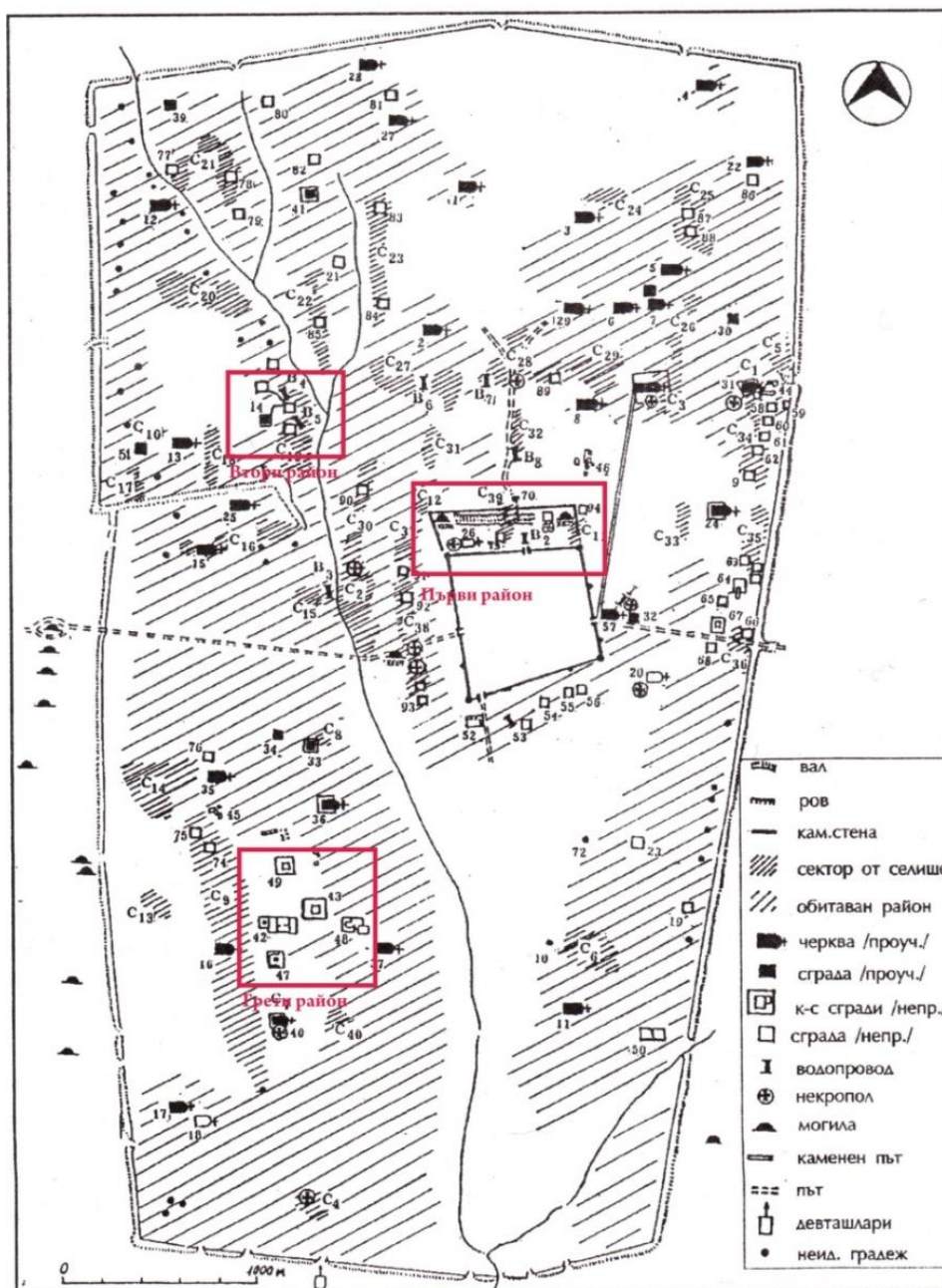
На фиг. 4.11 е представена обобщена карта с местоположението на археологическите обекти според различните източници – векторизираните археологически обекти от картиранията на различните автори в съчетание с дешифрираните потенциални археологически обекти с техните реални очертания по спътникови изображения.



Фиг. 4-11. Археологически обекти във Външния град на Плиска, картирани от различни автори и потенциалните археологически обекти по спътникови изображения

Полигоните, очертани върху спътниковото изображение единствено с помощта на компютърно подпомогнатото визуално дешифриране не могат се приемат като достатъчно доказателство за наличие в този район на останки от археологически структури. Определянето на съответните изкуствени структури, като археологически обекти може да стане само след проучване с конвенционални археологически методи – теренни обходи или разкопки и датиране на откритите находки. Това налага сравняването на получените чрез метода да компютърно подпомогнато визуално дешифриране резултати с теренни данни за археологическите обекти.

Теренната верификация на резултатите от визуалната интерпретация на потенциалните археологически обекти е извършена през 2010 г. за три района от Външния град на Плиска (Фиг. 4-12).



Фиг. 4-12. Карта с археологическите обекти във Външния град на Плиска. /по Рашев, Димитров 1999/

Районите са подбрани заради тяхното специфично разположение и концентрацията на археологически обекти в тях. Първият район е разположен до северната стена на Вътрешния град. Той представлява пространство, което е било оградено от каменен зид с площ от около 240 дка. /Рашев, Димитров 1999, с. 53/. Вторият район се намира западно от водослива на р. Асар дере. В него са регистрирани няколко археологически обекта. Третия район е разположен в югозападната част на Външния град и също обхваща няколко регистрирани археологически обекта.

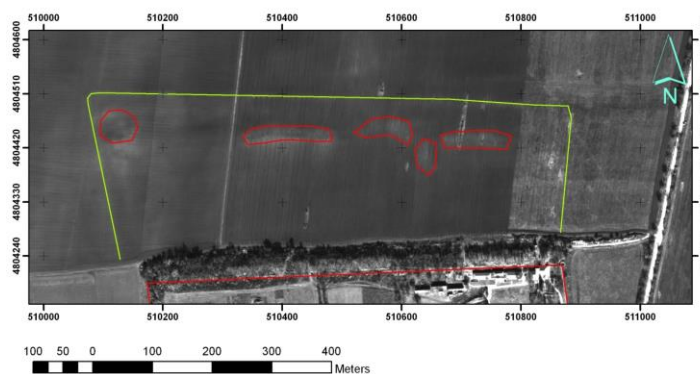
При компютърно подпомогнатото визуално дешифриране на първи район (фиг. 4-13) са очертани няколко полигона на различни върху изображението петна с различен тон от околната повърхност (фиг. 4-14 и фиг. 4-15). Сравнението с археологическата карта показва, че върху изображението са дешифрирани следите от каменната стена, могила 33 /кръгчето в лявата част/ и сграда 69, а също и продълговатата структура отбелязана на археологическата карта останки от улица (фиг. 4-16). Останалите обекти, като църква 26, сграда 73 и могила 32, а също и сграда 94, намираща се извън ограденото пространство не са дешифрирани. Причината могила 32 и сграда 94 да не са дешифрирани е, че са разположени в нива с израснал посев, който ги прави неразличими.



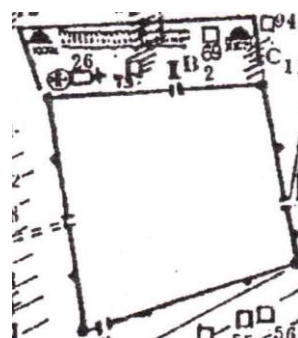
Фиг. 4-13. Район I – територията северно от Вътрешния град



Фиг. 4-14. Изглед от терена на дешифрираните по изображението почвени маркери



Фиг. 4-15. Полигони очертани по спътниковото изображение WorldView-1

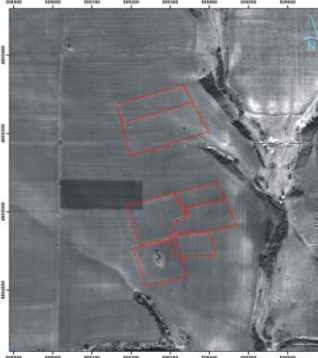


Фиг. 4-16. Обекти от археологическата карта

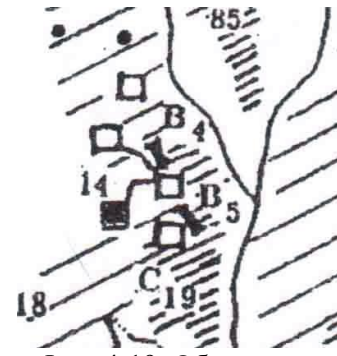
Във Втори район на спътниковото изображение (фиг. 4-17) са дешифрирани няколко полигона на близко разстояние един от друг. Единият от полигоните е очертан около място в нивата, което не се обработва, заради наличие на археологически обект там (фиг 4-18, 4-19).



Фиг. 4-17. Район II – водослив на Асар дере



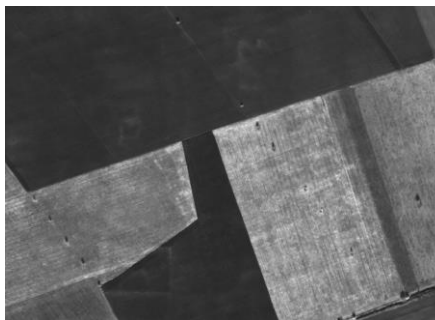
Фиг. 4-18. Полигони очертани по спътниковото изображение



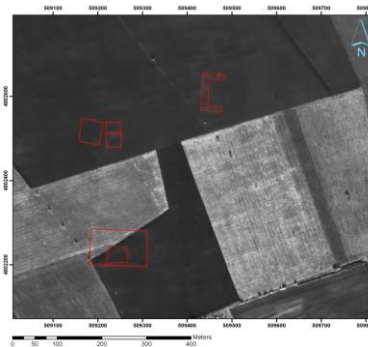
Фиг. 4-19. Обекти от археологическата карта

Археологическата карта показва също няколко регистрирани обекта в района, които обаче са отбелязани с условни знаци и поради това не може да се определи формата на обектите.

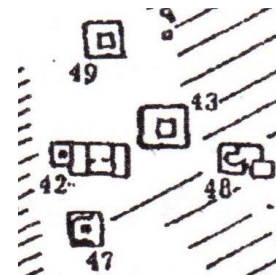
В Район III на изображението (фиг. 4-20) са дешифрирани три участъка с правилна геометрична форма, които могат да се интерпретират като останки от изкуствени структури (фиг. 4-21). Сравнението с археологическа карта показва, че на спътниковото изображение са разпознати обекти 42 и 49. Обекти 43 и 48 не са разпознати, П-образният обект дешифриран на изображението на археологическата карта липсва (фиг. 4-22).



Фиг. 4-20. Район III – югозападна част на Външния град



Фиг. 4-21. Полигони очертани по спътниковото изображение



Фиг. 4-22. Обекти на археологическата карта

Компютърно подпомогнатото визуално дешифриране на спътникови изображения на средновековния град Плиска показва, че чрез него могат да се постигнат задоволителни резултати по отношение разпознаването на археологически обекти на терена. Използването му без корелативни данни, събрани с археологически методи на проучване и наземна информация получени с други методи крие сериозен риск от грешки. Информацията получена само от дешифриране на спътниково изображение не доказва наличие на археологически обект върху проучвания терен.

4.3. Пространствени анализи на данните от теренните археологически издирвания

Прилагането на цифрова план-квадратна мрежа даде възможност да се ситуират равномерно теренните обходи в проучваните участъци с помощта на GPS навигиране,

като се спазва описаната по-горе методика за теренни издирвания. Друго преимущество на цифровата план-квадратна мрежа е възможността да се отбележат на общ план взетите с помощта на GPS точки на локализираните обекти, участъци с висока концентрация на строителна и битова керамика, находки и др. Също така цифровата план-квадратна мрежа може да се използва за правене на пространствени анализи в ГИС и изготвяне на тематични карти с резултатите от тези анализи /фиг. 4-27 и 4-28/. На карта 4-27 са показани всички полигони със страна 50 m от мрежата в обходените участъци, а на карта 4-28 са показани полигоните със страна 50 m от обходените участъци, в които са открити някакви находки без оглед от вида на находките. По този начин се добива представа за разпространението на находките върху цялата площ на обходените участъци, независимо от тяхната концентрация.



Фиг. 4-27.

Фиг. 4-27. Карта на обходените полигони през пролетта на 2012 г.



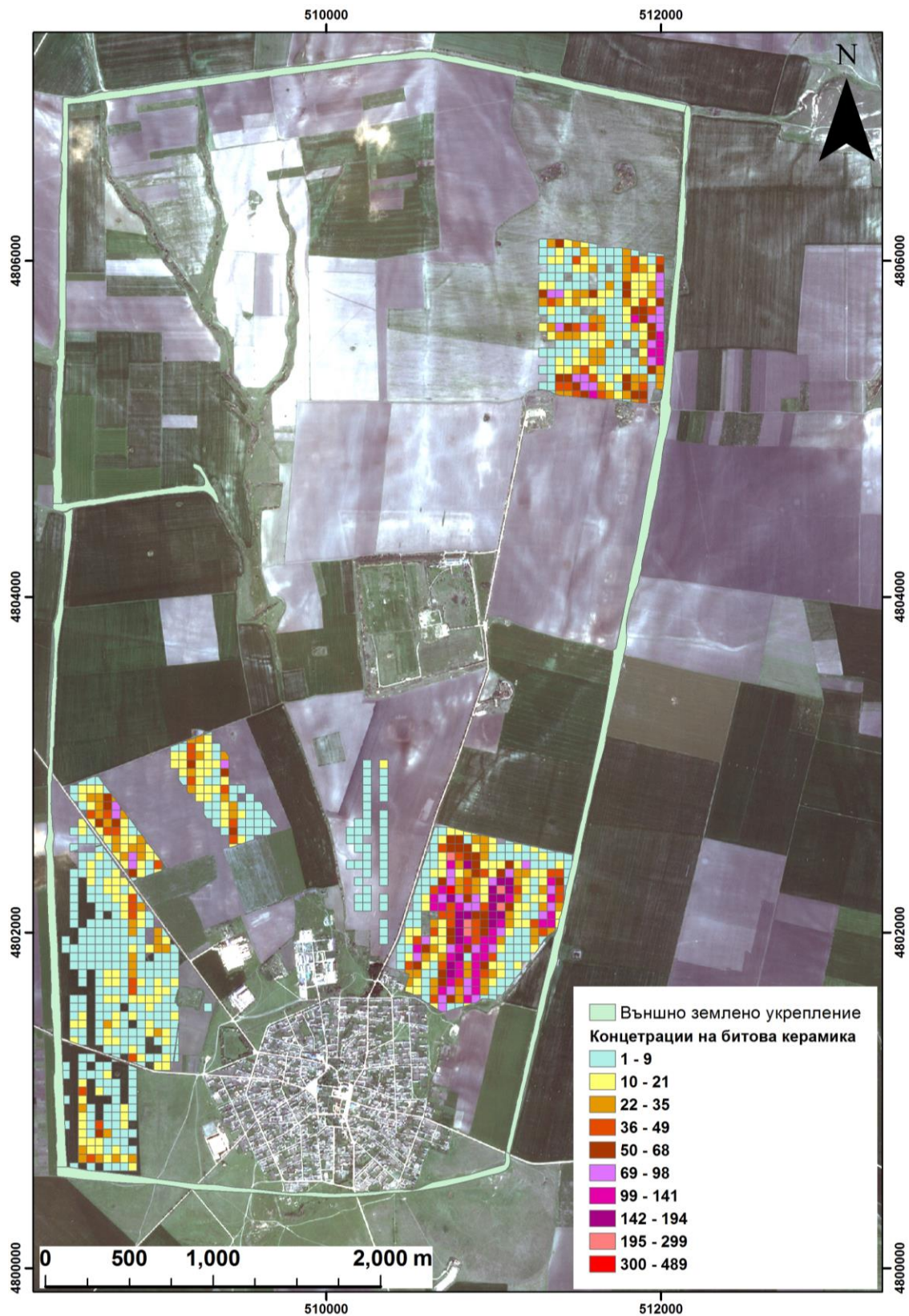
Фиг. 4-28

Фиг. 4-28. Карта на полигоните с наличие на керамични фрагменти

/с основа спътниково изображение от IKONOS/

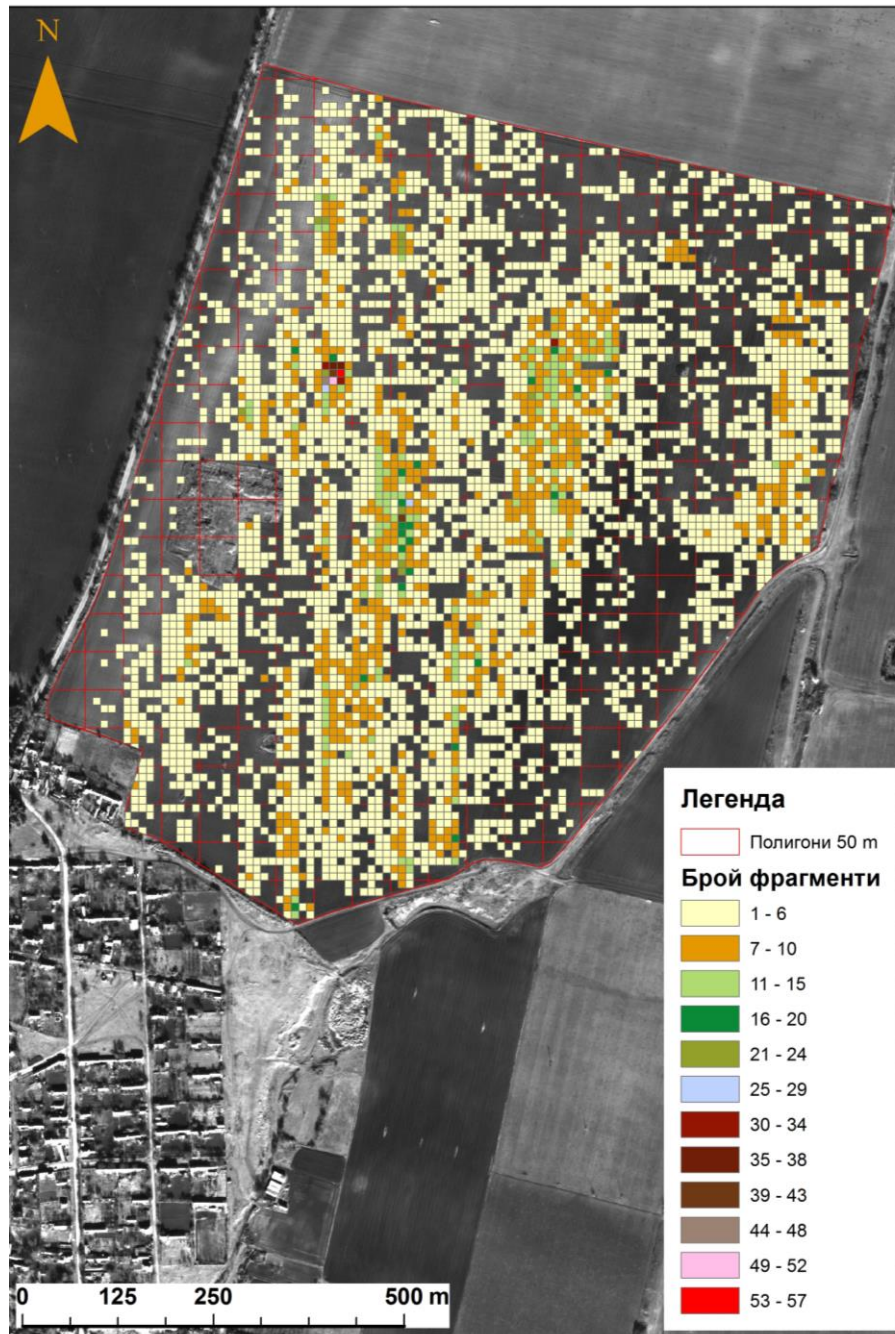
Регистрираните при теренните издирвания в проучените участъци керамични фрагменти от своя страна са представени на карта 4-30. Те са представени като бройка във всеки полигон със страна 50 m., като полигоните са разпределени на класове, където всеки клас отразява брой фрагменти по-голям от предишния клас. Този вид разпределяне отразява реалния брой регистрирани фрагменти във всеки полигон и съответно реалните концентрации на фрагменти за площта на полигона. По този начин се добива ясна представа за разликите в концентрацията на фрагменти в отделните полигони в един

участък, също така в отделните участъци и разпределението на концентрациите на фрагменти по проучения терен.



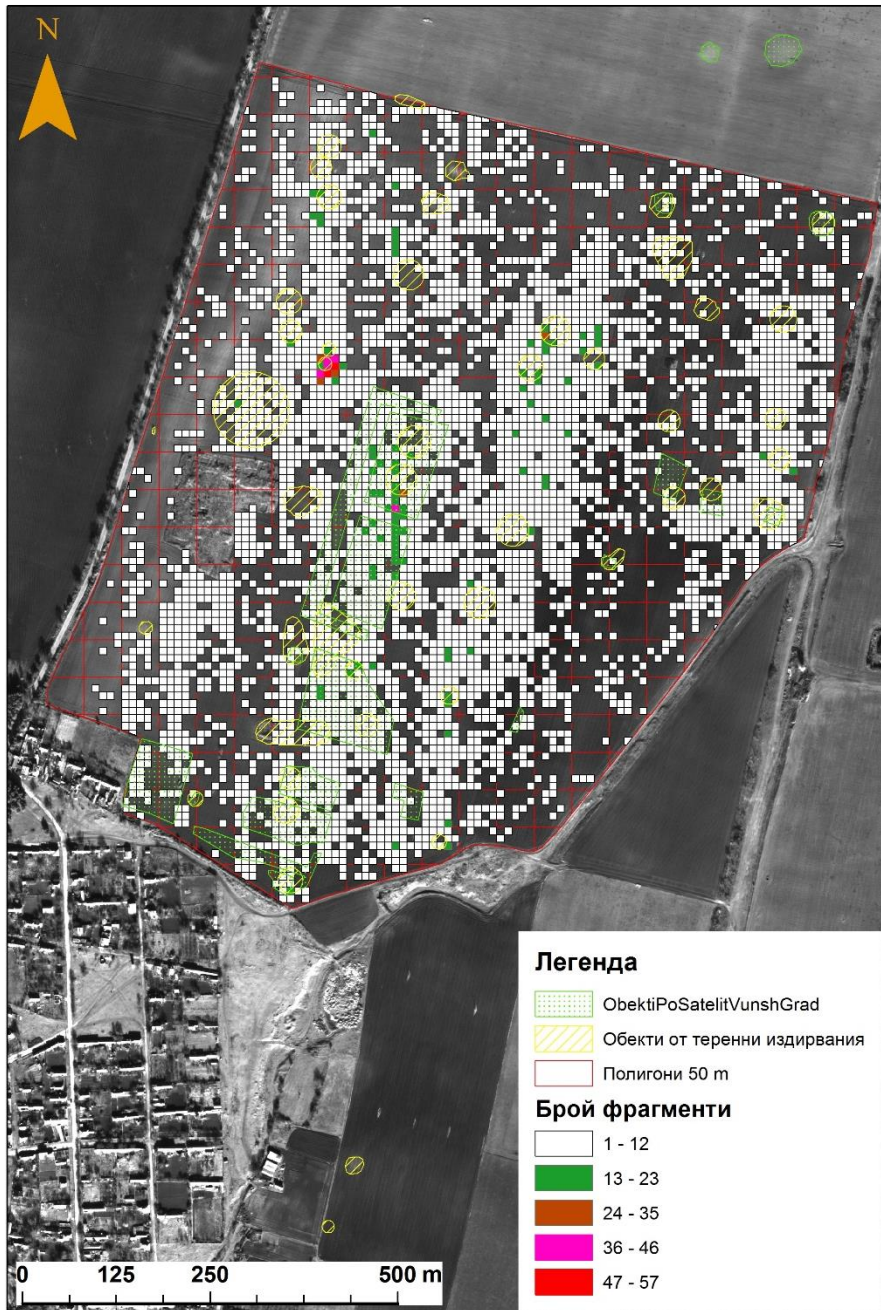
Фиг. 4-30. Карта на разпределението на концентрации на фрагменти битова керамика в полигони от мрежата със страна 50 m /с основа спътниково изображение от IKONOS/.

От друга страна използваната при теренни обходи методика, при която обхода се прави от хора в редица с отстояние 10 метра дава възможност да се обоснове изработката на цифрова план-квадратна мрежа със страна 10 m. Полигоните със страна 10 m могат да се нарекат оперативни, защото при теренните издирвания осъществявани от работния екип, членовете на екипа, докладват за забелязани находки на всеки 10 m от своите придвижване по терена и по този начин се оформя мрежата от полигони със страна 10 m. Наличието на тази мрежа дава възможност за прецизно разпределяне на керамичните фрагменти по терена и висока точност при определяне на техните концентрации (фиг.4-37).



Фиг. 4-37. Карта на концентрацията на фрагменти битова керамика в полигони от мрежата със страна 10 m в Сектор 4 /с основа спътниково изображение от WorldView-1/.

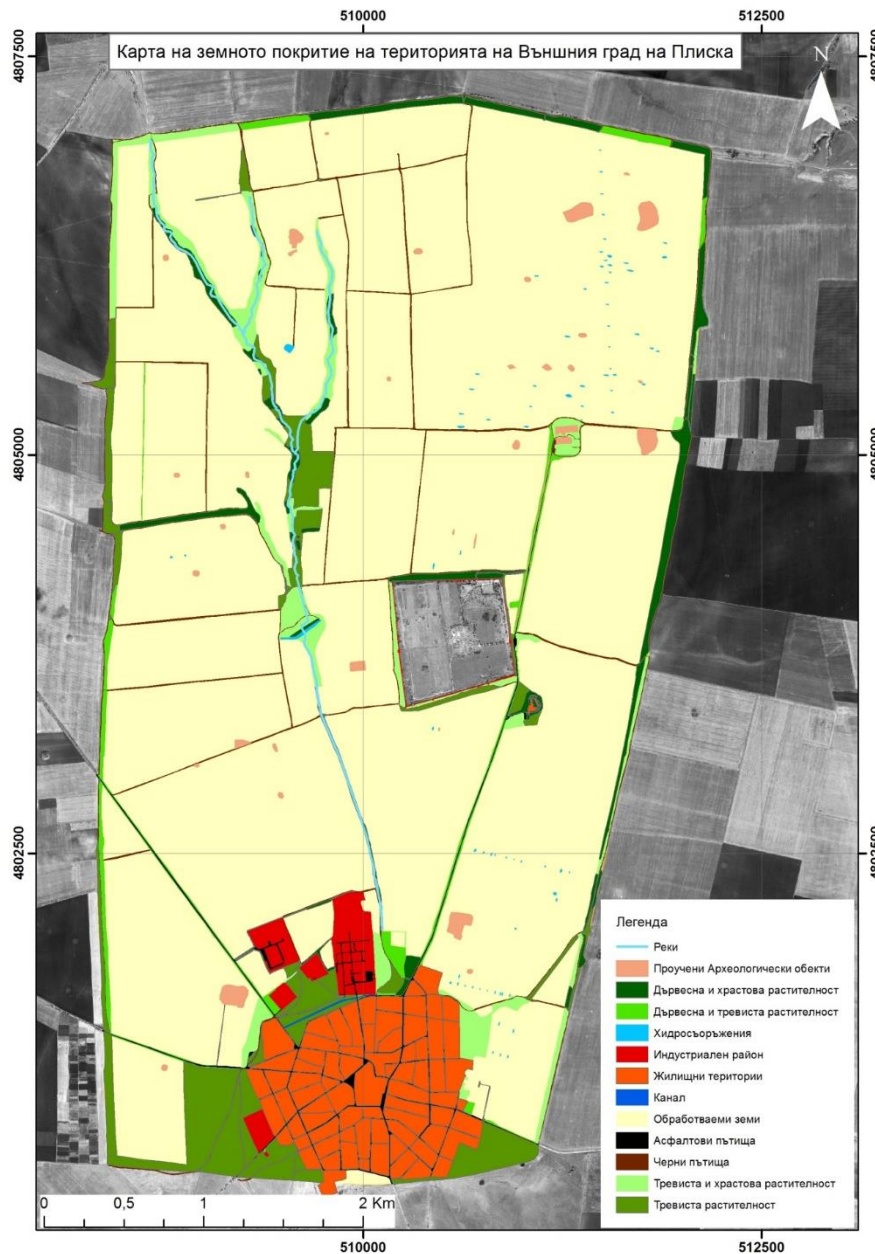
ГИС технологиите дават възможност за наслагване на слоеве с различна информация за целите на пространствения анализ в дадено проучване. На карти 4-45 са представени слоевете получени от компютърно подпомогнатото визуално дешифриране на потенциални археологически обекти по спътникови изображения за района на Външния град на Плиска, полигоните с локализиран археологически обект по време на теренните издирвания и слой с концентрациите на керамични фрагменти локализиран по време на теренните издирвания. Това наслагване на отделни тематични слоеве дава възможност да се определят съвпаденията между трите слоя за места с максимална вероятност за наличие на археологически обект.



Фиг. 4-45. Карта на разположението на обекти регистрирани по спътникова снимка и теренни обходи спрямо концентрациите на фрагменти битова керамика на терен – Сектор 4 /с основа спътниково изображение от WorldView-1/.

4.4. Визуална интерпретация и картографиране на типовете земно покритие

Картирането на земното покритие на територията на Външният град е извършено с помощта на компютърно подпомогнатата визуална интерпретация и дешифрирани, като са използвани панхроматично спътниково изображение от сензора WorldView-1 2009 г., многоканално спътниково изображение от сензора IKONOS, както и цветни ортофото карти на района. Въз основа на предложената класификационна схема за земно покритие (табл. 2-3) е съставена карта на земното покритие и земеползване на територията на Външния град на археологически обект Плиска (фиг. 4-46). Получените от визуалното дешифриране на спътниковите изображения резултати са верифицирани по метода на теренните обходи.



Фиг. 4-46. Карта на земното покритие във Външния град на средновековния град Плиска /с основа спътниково изображение от WorldView-1/.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пространственият модел и по-нататъшната актуализация на гео-базата данни, както и дистанционните методи са важна част от приложението на неdestructивни методи при проучването на средновековния град Плиска. Съставянето на тематични карти е от полза за проучването и опазването на този важен археологически обект.

Направените пространствени анализи показват, че съчетаването на ГИС технологиите с методиката за теренни издирвания с дава много добри резултати, които иначе не биха могли да бъдат постигнати. Не би било възможно изработването и използването на цифровата план-квадратна мрежа без която теренните обходи дори при GPS навигация биха били много по-некоординирани и с по-малка точност и изготвянето на карти на концентрации на керамични фрагменти на терена. Използването на дистанционни методи и ГИС технологиите не само дава възможност да се правят пространствени анализи и да се изработват различни видове карти, но може да послужи и за коригиране точността на теренните проучвания.

Съставените карти на земното покритие и потенциални археологически обекти с помощта на спътникови изображения на средновековния град Плиска съществено подпомагат планирането на теренните археологически проучвания.

ПРИНОСИ

- Предложена е методологическа концепция на пространствен модел за структуриране и моделиране на археологически пространствени данни за района на Външния град на Плиска. Тя е приложима за документиране опазване и управление на културното наследство. Основана е върху прилагани и в миналото на обекта /теренни археологически издирвания, визуално дешифриране на аерофотоснимки/, доказано ефективни методи за проучване, които тя съчетава, разширява по обхват и ефикасност, чрез допълването им със съвременни технологии. Пространствения модел се явява концептуалният етап на изградената за обекта на изследване гео-база данни.
- За района на Външния град на Плиска е изградена гео-база данни, която да послужи за съхраняване, обработка, визуализация и анализ на пространствените данни от документиране на археологически обекти. Тя съдържа: данни за картираните археологическите обекти във Външния град през целия период на проучване до съвременността; спътникови изображения; цветни ортофото карти; топографски карти; археологически карти; производни тематични карти и резултати от пространствени анализи на първичните данни; цифров модел на релефа; земното покритие на обекта; табличен слой с основни публикации. Гео-базата данни е отворена за да може да се допълва с данни от бъдещи археологически проучвания на района и опазване на археологическите паметници и да се допълва с нови данни.
- Геореферирани са стари карти и скици от предишни картирания и са съставени техни векторни слоеве допълнени с атрибутивна информация. Извършен е хронологичен анализ на картиранията на Външния град на Плиска. Резултатите от картиранията от предишни автори са съпоставени с тематичните слоеве съставени

чрез компютърно подпомогнато дешифриране на спътникови изображения и цветни ортофото карти на района. Това дава възможност за: уточняване на реалното местоположение на археологическите обекти, които при старите картирания са изобразени с условни знаци или със схематични планове без мащаб върху картите и скиците; локализиране на нови археологически обекти, които по-късно могат да бъдат потвърдени с неструктивни или класически методи. Такива обекти са потвърдени по време на теренните издирвания проведени през 2012 година, при работа на археологическия екип по проект „Стари български столици Плиска, Преслав и техните околности“.

- Модифицирана и усъвършенствана е ГИС базирана методика за теренни издирвания за района на Външния град, основана върху първоначалната методика разработена и въведена като стандарт от доц. д-р Нехризов и екип, за целите на теренните издирвания по трасето на газопровода Набуко. Тя дава възможност за точна навигация при извършването на теренни издирвания и точно ситуиране на откритите обекти. Чрез тази методика се постига и коригиране на местоположението на нанесени по старите археологически карти обекти.
- Предложена е комплексна методика за неструктивно проучване на археологически обекти с използване на геоинформационни технологии до етап теренни археологически издирвания. Методиката е апробирана за територията на Външния град на Плиска и внедрена при проучването на НИАР Кабиюк.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам своята признателност на първо място на моя научен ръководител проф. д-р Евгения Руменина за нейното съдействие, подкрепа и ползотворни консултации при подготовката на дисертационния труд.

Настоящото изследване се реализира във връзка с изпълнението на Договор № 453/11.06.2010 г. - Разработване на първична гео-база данни и ГИС на Външния град на средновековната българска столица Плиска, сключен между НАИМ-БАН и ИКИТ-БАН, с ръководител проф. Е. Руменина и координатор ас. Стефан Стаменов, в качеството на подизпълнител по проект към ФНИ „Старите български столици Плиска, Велики Преслав и техните околности“. Благодарен съм на колегите от НАИМ-БАН с които работих съвместно по проекта – гл. ас. д-р Андрей Аладжов и доц. Валери Григоров, и на колегите от филиала на НАИМ-БАН в гр. Шумен, и по-специално на научния ми консултант доц. д-р Павел Георгиев и гл. ас. д-р Янко Димитров за оказаното съдействие и предоставените данни във връзка с изпълнението на проекта.

Спътниковите изображения на спътника Ikonos, заснети на 13 април и 2 май 2010 г. са предоставени на докторанта Стефан Стаменов от GeoEye Foundation, след кандидатстване и спечелване на проект за дарение на спътникови изображения на тема „Пространствен модел и хронологичен анализ на средновековния град Плиска на базата на дистанционни и наземни данни“ през 2011 г. Софтуерният продукт ArcGIS 10, използван за разработването на гео-базата данни и извършване на геопространствените

анализи, е предоставен като дарение на докторанта Стефан Стаменов по стипендиантската програма Society for Conservation GIS и ESRI Conservation Program.

Благодаря на ръководството на Института за космически изследвания и технологии към Българската академия на науките за съдействието при уреждането на административните и неадминистративни въпроси, възниквали в процеса на работа.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. **Stamenov, St., V. Naydenova, A. Aladjov.** GIS-based concept for conservation of the archaeological site of Pliska. Proceedings of the First European SCGIS conference “Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites”. 2012, Published by SRTI-BAS, Sofia, Bulgaria, pp. 63-71. ISSN 1314-7749
2. **Стаменов, Ст., А. Аладжов.** 2014. Приложение на географските информационни системи за проучване на археологически обект Плиска. Трета национална конференция по археология, история и културен туризъм. Сб.: България в световното културно наследство - Материали от Трета национална конференция по история, археология, и културен туризъм Пътуване към България - Шумен 17–19 май, 2012 г., Университетско издателство „Епископ Константин Преславски“ - Шумен, стр. 675-692. ISBN 978-954-577-869-8
3. **Стаменов, Ст.** 2012. Съвременно земно покритие и земеползване на територията на Външния град на средновековната българска столица Плиска по данни от сателитно изображение с висока разделителна способност. Седма научна конференция с международно участие Космос, Екология, Сигурност – SES 2011, 2012 г. София, България, стр. 236-240. ISSN 1313-3888.
4. **Стаменов, Ст.** 2011. Визуално дешифриране на сателитно изображение от спътника World-View 1 на средновековния град Плиска В: Шеста научна конференция с международно участие – SES 2010 София, 2 - 4 Ноември 2010 г. стр. 284 – 288. ISSN 1313-3888.
5. Аладжов, А., Я. Димитров, **Ст. Стаменов**, В. Стаменова, Хр. Стоянова, Ст. Иванов, Ст. Стойчев. Археологическа карта на Плиска. София, 2013. 399 стр., ISBN 978-954-9472-23-3

СПИСЪК НА ИЗНЕСЕНИТЕ ДОКЛАДИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Стаменов, Ст., А. Аладжов. Приложение на ГИС и дистанционните изследвания при археологически теренни издирвания. Осма научна конференция с международно участие Космос, Екология, Сигурност – SES 2012, 4-6 декември 2012, София, България.

Stamenov St. 2011. Spatial Model of the First Bulgarian Capital Pliska Based on Remote Sensing and Ground-Based Data. 14th Annual SCGIS Conference Building Strength, July 16–19, 2011, Big Bear Lake, California.

Stamenov, St., V. Naydenova, A. Aladjov. GIS-based concept for conservation of the archaeological site of Pliska. First European SCGIS conference “Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites”, 21-23.05.2012, Sofia, Bulgaria.

Стаменов, Ст., А. Аладжов. Приложение на географските информационни системи за проучване на археологически обект Плиска. Трета национална конференция по археология, история и културен туризъм ПЪТУВАНЕ КЪМ БЪЛГАРИЯ: България в световното културно наследство, Шумен 17–19 май, 2012 г.

Стаменов, Ст. Съвременно земно покритие и земеползване на територията на Външния град на средновековната българска столица Плиска по данни от сателитно изображение с висока разделителна способност. Седма научна конференция с международно участие Космос, Екология, Сигурност – SES 2011, 29.11-1.12. 2011 г., София, България.

Стаменов, Ст. Визуално дешифриране на сателитно изображение от спътника World-View 1 на средновековния град Плиска. Шеста научна конференция с международно участие – SES 2010, 2 - 4 Ноември 2010 г., София, България

Списък на цитираната в автореферата литература

1. *Аковецкий 1983:* Аковецкий В. И. Дешифрирование снимков. Недра, Москва, 1983.
2. *Аладжов 2009:* Аладжов, А. 2009. Византийският град и българите VII-IX век. НАИМ-БАН, Дисертации т. 4 София 2009, 211 стр.
3. *Аладжов, Димитров, Стаменов, Стаменова, Стоянова, Иванов, Стойчев 2013:* Аладжов, А., Димитров Я., Стаменов Ст., Стаменова В., Стоянова Хр., Иванов Ст., Стойчев Ст. Археологическа карта на Плиска. София, 2013.
4. *Артемьев, Дроздов, Зайцев, Шапарев, Якубайлик, Шахматов 1998:* Артемьев, Е.В., Дроздов, Н.И., Зайцев, Н.К., Шапарев, Н.Я., Якубайлик, О.Э., and Шахматов, А.В., 1998. Создание геоинформационной системы“ Археологические памятники Красноярского края.” Вычислительные технологии, 3 (5), 5–10.
5. *Димитров 1992:* Димитров, Я. Нови данни за археологическата карта на Плиска – В: Приноси към българската археология, т. 1, София, 1992, с. 58-67.
6. *Димитров 1995:* Димитров, Я. Плиска. Материали за картата на средновековната българска държава. – Плиска-Преслав, т. 7, Шумен, 1995, с. 247-263.
7. *Димитров 1998:* Димитров, Я. Историческа топография на Плиска. Дисертация за присъждане на образователната квалификационна степен „Доктор по история“. София, 1998.
8. Закон за Културното Наследство. В сила от 10.04.2009 г.
9. *Книжников, Краецова, Тутубалина 2004:* Книжников, Ю. Ф., В. И. Краецова, О. В. Тутубалина. Аэрокосмические методы географических исследований. Издательский центр «Академия», Москва, 2004.
10. Конвенция за опазване на световното културно и природно наследство (приета с Разпореждане № 13 на бюрото на министерския съвет от 4 февруари 1974 г. в сила от 17 септември 1975 г.) Обн. ДВ. бр.44 от 27 Май 2005г.
11. *Лурье 2008:* И.К. Лурье. Геоинформационное картографирование. Москва, КДУ, 2010.
12. *Мавродинов 1949:* Мавродинов, Н. Разкопки и проучвания в Плиска. РП, т. 3, с. 159 - 170.
13. *Михайлов 1949:* Михайлов, Ст. Разкопки в Плиска през 1945 - 1947 г. РП, т. 3, с. 171 - 225.
14. *Михайлов 1955:* Михайлов, Ст. Археологически материали от Плиска (1948-1951г.). ИАИ, т. 20, с. 49-175. София, 1955.
15. *Михайлов 1963:* Михайлов, Ст. Разкопки в Плиска през 1959 - 1961 г. ИАИ, т. 26, с. 5-45.
16. *Михайлов, Милчев 1959:* Разкопки в Плиска през 1955 г. ИАИ, т. 22, с. 263-288.

17. **Петрова 1984:** Петрова, П. Археологическо проучване на архитектурни комплекси от IX - X в. - Археология, 1984, 1, с. 52-62.
18. **Петрова 1992:** Петрова, П. Към въпроса за историко-археологическата топография на Външния град на Плиска по данни на аерометода. Плиска-Преслав, т. 5, с. 64-76. Шумен, 1992.
19. **Попов 2007:** Попов, К.. Курс по географски информационни системи. С., МГУ. 2007.
20. **Рашев 1990:** Рашев, Р. Към топографията на Плиска и Преслав. – Векове, 5, 1990, 63-73.
21. **Рашев 1995:** Рашев, Р. Плисковският аул. Плиска-Преслав, т. 7. Шумен, 1995, с. 10-22.
22. **Рашев, Димитров 1999:** Рашев, Р., Я. Димитров. Плиска - 100 години археологически разкопки. Шумен, 1999.
23. **Сердюков, Патыченко, Синельников 1987:** Сердюков, В. М., Г. А. Патыченко, Д. А. Синельников. Аэро-космические методы географических исследований. Киев, 1987
24. **Стаменов 2011:** Стаменов, С. Визуално дешифриране на сателитно изображение от спътника WorldView 1 на средновековния град Плиска. – В: Сб. Шеста научна конференция с международно участие „Космос, екология, сигурност” SES 2010. София, 2011, стр. 284 – 288.
25. **Стаменов 2012:** Стаменов, С. Съвременно земно покритие и земеползване на територията на външния град на средновековната българска столица Плиска по данни от сателитно изображение с висока разделителна способност. – В: Сб. Седма научна конференция с международно участие „Космос, екология, сигурност” SES 2011. София, 2012, стр. 236 – 240.
26. **Стаменов, Аладжов 2014:** Стаменов, С., А. Аладжов. Приложение на географските информационни системи за проучване на археологически обект Плиска. Сб.: България в световното културно наследство - Материали от Трета национална конференция по история, археология, и културен туризъм Пътуване към България - Шумен 17–19 май, 2012 г., Университетско издателство „Епископ Константин Преславски“ - Шумен, стр. 675-692
27. **Тепелиев, Димитров, Рашков 2008:** Тепелиев, Ю., В. Димитров, С. Рашков. Географски информационни системи. София, ЛТУ, 2008.
28. **Тикунов 2004:** Основы Геоинформатики, под ред. на В. Тикунов, АСАДЕМА, Москва, т.1 и т. 2, 2004.
29. **Чандра, Гош 2008:** Чандра А. М., С. К. Гош. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Техносфера, Москва, 2008.
30. **Шкорпил 1905:** Шкорпил, К. Материали для болгарских древностей. Абоба-Плиска. ИРАИК, т. 10, 1905, София.
31. **Abdul-Rahman 2013:** Abdul-Rahman, A. Developments in multidimensional spatial data models. Berlin: Springer.
32. **Agapiou, Hadjimitsis, Sarris, Georgopoulos, Alexakis 2013:** Agapiou, A., D. G. Hadjimitsis, A. Sarris, A. Georgopoulos, D. D. Alexakis. Optimum temporal and spectral window for monitoring crop marks over archaeological remains in the Mediterranean region. Journal of Archaeological Science, 40 (3), 1479–1492.
33. **Agapiou, Lysandrou 2015:** Agapiou, A., V. Lysandrou. Remote sensing archaeology: Tracking and mapping evolution in European scientific literature from 1999 to 2015. Journal of Archaeological Science: Reports 4, 2015, pp. 192-200.

34. **Alexakis, Sarris, Astaras, Albanakis 2011:** Alexakis, D., A. Sarris, T. Astaras, K. Albanakis. Integrated GIS, remote sensing and geomorphologic approaches for the reconstruction of the landscape habitation of Thessaly during the neolithic period. *Journal of Archaeological Science*, 38 (1), 89–100.
35. **Allen, Green, Zubrow 1990:** K.M.S. Allen, S.W. Green, E.B.W. Zubrow (eds). *Interpreting space: GIS and Archaeology*. Taylor & Francis, 1990
36. **Anderson, Hardy, Roach, Witmer 1976:** Anderson, J., E. Hardy, J. Roach, R. Witmer. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper 964, United States Government Printing Office, Washington.
37. **Aqduş, Hanson, Drummond 2008:** Aqduş, S. A., W. S. Hanson, J. Drummond. Discovering Archaeological Cropmarks: a Hyperspectral Approach, pp. 361-366. In: ISPRS Archives, Volume XXXVII Part B5 from XXIIst ISPRS Congress, Technical Commission V, 2008, Beijing, China.
38. **Aqduş, Hanson, Drummond 2012:** Aqduş, S. A., W. S. Hanson, J. Drummond. The potential of hyperspectral and multi-spectral imagery to enhance archaeological cropmark detection: a comparative study. *Journal of Archaeological Science*, 39 (7), 1915–1924.
39. **Arctur, Zeiler 2004:** Arctur, D., M. Zeiler. *Designing Geodatabases, Case Studies in GIS Data Modeling*. ESRI Press, Redlands, California, 2004.
40. **Aronoff 2005:** Aronoff, S. *Remote Sensing for GIS Managers*. Redlands, California, 2005.
41. **Azzena, Busonera, Nurra, Petrucci 2015:** Azzena, G., R. Busonera, F. Nurra, E. Petrucci. From the Archaeological Map of Italy to the National Geographical Archaeological Information System. The Sardinian experience. *Archeologia e Calcolatori* n. XXVI – 2015, pp. 115-129. http://soi.cnr.it/archcalc/indice/PDF26/21_Azzena_et_al.pdf
42. **Batanina, Hanks 2013:** Batanina, N. S., B. K. Hanks. Soviet Period Air Photography and Archaeology of the Bronze Age in the Southern Urals of Russia. In: W.S. Hanson and I.A. Oltean, eds. *Archaeology from Historical Aerial and Satellite Archives*. New York, NY: Springer New York, 199–219.
43. **Bourgeois, Meganck 2005:** J. Bourgeois, M. Meganck (Eds.). *Aerial Photography and Archaeology 2003. A Century of Information. Papers presented during the conference held at Ghent University, December 10th-12th, 2003*.
44. **Buck, Sabol, Gillespie 2003:** Buck, P. E., D. E. Sabol, A. R. Gillespie. 2003. Sub-pixel artifact detection using remote sensing. *Journal of Archaeological Science*, 30 (8), 973–989.
45. **Campbell, Wynne 2011:** Campbell, J. B., R. H. Wynne. *Introduction to Remote Sensing*. The Guilford Press, NY, L. 2011.
46. **Cavalli, Colosi, Palombo, Pignatti, Poscolieri, 2007:** Cavalli, R. M., F. Colosi, A. Palombo, S. Pignatti, M. Poscolieri. Remote hyperspectral imagery as a support to archaeological prospection. *Journal of Cultural Heritage*, 8 (3), 272–283.
47. **Ceraudo 2013:** Ceraudo, G. *Aerial Photography in Archaeology*. Springer 2013.
48. Classification systems of Food and Agriculture Organization (FAO) of the United nations: <http://www.fao.org/nr/land/use/classification-systems/en/>
49. **Connolly 2005:** *Aerial Photography and Manual Image Rectification a Short Guide*. BAJR © 2005. www.bajr.org/documents/aerialsurvey.pdf
50. **Connolly 2012:** *Beginners Guide to Aerial Survey and Rectification*. BAJR © 2012. <http://www.bajr.org>
51. CORINE land cover.1994. <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>

52. CLC2006 technical guidelines. EEA Technical report No 17/2007, EEA, Copenhagen 2007.
53. **Corsi, Slapšak, Vermeulen 2013:** Corsi, C., B. Slapšak, F. Vermeulen. Good practice in archaeological diagnostics: non-invasive survey of complex archaeological sites. Springer 2013.
54. **Crutchley 2009:** Crutchley, S. Ancient and modern: Combining different remote sensing techniques to interpret historic landscapes. *Journal of Cultural Heritage*, 10, e65–e71.
55. **Cullotta, Barbera 2011:** Cullotta S., G. Barbera. Mapping traditional cultural landscapes in the Mediterranean area using a combined multidisciplinary approach: Method and application to Mount Etna (Sicily; Italy). *Landscape and Urban Planning*, 100 (1-2), 98–108.
56. **Deegan, Foard 2007:** A. Deegan, G. Foard. Mapping Ancient Landscapes in Northamptonshire English Heritage, 2007.
57. **De Laet, Paulissen, Waelkens 2007:** De Laet, V., E. Paulissen, M. Waelkens, Methods for the extraction of archaeological features from very high-resolution Ikonos-2 remote sensing imagery, Hisar (southwest Turkey). *Journal of Archaeological Science*, 34 (5), 830–841.
58. **Di Gregorio, Jansen 1998:** Di Gregorio, A., J. L. M. Jansen. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1998
59. **Dimitrov 2007:** J. Dimitrov. Zur historicschen Topographie Pliskas eihundert Jahre nach den ersten Ausgrabungen. – In: Post Roman Towns, Trade and Settlement in Europe and Byzantium, Vol. 2, Byzantium, Pliska, and the Balkans, Ed. by J. Henning, Berlin-New York, 2007, p. 253 - 271.
60. **Djindjian 1998:** Djindjian, F. GIS usage in worldwide archaeology. *Archeologia e Calcolatori*, 9, 19–29.
61. **Djindjian 2009:** Djindjian, F. The Golden Years for Mathematics and Computer in Archaeology (1965-1985). *Archeologia e Calcolatori*, 20, 2009, 61-73
62. ESRI Dictionary: <http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/search>
63. **Fry, Skar, Jerpåsen, Bakkestuen, Erikstad 2004:** Fry, G. L., B. Skar, G. Jerpåsen, V. Bakkestuen, L. Erikstad. Locating archaeological sites in the landscape: a hierarchical approach based on landscape indicators. *Landscape and Urban Planning*, 67 (1-4), 97–107.
64. **Galati 2006:** Galati, S. R. Geographic Information Systems Demystified. Artech House Inc, 2006
65. **Giardino, Haley 2006.** Giardino, M. and B. S. Haley. Airborne Remote Sensing and Geospatial Analysis.
<http://www.olemiss.edu/research/anthropology/haley/class2010/04Giardino%20and%20Haley3.pdf>
66. **Giardino, Haley 2005:** Giardino, M. and B. S. Haley. Geospatial analysis and Remote Sensing From airplanes and Satellites for Cultural Resources Management. <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20050184138.pdf>
67. **Giardino 2011:** M.J Giardino. A history of NASA remote sensing contributions to archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 38 (9), 2003–2009.
68. **Gillings, Mattingly, van Dalen 2000:** Gillings, M., D. Mattingly, J. van Dalen. Geographical Information Systems and Landscape Archaeology. Oxford: Oxbow.
69. GIS and Remote Sensing for Archaeology: Burgundy, France. Applications of Remote Sensing and GIS in Archaeology. <http://www.informatics.org/france/aerial.html>
70. **Gojda, Hejzman 2012:** Gojda, M., M. Hejzman. Cropmarks in main field crops enable the identification of a wide spectrum of buried features on archaeological sites in Central Europe. *Journal of Archaeological Science*, 39 (6), 1655–1664.

71. **Gruenkemeier 2008:** Gruenkemeier, A. 3-D Documentation Technologies for Use in Industrial Archaeology Applications, pp. 291-296 In: ISPRS Archives, Volume XXXVII Part B5 from XXIst ISPRS Congress, Technical Commission V, 2008, Beijing, China.
72. **Harmon, Anderson 2003:** Harmon, J., S. Anderson. The design and implementation of geographic information systems. USA, 2003.
73. **Hansen, Simpson, Leigh, Welch, and Peltz-Lewis 2005:** Hansen, D.T., B. D. Simpson, A. Leigh, P. Welch, and L. Peltz-Lewis. 2005. Geospatial Data Model for Archaeology Site Data. In: ESRI User Conference. San Diego California.
74. **Hejcman, Smrž 2010:** Hejcman, M., Z. Smrž. Cropmarks in stands of cereals, legumes and winter rape indicate sub-soil archaeological features in the agricultural landscape of Central Europe. Agriculture, Ecosystems & Environment, 138 (3-4), 348–354.
75. **Henning 2007:** J.Henning. The Metropolis of Pliska or, how large does an early medieval settlement have to be in order to be called a city? Post-Roman Towns, Trade and Settlement in Europe and Byzantium Vol. 2 Byzantium, Pliska, and the Balkans. Walter de Gruyter Berlin New York 2007. pp. 209-241.
76. **Howard 2007:** Howard, P. Archaeological Surveying and Mapping Recording and depicting the landscape. Routledge, NY, 2007.
77. **Kenedy 2001:** Kennedy, H. Dictionary of GIS Terminology, ESRI Press, Redlands, California. 2001.
78. **Kijowski, Słowik, Rączkowski 2010:** Kijowski, A., M. Słowik, W. Rączkowski. A Medieval Town (Szamotuły) as a Testing Area for Non-invasive Methods – GPR MALA ProEx. In: R. Reuter, ed. Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage. EARSeL, 96–100.
79. **Koistinen 2004:** Koistinen, K. Multitemporal archaeological imagery to model the progress of excavation. pp. 1006-1011. In: ISPRS Archives – Volume XXXV Part B5, 2004 - XXth ISPRS Congress, Technical Commission V, Istanbul, Turkey
80. **Kvamme 1984:** Kvamme, K.L. Models of Prehistoric Site Location near Piñon Canyon, Colorado. In The Archaeology of Northeastern New Mexico, C.J. Condie, ed., New Mexico Archaeological Council, Albuquerque, pp. 347-370.
81. **Lasaponara, Leucci, Masini, Persico 2014:** Lasaponara, R., G. Leucci, N. Masini, R. Persico. Investigating archaeological looting using satellite images and GEORADAR: the experience in Lambayeque in North Peru. Journal of Archaeological Science, 42, 216–230.
82. **Lasaponara, Masini 2007:** Lasaponara R., N. Masini. Detection of archaeological crop marks by using satellite QuickBird multispectral imagery. Journal of Archaeological Science, 34 (2), 214–221.
83. **Lasaponara, Masini 2011:** Lasaponara, R., N. Masini. Satellite remote sensing in archaeology: past, present and future perspectives. Journal of Archaeological Science, 38 (9), 1995–2002.
84. **Lasaponara, Masini 2012:** Lasaponara, R., N. Masini. Satellite Remote Sensing. A New Tool for Archaeology. London, New York, 2012.
85. **Levy, Smith 2004:** Levy, T. E., N. G. Smith. On-Site GIS Digital Archaeology - GIS-based Excavation Recording in Southern Jordan, 47–58.
86. **Lillesand, Kiefer 2000:** Lillesand, T. M., R. W. Kiefer. Remote Sensing and Image Interpretation, fourth edition. John Wiley and Sons, New York, NY, USA, 2000

87. **Longley, Goodchild, Maguire, Rhind 2004:** Longley, P., M. Goodchild, D. Maguire, D. Rhind. Geographical Information Systems and Science. John Wiley & Sons Ltd, 2004.
88. **McCoy, Ladefoged 2009:** McCoy, M. D., T. N. Ladefoged. New Developments in the Use of Spatial Technology in Archaeology. *Journal of Archaeological Research*, 17 (3), 263–295.
89. **Moscatti 1998:** Moscatti, P. GIS applications in Italian archaeology. *Archeologia e Calcolatori*, 9, 191–236.
90. **Moyes 2002:** Moyes, H. The Use of GIS in the Spatial Analysis of an Archaeological Cave Site. *Journal of Cave and Karst Studies*, 64 (1), 9–16.
91. **Musson, Palmer, Campana 2013:** Musson, C., R. Palmer, S. Campana. Flights into the Past, Aerial photography, photo interpretation and mapping for archaeology. Published by the Aerial Archaeology Research Group (Occasional Publication No. 4) in partnership with the Archaeo-Landscapes Europe (ArcLand) Project of the Culture 2007-2013 Programme of the European Union.
92. **Neubauer, Doneus, Trinks 2012:** Neubauer, W., M. Doneus, I. Trinks. Advancing the Documentation of Buried Archaeological Landscapes, pp.547-552. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B5, 2012 - XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia
93. **Novák, Tokarczyk, Theiler 2012:** Novák, D., P. Tokarczyk, P.W. Theiler. Modeling of the “Plan da Mattun” Archaeological Site Using a Combination of Different Sensors. pp. 147-152. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B6, 2012 - XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia
94. **Noviello, Ciminale, De Pasquale 2013:** Noviello, M., M. Ciminale, V. De Pasquale. Combined application of pansharpener and enhancement methods to improve archaeological cropmark visibility and identification in QuickBird imagery: two case studies from Apulia, Southern Italy. *Journal of Archaeological Science*, 40 (10), 3604–3613.
95. **Orengo 2013.** Orengo, H. A. Combining terrestrial stereophotogrammetry, DGPS and GIS-based 3D voxel modelling in the volumetric recording of archaeological features. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 49–55.
96. **Parcak 2009:** Parcak, S. *Satellite Remote Sensing for Archaeology*. Routledge, Taylor and Francis Group. London, New York, 2009.
97. **Pavlidis 2005:** Pavlidis, L. High Resolution Satellite Imagery for Archaeological Application. Available at: <http://mariamagic.donatecharity.net/science-technology/High-Resolution-Satellite-Images-for-Archaeology.pdf>
98. **Petrie, Johnson, Cullen, Kvamme 1995:** Petrie, L., I. Johnson, B. Cullen, K. Kvamme eds. *GIS in Archaeology. An Annotated Bibliography*. Sydney University Archaeological Method Series 1.
99. **Rajani, Rajawat 2011:** Rajani, M. B., A. S. Rajawat. Potential of satellite based sensors for studying distribution of archaeological sites along palaeo channels: Harappan sites a case study. *Journal of Archaeological Science*, 38 (9), 2011, pp. 2010–2016.
100. **Richardson, Perry 2003:** Richardson, B., E. Perry. *Minnesota Land Cover Classification System User Manual*. Minnesota Department of Natural Resources Central Region. 2003
101. **Risbøl, Bollandås, Nesbakken, Ørka, Næsset, Gobakken 2013:** Risbøl, O., O. M. Bollandås, A. Nesbakken, H. O. Ørka, E. Næsset, and T. Gobakken. Interpreting cultural remains in airborne laser scanning generated digital terrain models: effects of size and shape on detection success rates. *Journal of Archaeological Science*, 40 (12), 4688–4700.

102. **Rivett 1997:** Rivett, P. Conceptual data modelling in an archaeological GIS. In: Proceedings of GeoComputation '97 & SIRC '97. 15–26.
103. **Robertson, Seibert, Fernandez, Zender 2006:** Robertson, E. C., J. D. Seibert, D. C. Fernandez, M. U. Zender (eds). Space and Spatial Analysis in Archaeology. University of Calgary Press, Canada, 2006
104. **Rowlands, Sarris 2007:** Rowlands A., A. Sarris. Detection of exposed and subsurface archaeological remains using multi-sensor remote sensing. *Journal of Archaeological Science*, 34 (5), 2007, 795–803.
105. **Sarris, Papadopoulos, Agapiou, Salvi, Hadjimitsis, Parkinson, Yerkes, Gyucha, Duffy 2013:** Sarris, A., N. Papadopoulos, A. Agapiou, M. C. Salvi, D. G. Hadjimitsis, W. a. Parkinson, R. W. Yerkes, A. Gyucha, and P. R. Duffy. Integration of geophysical surveys, ground hyperspectral measurements, aerial and satellite imagery for archaeological prospection of prehistoric sites: the case study of Vésztő-Mágó Tell, Hungary. *Journal of Archaeological Science*, 40 (3), 1454–1470.
106. **Scianna, Villa 2011:** Scianna, A., B. Villa. GIS applications in archaeology. *Archeologia e Calcolatori* n. XXII – 2011. pp. 337-363.
107. **Siart, Bubenzler, Eitel 2009:** Siart, C., O. Bubenzler, B. Eitel. Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete. *Geomorphology*, 112 (1-2), 106–121.
108. **Sobotková, Ross, Nehrizov, Weissová 2010:** Sobotková, A., S. Ross, G. Nehrizov, B. Weissová. “Tundzha Regional Archaeological Project Kazanluk Survey: Preliminary Report. Spring 2009 and 2010”. In: - *StudiaHercynia* XIV, 2010, p. 56-66.
109. **Tantillo 2007:** Tantillo, M.D., 2007. GIS Application in Archaeological Site of Solunto. In: XXI International CIPA Symposium. Athens, Greece GIS, pp. 6–9.
110. **Tennant 2007:** Tennant, E. W. A Sample Geodatabase Structure for Managing Archaeological Data and Resources with ArcGIS. *TECHNICAL BRIEFS IN HISTORICAL ARCHAEOLOGY*, 2, 12–23.
111. **Tokmakidis, Kalyvioti, Nanakou 2004:** Tokmakidis, K., M. Kalyvioti, P. Nanakou. Geographic Information System Applied in Archaeological Site. In: Workshop – Archaeological Surveys, WSA3 Spatial Information Systems for Archaeology. Athens, Greece, 1–12.
112. **Verhoeven 2011:** Verhoeven, G. J. Near-Infrared Aerial Crop Mark Archaeology: From its Historical Use to Current Digital Implementations. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 19 (1), 132–160.
113. **Wheatley, Gillings 2002:** Wheatley, D., M. Gillings. *SPATIAL TECHNOLOGY AND ARCHAEOLOGY: The archaeological applications of GIS*. Taylor & Francis, London and New York, 2002
114. **Zeiler 2010:** Zeiler, M. *Modeling Our World – The ESRI Guide to Geodatabase Concepts*. ESRI Press, Redlands, California, 2010.