



РОЗРОБЛЕННЯ 3-D МОДЕЛІ ГЕНУЕЗЬКОЇ ФОРТЕЦІ "ЧЕМБАЛО"

Рассмотрены основные этапы создания 3D-модели объекта историко-культурного наследия на примере генуэзской крепости "Чембало" (Крым) с использованием геоинформационных технологий. Приведен пример технологической схемы построения трехмерной реалистической модели этого памятника архитектуры.

Through the example of Genoese fortress "Cembalo" (Crimea) the basic stages of creating 3D-model of the object of historic-cultural heritage using GIS are considered. The example of the technologic scheme of building of realistic three-dimensional model of this architectural monument is suggested.

Вступ. Культурна спадщина будь-якої держави включає визначні об'єкти всіх видів людської діяльності, успадковані нащадками від попередніх поколінь. Саме культурна спадщина забезпечує просторово-часовий зв'язок між минулим, сучасним і майбутнім. Кожен її об'єкт є свідком набутих людством матеріальних, духовних і культурних цінностей не тільки для окремої держави, яка нею володіє, а й для всього людства як на сучасному етапі, так і в майбутньому.

Об'єкти культурної спадщини відображують духовну й матеріальну культуру народу як окремої нації, визначаючи її місце в культурі світової цивілізації. Культурні цінності мають також історичний аспект, оскільки є унікальними свідками минулого. Вони відіграють і відіграватимуть надзвичайно важливу роль у духовному й культурному розвитку сучасників і прийдешніх поколінь.

Самобутня культура українського народу є невід'ємною частиною культури світової. Але, на відміну від інших держав, в Україні сьогодні спостерігається недостатньо дбайливе ставлення до пам'яток культурної спадщини, зокрема несистемне й несвоєчасне вжиття заходів щодо їхнього збереження та охорони. Особливого значення в цих умовах набувають проблеми збереження й використання історико-культурної спадщини. Тому дослідження цих об'єктів передбачає розвиток її картографічної складової, яку необхідно постійно вдосконалювати. Застосування картографічного методу дослідження, зокрема картографічного моделювання пам'яток культурної спадщини, сприятиме їхньому вивченню, охороні, збереженню та використанню в різних галузях практичної діяльності, зокрема в туристичній. Крім того, зауважимо, що популяризація пам'яток історико-культурної спадщини серед широкого загалу має велике освітнє значення.

Аналіз попередніх досліджень. Створення і використання тривимірних віртуальних моделей об'єктів наразі стає важливим видом діяльності, пов'язаною з охороною, збереженням, використанням та популяризацією об'єктів історико-культурної спадщини.

Картографічне моделювання дозволяє поєднати текстову інформацію про предмет охорони, фото- і відеозображення, графічний матеріал та зробити більш досконалим процес роботи з цією інформацією.

Різномісному дослідженню історико-культурної спадщини присвячені праці багатьох науковців – картографів, географів, істориків, архітекторів, культурологів: О. О. Бейдика, Д. Я. Вортмана, В. В. Вечерського, В. О. Горбика, К. А. Поливач, В. А. Пересадько, Ю. С. Прасул, В. Ф. Северинова, А. І. Єльчанинова, Ю. О. Веденіна та ін. Питання дослідження об'єктів культурної спадщини висвітлено в публікаціях Російського науково-дослідного інституту культурної і природної спадщини імені Д. С. Лихачова. У праці [10] аналізуються основні етапи створення інформаційної системи для віртуального моделювання об'єктів культурної спадщини.

Постановка завдання. Досліджувати об'єкти культурної спадщини варто на основі багатостороннього підходу із застосуванням різних інформаційних технологій. Вирішити таке завдання можна також і при комплексному підході з використанням картографічного методу дослідження, картографічного моделювання та ГІС.

Виклад основного матеріалу. *Історична довідка про об'єкт дослідження.* Фортеця "Чембало" – найвизначніша пам'ятка архітектури кримського середньовіччя. Комплекс будівель фортеці розташований південніше сучасного Севастополя, при вході в Балаклавську бухту, на горі Кастрон. Його зведено генуезцями в середині XIV-XV ст. Після Кафи й Судака Чембало був третім центром генуезького впливу в Тавриці.

До нашого часу величні руїни середньовічної фортеці, історія якої найтіснішим чином пов'язана з генуезькою колонізацією Криму в XIV-XV ст., збереглися лише частково (мал.1). Фортеця була збудована приблизно у XIV ст. Ще в першій половині XIX ст. тут височило дванадцять веж, з яких до наших днів уціліла половина. З них найбільше збереглася та, що на вершині гори – Донжон, звідки відкривається вид на бухту. Якість стародавніх фортечних мурів "підтвердив" знаменитий Ялтинський землетрус, під час якого потріскалося багато будинків у самій Балаклаві, але у фортеці не зрушився жоден камінь.

Тривалий час м. Балаклава було закрито для відвідування через розміщення тут бази підводних човнів Чорноморського флоту СРСР, і цим можна пояснити малу кількість публікацій про досліджуваний об'єкт.

Після отримання Україною статусу незалежної держави у науковців і туристів з'явилася можливість



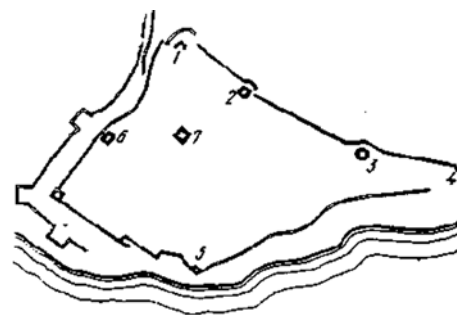
Мал. 1. Вигляд споруд фортеці "Чембало" (2009 р.)

вивчати та безперешкодно відвідувати історичну пам'ятку. Науковці робили багато спроб вивчити і дослідити об'єкт. В ході археологічних досліджень на території фортеці у 1999 р. було проведено перші розкопки, а в 2000-му створено об'єднану археологічну експедицію Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (керівник експедиції С. В. Дьячков) і Національного заповідника "Херсонес Таврійський" (керівник робіт М. А. Алексеєнко). Основу експедиції склали студенти й випускники історичного факультету ХНУ. Вона працювала у 2000-2005 рр. У 2002 р. почала працювати Південнокримська експедиція Державного ермітажу (Санкт-Петербург, Росія) і Кримської філії Інституту археології НАН України. У липні-серпні 2006 р. остання експедиція продовжувала вивчати залишки фортеці. У зв'язку з плановими великомасштабними ремонтно-реставраційними роботами у фортеці виникла необхідність у забезпеченні їх повноцінними науковими матеріалами. У 2007 р. співробітники кафедри геодезії та картографії географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка доцент В. В. Білоус, асистенти С. П. Боднар та С. М. Бельовкін здійснили комплекс фотограмметричних робіт для складання фронтальних планів споруд залишків фортеці. Роботи проводились у рамках програми Українського державного науково-дослідного і проектного інституту "УкрНДІпроектреставрація", який підготував проектну документацію на реставраційні роботи.

Згідно з реєстром пам'яток архітектури й містобудування генуезька фортеця "Чембало" (руїни; охоронний № 309) складалася з двох міст-фортець: нижньої – Георгія і верхньої – Миколая. Нижнє місто було оточене кріпосною (фортечною) стіною, яка проходила вздовж бухти, а потім піднімалася по схилу гори до верхнього міста. Стіна мала дві прямокутні вежі з вузькими бійницями. Верхнє місто займало скелястий майданчик на вершині мису, над обривом до моря, і відділялося від нижнього кріпосною (фортечною) стіною.

Ця частина фортеці була цитаделлю. З доступних із північної і західної сторін цитадель була опоясана стінами з вежами (мал. 2). Тут містився

консульський замок, основу якого становила велика кругла двоярусна вежа. До нашого часу збереглися лише рештки оборонних споруд.



Мал. 2. Генеральний план фортеці :
1 – вежа № 1; 2 – вежа № 2; 3 – вежа № 3 (Консульська);
4 – вежа № 4; 5 – вежа № 5; 6 – вежа № 6; 7 – казарми

Багато часу пройшло від появи рукописних карт до створення електронних (цифрових) зображень. У розумовій діяльності зорове сприйняття інформації відіграє особливо важливу роль. Нині є багато технологічних можливостей подання інформації з метою полегшення та поліпшення її сприйняття. Йдеться про різноманіття картографічних творів, яке називається геоображеннями. "Геоображення – це будь-яка просторово-часова, масштабна, генералізована модель земних (планетних) об'єктів або процесів, представлених у графічній образній формі" [2]. У це визначення закладено основні властивості, які характерні для геоображень.

Геоображення поділяються на три класи: плоскі або двомірні, об'ємні або тривимірні, динамічні три- і чотиривимірні. Між класами не існує чіткої межі. Є велика кількість комбінованих моделей з різними властивостями. Питання створення такої 3D-моделі на фортецю "Чембало" є основним завданням даної публікації.

Картографічне моделювання дослідження об'єкта культурної спадщини виконувалось за допомогою сучасних ГІС-технологій з метою побудови об'ємних зображень. Було створено найбільш наближену до дійсності модель місцевості. "Віртуальна модель місцевості (ВММ) – це математична модель

місцевості, яка містить інформацію про рельєф земної поверхні, її спектральні яскравості й об'єкти, які розташовані на даній території, призначені для інтерактивної візуалізації та наділені ефектом присутності на місцевості" [4]. Для створення і візуалізації ВММ з певною мірою реалістичності було використано програму, яка дозволяла обробляти тривимірні об'єкти, мала функцію "накладання" текстури, тобто можливість накладати на побудовану TIN-модель космічний знімок.

Для виконання цього завдання використано настільну систему ArcGIS Desktop, що надає широкі можливості для створення реалістичних моделей об'єкта у вигляді цифрового зображення (3D-моделі) [6, 10, 14].

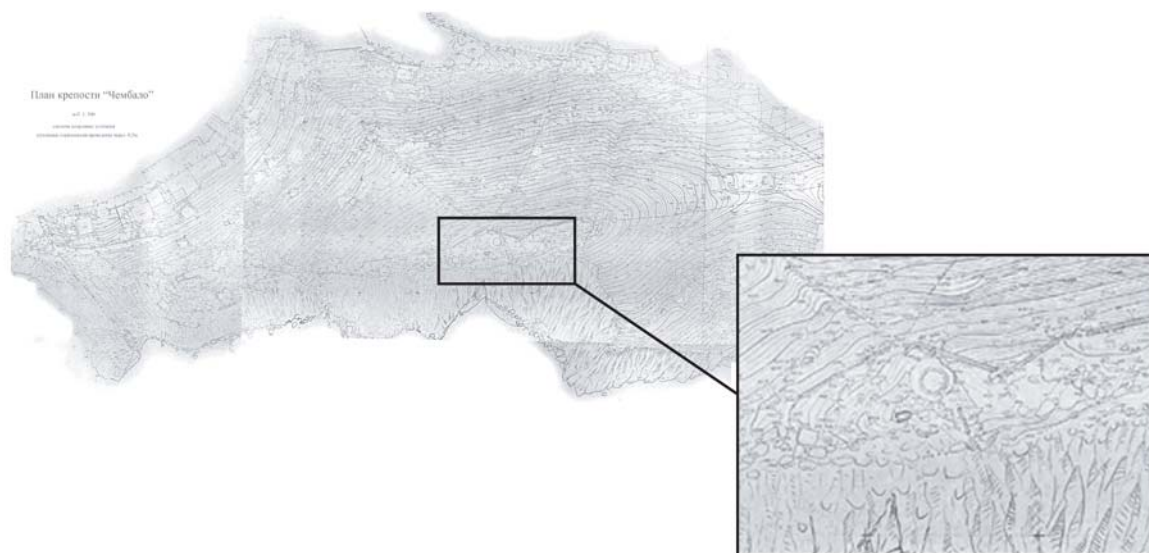
Етапи створення 3D-моделі. Початковим етапом була підготовка вихідних даних, які включали:

- фрагмент топографічної карти на територію м. Балаклави, а саме на район генуезької фортеці "Чембало" масштабу 1:10 000 (1983 р.);
 - план цієї фортеці масштабу 1:500 в умовній системі координат (суцільні горизонталі проведені через 0,5 м);
 - робочі креслення "Консервації пам'ятки архітектури – генуезької фортеці в м. Балаклаві" за 1956 р.;
 - схематичний план фортеці масштабу 1:1 000 (станом на 25 вересня 1955 р.);
 - фрагмент космічного знімка із супутника QuickBird, отриманий з геопорталу Maps.Google.com;
 - плановий чорно-білий аерофотознімок на територію фортеці масштабу 1:10 000 за 2005 р. [мал. 3-5].
- З переліку матеріалів видно, що, по-перше, різняться масштаби вихідних картографічних матеріалів і матеріалів ДЗ об'єкта дослідження, по-друге, різне їх датування.

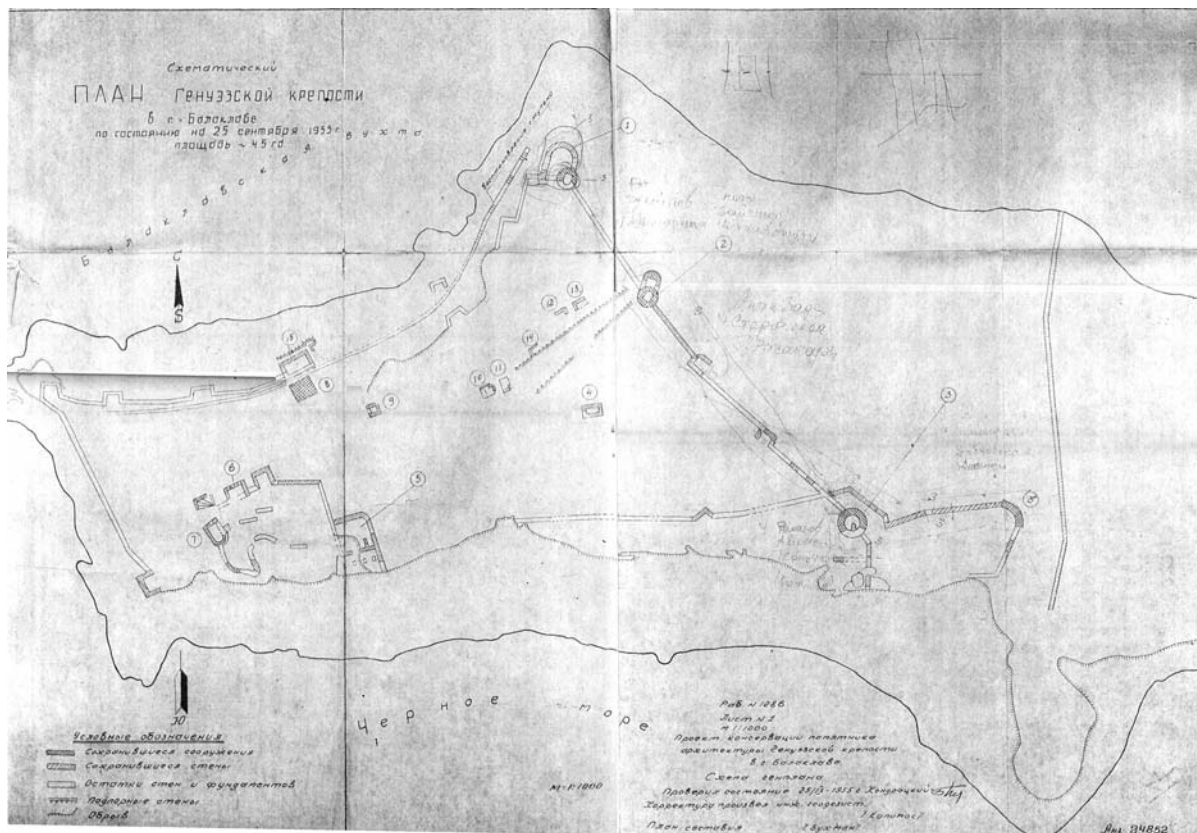
Базові функції ArcGIS мають потужні можливості для реєстрації (географічної прив'язки) растрових зображень. Ці зображення зазвичай не міс-

тять інформації про точне місцезнаходження досліджуваного об'єкта відносно земної поверхні. Тому необхідно було виконати прив'язку (геометричне коригування, трансформацію, координатну прив'язку) всіх растрових і векторних зображень, які будуть використані в подальшій роботі.

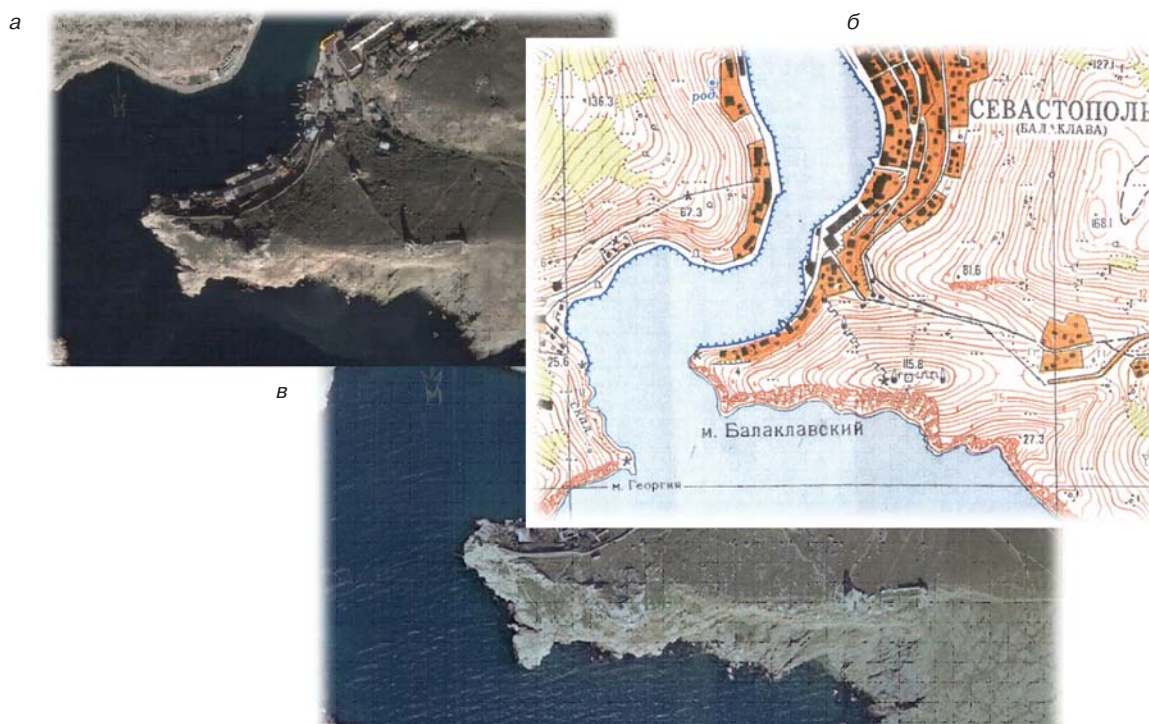
Наступний етап полягав у географічній прив'язці картографічних матеріалів (растрових зображень), який було виконано методом геометричного корегування в програмному продукті Erdas Imagine. "Географічна прив'язка – це основа, яка використовується для реєстрації та аналізу місцезнаходження об'єктів, визначає їх форму, вимірювання відстаней та площ" [14, с. 183]. Для географічної прив'язки було використано прямокутну систему координат, оскільки в ГІС зручніше використовувати саме цю систему координат. За початок умовної системи координат було взято перетин сітки квадратів на фрагменті топографічної карти з координатами відповідно $x, y = 0, 0$. На растровому зображенні (топографічній карті) вибраним на ній точкам примусово було присвоєно умовні координати. Процедура полягала в майже точній ідентифікації відображеної ділянки земної поверхні та присвоєнні кожній обраній точці зображення умовних координат. Для точнішої прив'язки і трансформування зображення слід мати якнайбільше точок, тому було обрано 14 таких точок. Координати надавалися (присвоювалися) їм вручну з клавіатури. Слід зауважити, що в процесі прив'язки виникли деякі складнощі, які, на думку автора, було успішно подолано (передусім це стосується відмінності масштабів матеріалів). Так, використана карта має масштаб 1:10 000, а знімок – 1:50 000. Крім того, матеріали були теж різної якості й на різні дати: карта з датою ситуації на 1983 р., космічний знімок отримано з геопорталу Maps.Google.com і датований він 2008 р. Карту відскановано з паперового матеріалу з просторовою розрізненістю 300 dpi.



Мал. 3. План фортеці у масштабі 1: 500



Мал. 4. Схематичний план фортеці, 1955 р.



Мал. 5. Вихідні матеріали, використані для побудови тривимірної реалістичної моделі фортеці:
 а – фрагмент космічного знімка; б – фрагмент топографічної карти масштабу 1:10 000;
 в – фрагмент аерофотознімка (2005 р.)



Далі було виконано координатну прив'язку фрагмента космічного знімка з супутника QuickBird до топографічної карти з уже відомими координатами. Так поступово було прив'язано матеріали в такій послідовності: план фортеці в масштабі 1:500; схематичний план "Консервації пам'ятки архітектури – генуезької фортеці в Балаклаві" за 1956 р.; план фортеці в масштабі 1:1 000 (станом на 25 вересня 1955 р.); плановий чорно-білий аерофото-знімок на територію фортеці в масштабі 1:10 000 за 2005 р. Перераховані матеріали були різних масштабів та якості.

Є різні моделі прив'язки зображень (цифрового трансформування) – афінна, поліноміальна (апроксимаційна) різних порядків, інтерполяційна та спеціальна. У даній праці використано поліноміальну модель другого порядку, яка найчастіше застосовується для трансформування зображень.

Апроксимація поліномами першого порядку дозволяє виконувати лінійні перетворення координат і працювати із зображеннями на невеликі частини земної поверхні без врахування її кривизни. Апроксимація поліномами другого порядку дає змогу враховувати й усувати спотворення растрових зображень та досягати достатнього рівня точності. Етап трансформування растрових зображень на цьому завершився.

Наступний етап робіт було розпочато з використанням іншого програмного продукту ArcGIS – додатка ArcMap 9.2, який теж підтримує формати Erdas Imagine – mxd. В ArcMap 9.2 було відкрито новий проект, доповнений усіма растровими зображеннями, необхідними для подальшої роботи. Далі провели коригування прив'язки растрових зображень.

Після цього в ArcCatalog було введено географічну систему координат GCS_Pulkovo_1942, систему координат проекції Pulkovo_1942_GK_Zone_6N, циліндричну рівнокутну проекцію Гаусса – Крюгера (Gauss, Kruger).

На етапі векторизації растрового зображення при оцифруванні виникли проблеми через різні масштаби матеріалів, які було розв'язано різними способами. За основу оцифрування взято топографічну карту з горизонталлями через 5 м. По основі оцифровано горизонталі. Однак цієї інформації про рельєф виявилось недостатньо для побудови TIN-моделі, оскільки фортеця розташована на горі і має досить круті схили і значні перепади висот. Тому інформацію про рельєф було доповнено з плану, на якому горизонталі проведені через 0,5 м. План, отриманий у цифровому форматі jpeg, tiff у вигляді растра, мав деякі недоліки: був відсканований частинами та "зшитий" у програмному продукті растрової графіки Adobe Photoshop не дуже якісно, на ньому знаходились будівлі, під якими не було горизонталей. Для усунення недоліків застосовано метод інтерполяції для оцифрування горизонталей на проблемних ділянках. Наступний показник, який було знято з плану фортеці, – це відмітки висот.

При проектуванні бази даних (БД) у ГІС було встановлено засоби відображення географічних об'єктів. За базові типи просторових об'єктів обрано: точки – відмітки висот, лінії – горизонталі, полігональні об'єкти – фрагменти будівель фортеці різних рівнів їх збереженості. До вибору джерел, з яких потрібно було отримати дані про об'єкт для побудови БД, висувалися високі вимоги щодо їх якості й достовірності на сьогоднішній день. Оскільки фортецю було збудовано в XIV-XV ст., то зрозуміло, що вона поступово зазнавала руйнації і збереглася лише частково й потребує негайної реставрації. Саме тому матеріали про фактичний стан постійно змінюються і потребують уточнення. До таких матеріалів належать джерела просторових даних: топографічні карти різного масштабу (1:10 000, 1:100 000), які планували використати для вибору проекції, просторової прив'язки тематичних даних та як джерела даних про рельєф. Тематичні дані було отримано з літературних і картографічних джерел – тематичних карт, планів, схем, звітів археологічних експедицій тощо.

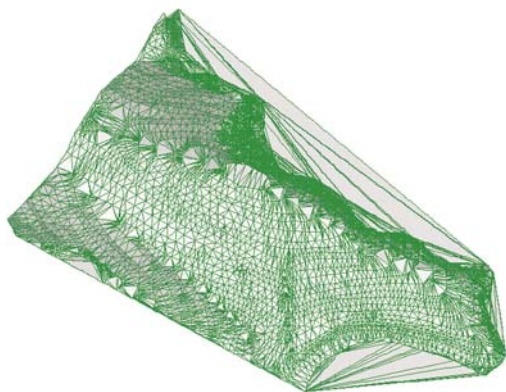
Важливим джерелом інформації стали також матеріали дистанційного зондування – аеро- та космічні знімки території, де розташований об'єкт дослідження. Ці дані було використано для побудови БД, з яких і отримано інформацію про сучасний стан та зміни для тематичних шарів у БД, оновлено деякі топографічні дані. (Сучасні ГІС-технології дозволяють ефективно поєднувати використання знімків і картографічних джерел [12]).

На наступному етапі робіт використано модуль 3D Analyst для аналізу даних. Цей модуль відображує теми у тривимірному вигляді й надає додаткові можливості для створення, відображення та аналізування растрових даних. За допомогою модуля 3D Analyst побудовано TIN-моделі з шарів з ізолініями та відмітками висот, що особливо зручно для відображення безперервних у просторі географічних явищ, якими є рельєф. Модуль дозволяє зберегти й експортувати результати роботи в растровий формат bmp, jpg, у вигляді малюнка.

В ArcMap 9.2 у додатковому модулі 3D Analyst у стандартному інтерфейсі користувача спрощено побудову TIN-моделі рельєфу. Для цього використано два тематичні шари, які в атрибутивній таблиці даних мають значення висот. Побудовану TIN-модель у подальшому можна модифікувати й уточнювати, додавати інші шари, які є в атрибутивній таблиці (мал. 6).

Черговим етапом робіт стало створення ЦМР рельєфу з "накладанням" на неї ("натягуванням") космічного знімка (TIN-модель). Він складався з таких дій:

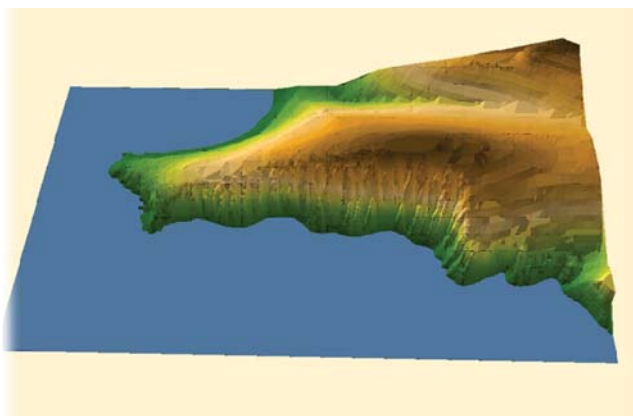
- запуску ArcMap 9.2 та відкриття проекту (додавання теми шарів);
- відкриття додаткового модуля 3D Analyst та побудови TIN-моделі;
- відкриття ArcScene та додавання TIN-моделі, побудови 3D-сцени;
- додавання растру в ArcScene та "натягування" знімка на TIN-моделі;
- побудови 3D-сцени у перспективному відображенні;



Мал. 6. TIN-модель

– додавання полігональних тем в ArcScene та надання об'єктам об'ємності (побудова 3D-об'єктів).

Просторові об'єкти, представлені в базі даних ГІС, повинні мати різноманітні просторові властивості. У даному разі об'єктом є рельєф, який у БД має таку просторову властивість, як висота. Просторові варіації властивостей найзручніше подавати у вигляді цифрової моделі рельєфу (ЦМР). Така модель має набір точок з координатами x , y , z , які моделюють топографічну поверхню. Для побудови ЦМР було використано дані про рельєф з топографічної карти і плану. Найчастіше для цього використовують нерегулярну триангуляційну мережу з трикутників, що не перетинаються. Цей метод широко застосовується в ГІС для моделювання поверхні та виконання просторових завдань. Підготувавши усі необхідні дані, було побудовано тривимірну модель рельєфу (мал.7). Для цього використано модуль 3D Analyst (ArcScene).

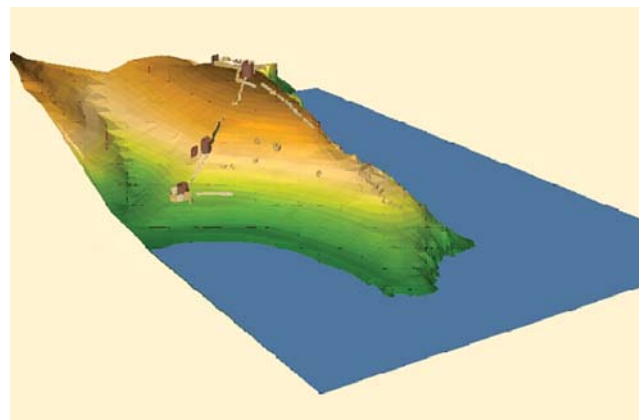


Мал. 7. Цифрова модель рельєфу

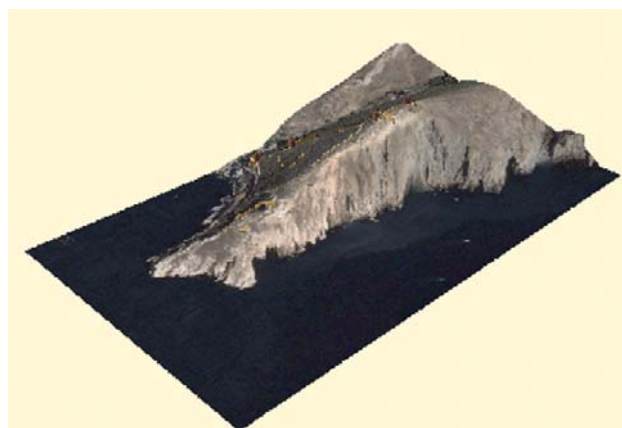
Потім растровий шар (космічний знімок) наклали на ЦМР. Шар полігонів являє собою зображення полігональних об'єктів зі значеннями висот будівель, оскільки споруди фортеці мають різну ступінь збереженості у вигляді руїн і залишків фундаментів неоднакової висоти. Полігональних шарів у проєкті три. Вони розділені відповідно до ступеня збереженості. Шар полігонів було оцифровано в ArcMap 9.2 на основі плану фортеці (1:500) і робочих креслень

(“Консервація пам'ятки архітектури – генуезької фортеці в Балаклаві” за 1956 р., Схематичний план генуезької фортеці “Чембало” в м. Балаклава масштабу 1:1 000). Створено три шейп-файли відповідно до полігональних об'єктів зі значеннями висот будівель різного ступеня збереженості.

До створеної 3D-моделі додано три шари з будівлями, способом зміни їхніх властивостей. За допомогою опції “видавлювання” побудовано 3D-об'єкти споруд (мал. 8, 9).



Мал. 8. Цифрова модель місцевості



Мал. 9. Тривимірна реалістична модель пам'ятки архітектури – генуезької фортеці “Чембало”

Отриманим зображенням можна керувати, тобто масштабувати його, обертати, змінювати центр обертання та імітувати проліт над місцевістю, користуючись різноманітними інструментами керування відображенням тривимірної моделі.

Висновки та перспективи досліджень. Різні історичні періоди розвитку нашої держави наклали відбиток на засоби вивчення та охорони історико-культурної спадщини, а саме на її картографування. Представлена модель є прикладом наочного відображення об'єкта у максимальному наближенні до реальності. Запропонований алгоритм методики створення тривимірної реалістичної моделі пам'ятки архітектури фортеці “Чембало” може бути



використаний для візуалізації інформації про будь-які об'єкти культурної спадщини. Вона створена для отримання нової інформації про історико-культурні об'єкти.

3D-моделі пам'яток можна використовувати як повноцінну інформацію для доповнення Державного реєстру нерухомих пам'яток України, в якому іноді містяться лише фотографії (чи фотофіксації фрагментів пам'яток), схеми, карти й інше.

Широке використання сучасних інформаційних технологій має вирішальне значення майже в усіх сферах, зокрема і в туристичній галузі, яка на сьогодні має розгалужену систему туристичних веб-порталів та веб-сайтів. Впровадження інформаційних технологій в туристичну індустрію розкриває широкі можливості для використання при цьому картографічних моделей пам'яток історико-культурної спадщини для подальшої їх популяризації серед потенційних туристів.

Література

1. Арманд, А.Д. Информационные модели природных комплексов / А. Д. Арманд. – М.: Наука, 1975. – 122 с.
2. Берлянт, А.М. Геоиконика / А.М. Берлянт. – М.: "Астра", 1996. – 208 с.
3. Гагаш, В. Жити і померти в Чембало // В. Гагаш / Дзеркало тижня. – № 37 (462). – 27 верес. – 3 жовт. 2003.
4. Геоинформатика: учеб. для студ. высш. учебн. завед. – В 2 кн. / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов [и др.] ; под ред. В.С. Тикунова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИЦ "Академия", 2008. – Кн. 1. – 384 с.
5. Иванов, В.Б. Балаклава 2500. – В 2 кн. – Симферополь: Библикс, 2004. – Кн. II. На рубеже тысячелетий. – 288 с.
6. Обиралов, А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование / А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова. – М.: КолосС, 2006. – 334 с.
7. Отчет об археологических исследованиях средневековой крепости Чембало (г. Балаклава) в 2005 г. / Матер. Южно-Крым. археол. экспед. (Вып. V). – СПб.; Симферополь: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2006. – 223 с.
8. Отчет об археологических исследованиях средневековой крепости Чембало (г. Балаклава) в 2007 г. / Матер. Южно-Крым. археол. экспед. – (Вып. VI). – СПб.; Симферополь: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2007. – 253 с.
9. Картографічне моделювання: навчальний посібник / Т.І. Козаченко, Г.О. Пархоменко, А.М. Молочко; за ред. А.П. Золовського. – Вінниця: Антекс-УЛТД, 1999. – 328 с.
10. Матеріали семінару "Перспективи використання сучасних інформаційних технологій в туристичній діяльності" / 14-16 серп. 2007 р., м. Дунаїв: ДНВЦ "Природа" НКАУ та Мінприроди, 2007. – 91 с.
11. Моделирование нашего мира. Пособие ESRI по проектированию баз геоданных. – М.: ЕСОММ, 2003. – 254 с.
12. Немтинов, В.А. Виртуальное моделирование объектов культурно-исторического наследия с использованием ГИС-технологий / В.А. Немтинов, В.В. Морозов, А.М. Манаенков // Вест. ТГТУ. – Тамбов, 2011. – Т. 17. – № 3. – С. 709-714.
13. Підлісецька, І.О. Матеріали дистанційного зондування для картографічного моделювання пам'яток історико-культурної спадщини / І.О. Підлісецька // Географія в інформаційному суспільстві: зб. наук. пр.: У 4 т. – К.: ВГЛ "Обрії", 2008. – Т. IV. – С. 112-114.
14. Підлісецька, І.О. Інформаційне забезпечення та формування баз даних (на прикладі об'єктів історико-культурного призначення) / І.О. Підлісецька // Часопис картографії: зб. наук. пр. – К.: Вид-во Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка, 2011. – Вип. 1. – С. 78-87.
15. Трифонова, Т.А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях: учеб. пос. для вузов / Т.А. Трифонова, Н.В. Мищенко, А.Н. Краснощеков. – М.: Акад. проект, 2005. – 352 с.

Надійшла 24.04.14