

УДК 528.92

Б. В. ЧЕТВЕРІКОВ, Х. І. БІДЮК

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет "Львівська політехніка", вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, тел. +38(063)1671585, e-mail chetverikov@email.ua

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ МІСЦЕВОСТІ НА ПРИКЛАДІ АНСАМБЛЮ ОБОРОННИХ СПОРУД "ЦИТАДЕЛЬ" (М. ЛЬВІВ)

Метою роботи визначено створення цифрової моделі місцевості ансамблю оборонних споруд "Цитадель" за допомогою архівних і сучасних картографічних та аероматеріалів. Завданням роботи визначено запропонувати технологічну схему та описати методику створення цифрової моделі місцевості, а також налаштування її 3D-візуалізації. **Методика.** Використовуючи фрагмент сучасного топографічного плану м. Львова, а саме району "Цитадель" масштабу 1:5000, векторизовано горизонталі з січенням рельєфу через 2 м. За отриманим векторним шаром побудовано матрицю висот. Використовуючи архівні дані: аерознімок відзнятий німцями у 1944 році та фото фіксації об'єктів, отримано цілісне уявлення про розташування об'єктів цієї території станом на 1944 рік. Архівний аерознімок геометрично трансформовано за поліноміальною моделлю другого ступеня. Після цього, за ним векторизовано шари будівель, дорожньої мережі, рослинності, огорожі та наглядних башт концентраційного табору Stalag-328, такими якими вони були станом на 1944 рік. За архівними даними фотофіксацій будівель концентраційного табору, створено текстури об'єктів. Текстури для дахів будівель створено на основі даних, отриманих з космічного знімка відзнятого супутником GeoEye-1 у 2010 році. Використовуючи всі отримані дані проведено 3D-моделювання цієї території та графічну реконструкцію концентраційного табору Stalag-328. Сумісне опрацювання сучасних та архівних даних є основою для побудови цифрової моделі місцевості, яка передає всі особливості висотної і ситуаційної складових території на час існування на ній концентраційного табору Stalag-328. **Результати.** За векторизованими горизонталіями створено у програмному пакеті Panorama матрицю висот досліджуваної території. Побудовано цифрову модель місцевості району "Цитадель" у місті Львові за комбінованими даними аерознімання 1944 року та сучасними картографічними матеріалами. **Наукова новизна.** Запропонована технологічна схема створення цифрової моделі місцевості на основі архівних матеріалів дає змогу оперативно візуалізувати історично значущі об'єкти у їх первісному вигляді. **Практична значущість.** Аналіз побудованої цифрової моделі місцевості дав можливість отримати уявлення про розташування об'єктів території "Цитадель", якими вони були у 1944 році. Отриману цифрову модель місцевості можна використати для відображення історичних подій, що відбулись на цій території. Результати цієї роботи можуть бути передані в відділ збереження культурної спадщини Львівської обласної ради для інформаційного забезпечення туристичних цілей.

Ключові слова: цифрова модель місцевості; текстура; 3D-візуалізація; архівний аерознімок; архівні картографічні матеріали.

Вступ

З кінця ХХ ст. почався етап використання в картографічному виробництві найсучасніших технічних засобів. Однією з основних ланок комп'ютерних технологій створення карт є ГІС, які акумулюють просторові дані про найрізноманітніші об'єкти реального світу. Ці дані зображені в ГІС у цифровій формі, що забезпечує їх введення до комп'ютерного середовища, зберігання, опрацювання й перетворення з метою відтворення вже існуючих картографічних творів або створення нових.

З часів здобуття Україною незалежності державні органи культури розпочали широкомасштабні пошуки та відновлення об'єктів культурної спадщини українського народу. Одним з найвідоміших історичних міст трагічного масового знищення людей в Україні є концентраційний табір "Stalag-328" (Львівська Цитадель) [Піняжко Т., 2005].

Актуальність картографічних досліджень історичних міст на сучасному етапі зростає у зв'язку з поглибленим пошуком та відновленням об'єктів культурної спадщини українського народу.

Тематикою створення історичних цифрових моделей місцевості займається велика кількість як закордонних, так і вітчизняних вчених та дослідників [Оскорбин Н. М., 2013, Arnoud de Boer, 2010, Bartoněk D., 2012, Garouani A. El, 2013, Matejicek L., Matoušek V., 2011, Remondino, F., 2006]. Зокрема кафедра фотограмметрії та геоінформатики Національного університету “Львівська політехніка” створила цифрову модель місцевості смт Східниця [Дорожинський О. Л., 2009]. У межах Міжнародного проекту та ЦММ “Шевченківського гаю” у Львові [Колб І. З., 2009]. Серед всеукраїнських проектів створення історичної цифрової моделі місцевості можна виділити великий проект із реконструкції оборонної фортеці Тустань [tustan.ua]. Але в більшості досліджень цифрової моделі місцевості науковці оперують сучасними даними та картографічними матеріалами і рідко застосовують архівні дані для відображення ЦММ – такою, якою вона була колись. Інтеграцію архівних матеріалів, таких як дані аерознімання із сучасними даними для створення ЦММ історичних об’єктів, на цей час досліджено дуже слабо [Расіна J., 2011].

Мета

Метою роботи визначено створення цифрової моделі місцевості ансамблю оборонних споруд “Цитадель” за допомогою архівних і сучасних картографічних та аероматеріалів.

Завданням роботи визначено запропонувати технологічну схему та описати методику ство-

рення цифрової моделі місцевості, а також налаштування її 3D-візуалізації.

Методика

Під час дослідження використано такі матеріали: архівний німецький аерознімок 1944 року [National Archives and Records Administration, USA], космічний знімок отриманий із супутника GeoEye-1 у 2010 році [www.geoeye.com] та сучасний топографічний план району “Цитадель” масштабу 1:5000 (рис. 1).

Для створення цифрової моделі місцевості району “Цитадель” на основі відповідних різночасових вхідних даних запропоновано одну з можливих технологічних схем (рис. 2).

Коротко розглянемо кожен з етапів технологічної схеми.

Реєстрація та векторизація даних у III MapInfo.

Реєстрація сучасного топографічного плану масштабу 1:5000 проводилась за каталогом координат семи опорних точок, отриманих за допомогою GPS у системі координат WGS84. Система координат змінена не була, оскільки метою було створення приблизного візуального відображення ЦММ. У разі архівного аерознімка реєстрували відповідно до шести опорних точок, які вдалося розпізнати на архівному і сучасному матеріалах. Космічний знімок із супутника GeoEye-1 трансформовано по десяти опорним точкам, координати яких отримано з зареєстрованого топографічного плану. У табл. 1 подано максимальні похибки реєстрації зображень.

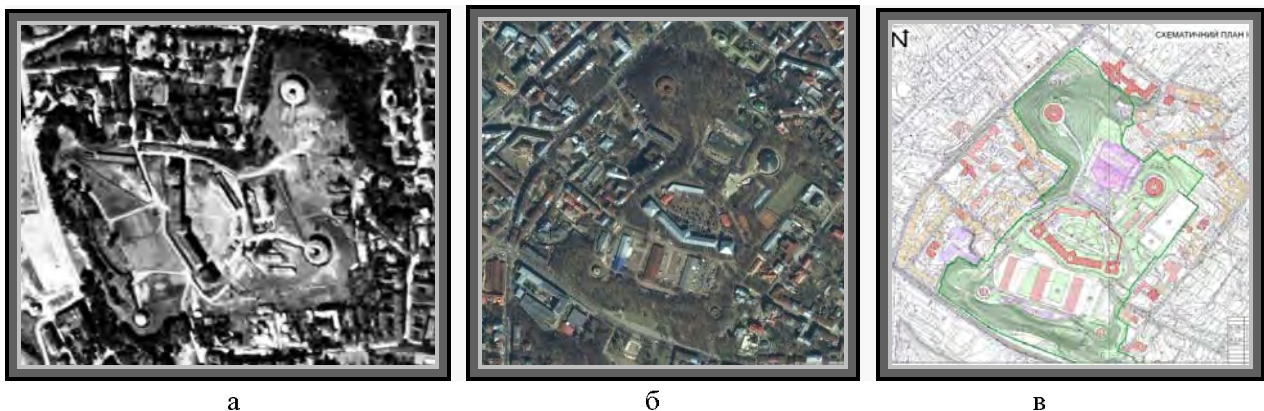


Рис. 1. Вхідні дані для створення ЦММ району “Цитадель”: а – архівний аерознімок 1944 року; б – космічний знімок отриманий із супутника GeoEye-1 у 2010 році; в – фрагмент сучасного топографічного плану

Fig. 1. Input data for creation DTM of area “Citadel”: a – archival image of 1944; b – Satellite image GeoEye-1 of 2010; v – fragment of modern topographic plan



Рис. 2. Технологічна схема створення ЦММ ансамблю оборонних споруд "Цитадель"
 Fig. 2. Technological scheme of DTM creation for ensemble of architectural constructions "Citadel"

Отримані максимальні похибки задовольняють виконання цієї роботи, оскільки ціль роботи – створення ЦММ району "Цитадель" для відображення історичної ситуації такою, якою вона була на час існування концентраційного табору "Stalag-328" часів Другої світової війни. За цією цифровою моделлю не виконувались ніякі виміри.

Векторизація зображень проводилась у такій послідовності: архівний аерознімок [National Archives and Records Administration, USA], сучасний топографічний план. З архівного аерознімка векторизовувались шари будівель, дорожньої мережі, огорожі (такими, якими вони були станом на 1944 рік), а також шар рослинності (рис. 3, а). Для векторного шару будівель створено атрибутивну базу даних, що містила інформацію про призначення споруди на час існування концентраційного табору, номер будівлі, а також її висоту, для подальшої 3D-візуалізації (рис. 3, б).

Таблиця 1

Максимальні похибки реєстрації вхідних даних

The maximum registration errors of input data

	max похибка у пікселях	max похибка у метрах
Топографічний план масштабу 1:5000	1	1
Космічний знімок отриманий з супутника GeoEye-1 у 2010 році	1	1,65
Архівний німецький аерознімок отриманий у 1944 році	3	4

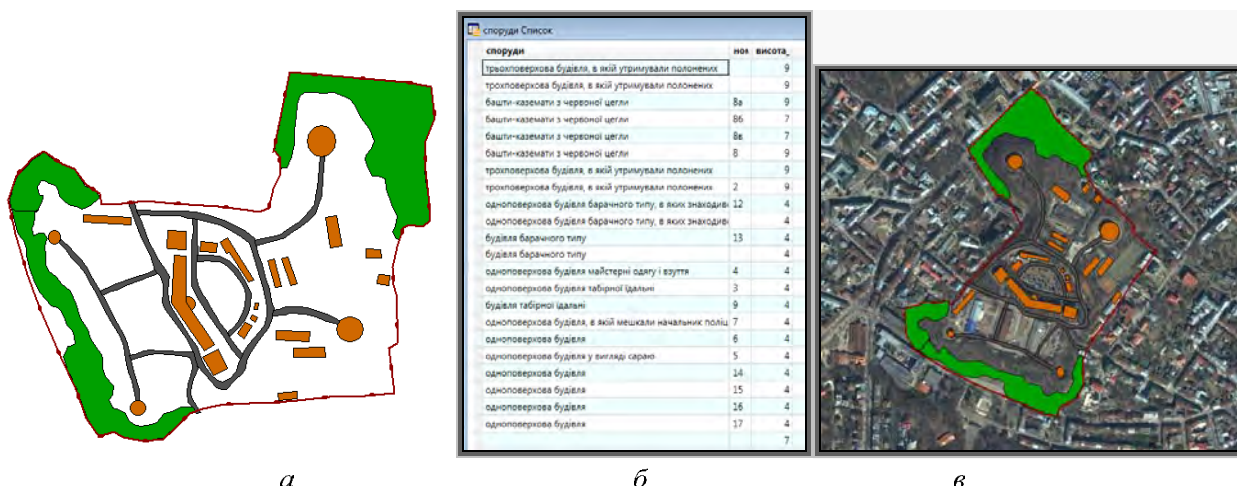


Рис. 3. Відображення:

а – векторних шарів створених на основі архівного аерознімка; б – вікна атрибутивної бази даних векторного шару "Споруди"; в – векторних шарів ситуації 1944 р., накладених на космічний знімок станом на 2010 р.

Fig. 3. Displaying:

а – vector layers created on the base of archival aerial image; б – window of attributive data base of vector layer "buildings"; в – vector layers of situation of 1944 overlaid on satellite image of 2010

Отриману інформацію з векторних шарів архівного аерознімка про розташування об'єктів концентраційного табору "STALAG-328" накладено на космічний знімок, отриманий з супутника GeoEye-1 для виявлення змін, що відбулись на цій території (рис. 3, в).

Із сучасного топографічного плану масштабу 1:5000 векторизовано горизонталі із січенням рельєфу через 2 м. До векторного шару горизонталей створено атрибутивну базу даних з інформацією про висоти ізолій, за якою згодом створено цифрову модель рельєфу (рис. 4).

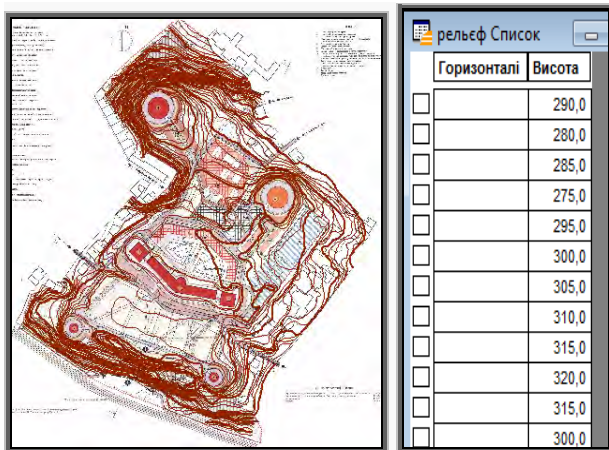


Рис. 4. Векторний шар рельєфу та його атрибутивна база висотних даних

Fig. 4. Vector layer of relief and its attributive database

Імпорт опрацьованих даних у ПП Panorama

Розглянувши ряд програмного забезпечення і їх модулі для побудови ЦММ, прийнято рішення обрати Panorama як найпростішу і найдоступнішу програму.

Для відкриття створених векторних шарів у ПП Panorama використано "Універсальний транслятор" у MapInfo для експорту даних у шейп-формат (рис. 5).

Після цього виконано імпорт цих даних у програмний пакет Panorama. У результаті отримано векторні дані горизонталей, будівель, дорожньої мережі, рослинності та огорожі концентраційного табору у робочому просторі Panorama (рис. 6).

Створення цифрової 3D-моделі місцевості в ПП Panorama

Тривимірне моделювання дає змогу найкращим чином описувати реальну місцевість,

об'єкти навколишнього світу і їх взаємне розташування. Це завдання вирішує технологія побудови тривимірної моделі.

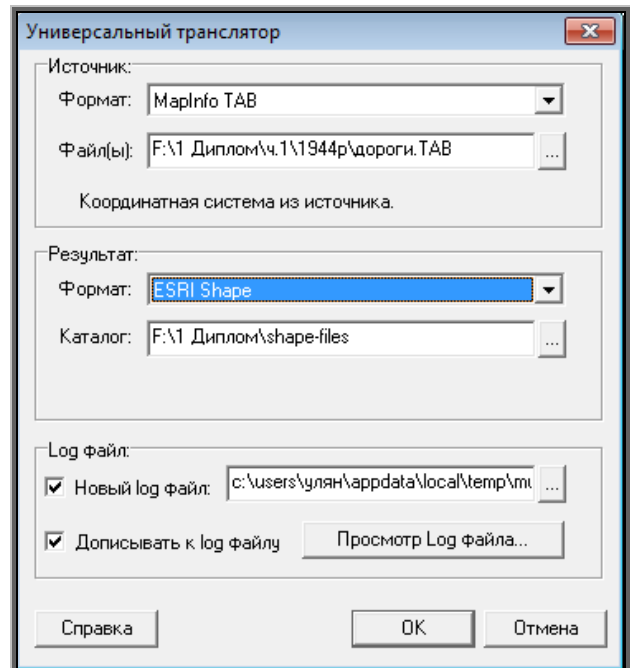


Рис. 5. Вікно експорту векторних шарів у формат Shape

Fig. 5. Windows of export of vector layer into Shape format

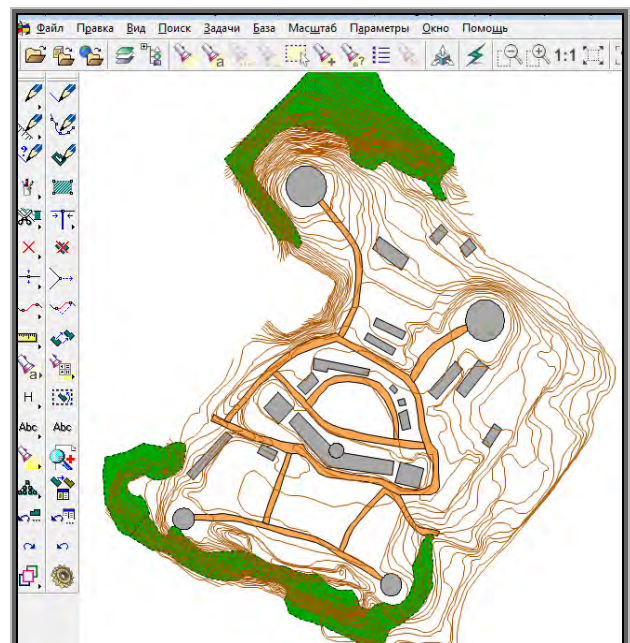


Рис. 6. Імпортвані Shape-файли в ПП Panorama

Fig. 6. Imported Shape-files in software Panorama

Побудова матриці висот дає змогу відобразити цифрову модель рельєфу. Вона створюється на основі векторних даних рельєфу (в цьому разі векторний шар горизонталей) [12] (рис. 7).

Для кращого висвітлення архівних даних виконано під'єднання архівного знімка, який слугував підкладкою під час побудови 3D-візуалізації цифрової моделі місцевості "Цитадель" (рис. 8).

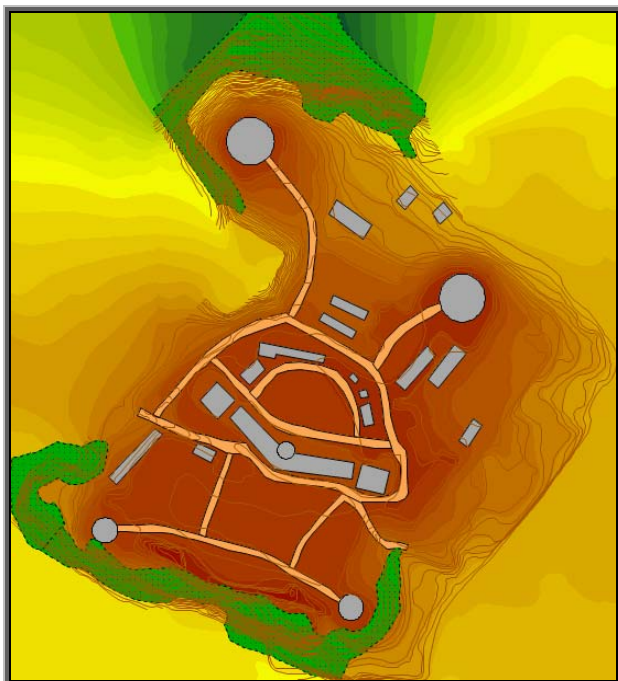


Рис. 7. Створена матриця висот району "Цитадель" (Львів)

Fig. 7. Created altitude matrix for area "Citadel" (Lviv)

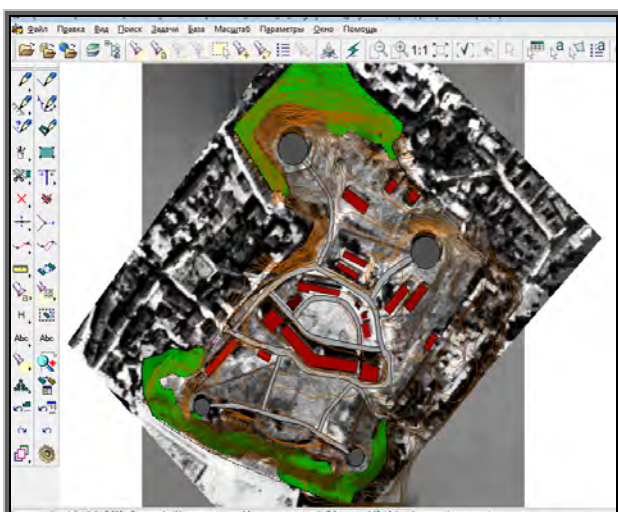


Рис. 8. Матриця висот з накладеними векторними шарами та архівним аерознімком

Fig. 8. Altitude matrix with overlaid vector layers and archival aerial image

Підготовка та накладання текстур на тривимірні об'єкти

Розпізнання об'єктів забезпечується накладанням на різні поверхні текстур, отриманих з відповідних цифрових фотографій. Готові зображення завантажуються в класифікатор тривимірних об'єктів. За потреби бібліотека текстур може поповнюватися.

Для того, щоб накласти текстуру з попередньо створених цифрових фотографій місцевості, вибрано будівлі і оброблено їх у графічному редакторі, вирізавши області, які необхідні та збережено їх у форматі *.bmp (рис. 9). З космічного знімка, отриманого з супутника GeoEye-1 у 2010 році, створені текстури дахів будівель.

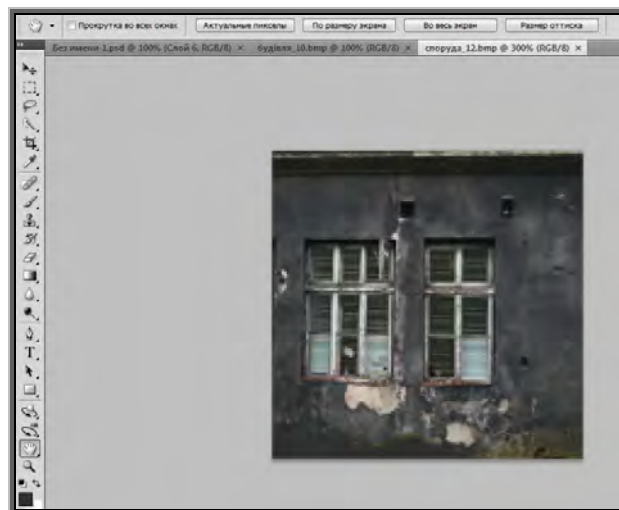


Рис. 9. Створення текстури будівель

Fig. 9. Creation of building texture

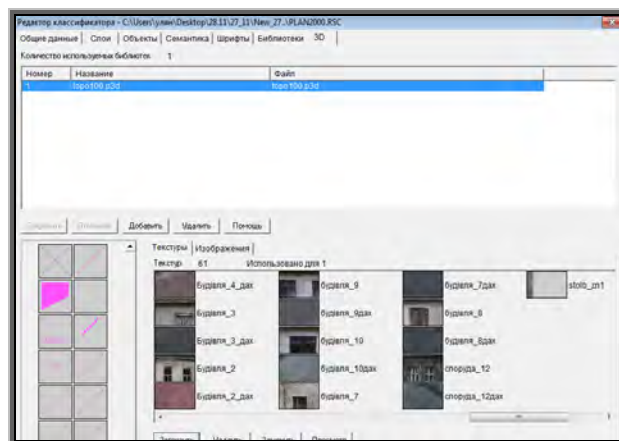


Рис. 10. Додавання створених текстур до класифікатора

Fig. 10. Addition of created textures to classifier

Створені текстури об'єктів додано до топографічного класифікатора, який поставляється разом з ПП Рапотама для 3D-об'єктів (рис.10).

У налаштуванні відображення об'єктів карти, в розділі 3D-відображення, змодельовано геометричну структуру та нанесено відповідну текстуру для кожного об'єкта шару будівель, огорожі та оглядових башт. Векторному шару рослинності присвоєно стандартне 3D-відображення з бібліотеки класифікатора (рис. 11).

У результаті отримано сформоване 3D-відоображення всіх об'єктів місцевості "Цитадель", що мають історичне значення.

Аналіз вихідної ЦММ створеної за архівними та сучасними даними

Для відображення цифрової моделі місцевості використано функції 3D-візуалізації запрограмовані в програмі Рапотама.

На рис. 12 побудована цифрова 3D-модель місцевості "Цитадель" (Львів) з нанесеними векторними шарами та архівним аерознімком станом на 1944 рік.

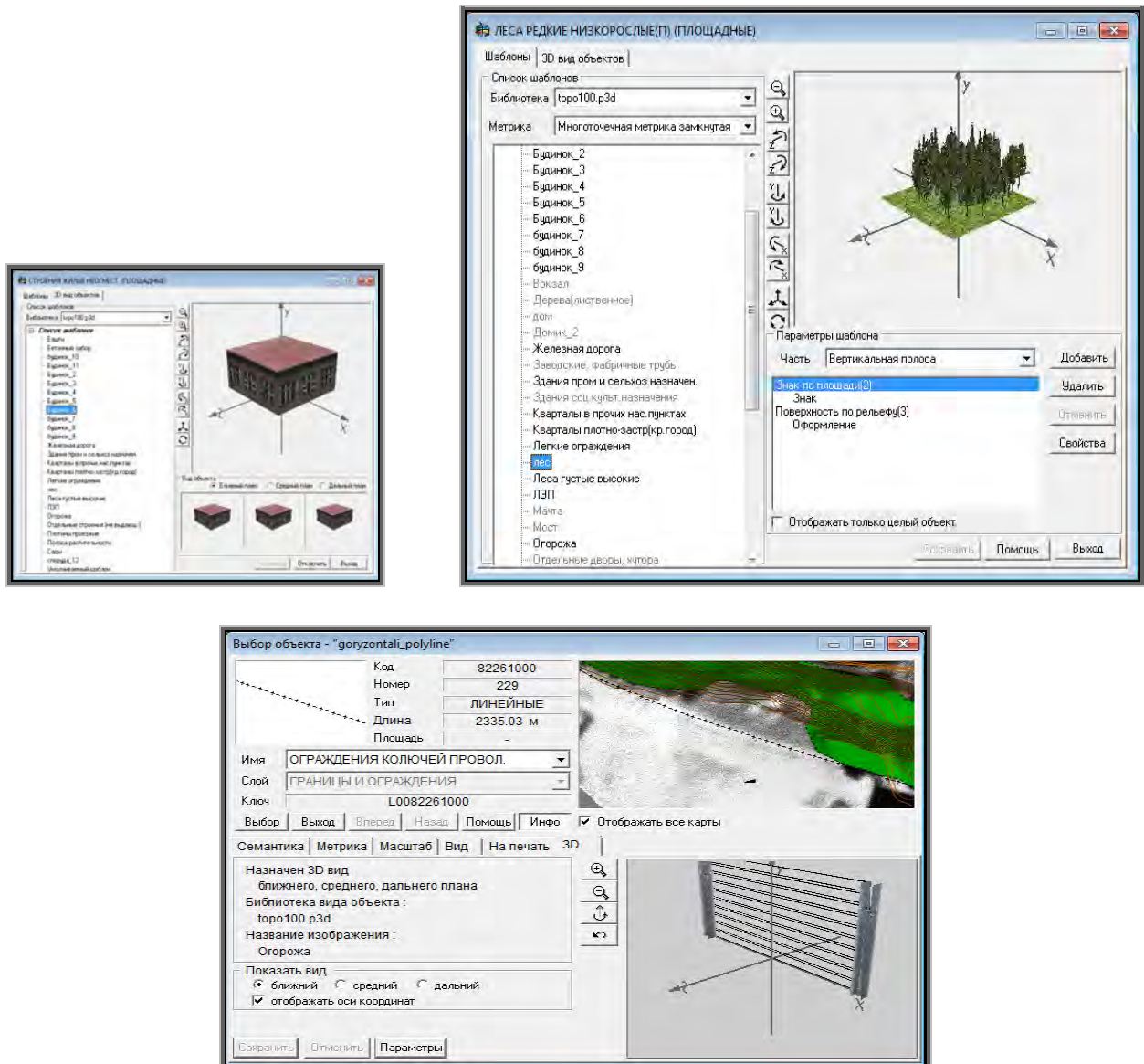


Рис. 11. Вікно налаштування 3D-відображення об'єктів будівель, насаджень та дрютяної огорожі концентраційного табору
Fig. 11. Windows for settings of 3D-representation of objects of buildings, vegetation and wire fence of concentration camp

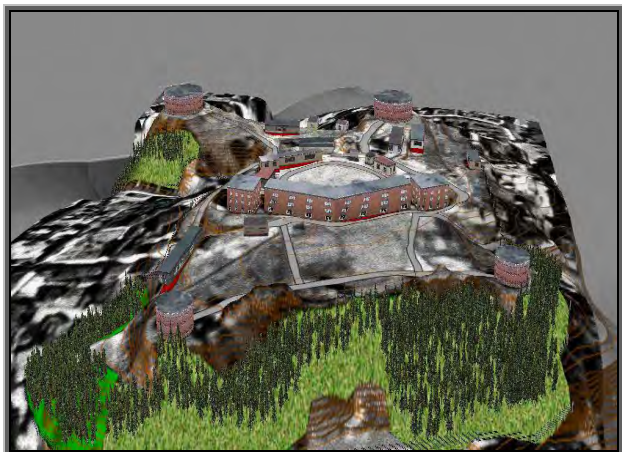


Рис. 12. 3D-відображення цифрової моделі місцевості “Цитадель” (Львів) станом на 1944 рік
 Fig. 12. 3D-representation of DTM of area of “Citadel” (Lviv) as for 1944

Порівнявши цифрову модель місцевості, отриману за архівними даними та сучасну, отримано інформацію, що деякі будівлі знищено, натомість побудовані автомобільні бокси, офісні приміщення та стоянки для машин. Значна частина території заліснена. Одна з чотирьох максеміліанських веж перебуває в напівзруйнованому стані, дві інші відреставровано та використовуються як склади, а в будівлі четвертої розташовано готель. Будівля колишньої казарми, що знаходиться в центрі території колишнього концентраційного табору залишилась фактично без змін, і використовується під офісні приміщення банку.

Результати

Побудовано цифрову модель місцевості “Цитадель” такою, якою вона була під час Другої світової війни, на основі поєднання архівних і сучасних картографічних матеріалів та даних ДЗЗ.

Наукова новизна і практична значущість

Запропонована технологічна схема створення цифрової моделі місцевості на основі архівних матеріалів дає змогу оперативно візуалізувати історично значущі об’єкти у їх первісному вигляді.

Отриману цифрову модель місцевості можна використати для моделювання та відновлення історичних об’єктів, що були пошкоджені або взагалі не збереглися. Дані цифрової моделі

місцевості можуть бути передані до органів культурної спадщини для розвитку туристичних маршрутів.

Висновки

Засобами ГІС MapInfo і Panorama створено цифрову тематичну карту району “Цитадель” та прилеглих територій.

Проаналізувавши отриману інформацію, зроблено висновок, що 20 % території колишнього концентраційного табору “Stalag-328” забудовано будівлями та іншими інженерними спорудами, деяка частина заросла деревами.

Отриману ЦММ “Цитаделі” можна використати для історичних та туристичних цілей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Дорожинський О. Л., Колб І. З. Геоінформаційна система селища-курорту Східниця [Електронний ресурс: <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=1198>]
- Колб І. Комп’ютерне моделювання елементів історико-культурного ландшафту селища Східниця / І. Колб, Ю. Шкурченко, Л. Дичко // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2009. – Вип. 71. – С. 49–59.
- Оскорбин Н. М. Создание цифровой модели местности на основе космических снимков высокого разрешения / Н. М. Оскорбин, С. И. Суханов // Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – С. 87–91.
- Піняжко Т. Львівська цитадель / Т. Піняжко // Львів: Ліга-Прес, 2005. – 96 с.
- Arnoud de Boer. Processing old maps and drawings to create virtual historic landscapes / e-Perimtron. – Vol. 5, № 2. – 2010. – P. 49–57.
- Bartoněk D. Prediction model to identify the significant development periods of the historical objects / D. Bartoněk // FIG Working Week 2012. – May 6–10. – 2012. – Rome, Italy.
- Garouani A. El, Alobeid A. Digital Surface Model generation for 3D City Modeling (Fez, Morocco) / A. El Garouani, A. Alobeid // Eighth National GIS Symposium in Saudi Arabia – April 15–17, 2013, Dammam.
- Matejcek L. Processing of Environmental Data for Air Dispersion Numerical Models and Aerodynamic Research in Wind Tunnels / L. Matejcek // International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 7th Intl. Congress on Env. Modelling and Software, San Diego, CA, USA.

- Matoušek V. The thirty years war battlefields plans in the Czech Republic in the Theatrum Europaeum / V. Matoušek, T. Blažková, T. Soudná, R. Zimová // Geographia Technica. – No. 2. – 2011. – P. 56–64. National Archives and Records Administration, USA [GX 8280 SK]
- Pacina J. Georelief reconstruction and analysis based on historical maps and aerial photographs / J. Pacina, L. Weiss // GIS Ostrava 2011. – 23 – 26. 1. 2011, Ostrava.
- Remondino, F., Gruen, Armin & Zhang, L. (2006) – High-Resolution Satellite Imagery for 3D Modeling and Visualization of Cultural Heritage Sites. The Journal of Survey. – V. 56, 30–33.
- Електронний ресурс: <http://www.geoeye.com>.
- Електронний ресурс: <http://www.tustan.ua>.

Б. В. ЧЕТВЕРИКОВ, К. И. БИДЮК

Кафедра фотограмметрии и геоинформатики, Национальный университет “Львовська політехніка”, ул. С. Бандеры 12, Львов, Украина, 79013, тел. +38(063)1671585, e-mail chetverikov@email.ua

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ НА ПРИМЕРЕ АНСАМБЛЯ ОБОРОНИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ “ЦИТАДЕЛЬ” (Г. ЛЬВОВ)

Целью работы определено создание цифровой модели местности ансамбля оборонительных сооружений “Цитадель” с помощью архивных и современных картографических и аероматериалов. Задачей работы определено предложить технологическую схему и описать методику создания цифровой модели местности, а также настройки ее 3D-визуализации. **Методика.** Используя современный топографический план района “Цитадель” в масштабе 1:5000 построена цифровая модель рельефа с векторизованными горизонталями с сечением рельефа 2 метра. С помощью архивных данных с аэроснимка отснятого немцами в 1944 году и с фотофиксаций объекта получено целостное представление о расположении объектов данной территории по состоянию на 1944 год. Создано векторные слои домов, дорожной сети, растительности, ограды и сторожевых вышек концентрационного лагеря Stalag-328 такими, какими они были в 1944 году. Совместная обработка современных и архивных данных является основой для построения цифровой модели местности, которая передает все особенности высотной и ситуационной составляющих территории на время существования на ней концентрационного лагеря Шталаг-328. **Результаты.** По векторизованным горизонталям создано в программном пакете Panorama матрицу высот территории которая исследуется. Построена цифровая модель местности района “Цитадель” во Львове по комбинированным данным аэросъемки 1944 года и современным картографическим материалам. **Научная новизна.** Предложенная технологическая схема создания цифровой модели местности на основе архивных материалов позволяет оперативно визуализировать исторически значимые объекты в их первоначальном виде. **Практическая значимость.** Анализ построенной цифровой модели местности позволил получить представление о расположении объектов территории “Цитадель”, такими какими они были в 1944 году. Полученную цифровую модель местности можно использовать для отображения исторических событий, произошедших на данной территории. Результаты этой работы могут быть переданы в отдел сохранения культурного наследия Львовской областной совета для информационного обеспечения туристических целей.

Ключевые слова: цифровая модель местности; текстура; 3D-визуализация; архивный аэроснимок; архивные картографические материалы.

B. V. CHETVERIKOV, KH. I. BYDUK

Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, S. Bandery str., 12, Lviv, Ukraine, 79013, +38(063)1671585, e-mail chetverikov@email.ua

THE TECHNOLOGY OF DIGITAL TERRAIN MODEL CREATION ON THE EXAMPLE OF DEFENSIVE STRUCTURES “CITADEL” (LVIV)

Aim of this work is to create a digital terrain model of defensive structures “Citadel” using archival and modern cartographic data and aerial images. Objectives of the work is to develop technological scheme and describe the method of creation of digital terrain model and configuration of its 3D-visualization. **Methods.** Contour lines with 2m interval was created using fragment of modern topographic plan of Lviv, namely the area “Citadel” with scale 1: 5000, Altitude matrix was created on its base. Using archived data: aerial image captured by Germans in 1944 and

photo fixing of objects holistic view on the location of the area as at 1944 was obtained. Archival aerial image was geometrically transformed by a polynomial model of the second degree. After that, it were vectorized layers of buildings, road network, vegetation, fencing and supervisory towers of concentration camp Stalag-328 as at 1944. Object textures According to archive data of photo fixations concentration camp buildings, created. Textures for roofs of buildings were created on the basis of data obtained from satellite images captured GeoEye-1 satellite in 2010. Using all obtained data 3D-modeling of the territory and graphical reconstruction of concentration camp Stalag-328 was carried out. A joint processing of modern and archival data is the basis for constructing digital terrain model that transmits all the features of altitude and situational components of territory for the time of the existence of concentration camp Stalag-328. **Results.** We created the digital terrain model of the “Citadel” district in Lviv on the base of combined data from aerial images of 1944 and modern maps. **Scientific novelty.** The technological scheme of creation of digital terrain model based on archival material allows quickly visualize historically significant objects in their original form. **The practical significance.** Analysis of the constructed digital model made it possible to get an information about location of the objects of “Citadel” area as it was in 1944. The resulting digital terrain model can be used to display historical events that took place in the area. The results of this work can be transferred to the Department of preserving the cultural heritage of Lviv Regional Council for providing tourist information purposes.

Key words: digital terrain model; texture; 3D-visualization; archival aerial images; archival cartographic materials.

REFERENCES

- Dorozhynskyy O. L., Kolb I. Z. Heoinformatsiyna systema selyshcha-kurortu Skhidnytsya [Geoinformation system of Skhidnytsya village]. Digital source: <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=1198>.
- Kolb I., Shkurchenko Yu., Dychko L. Kompyuterne modelyuvannya elementiv istoryko-kul’turnoho landshaftu selyshcha Skhidnytsya [Computer modeling of elements of historical and cultural landscape of the Skhidnytsya village] Gheodezija, kartografija i aerofotoznimannja [Geodesy, Cartography and Aerial Photography]. Lviv, 2009, Vol. 71, pp. 49–59.
- Oskorbin N. M. Sozdanie tsifrovoy modeli mestnosti na osnove kosmicheskikh snimkov vyisokogo razresheniya [Creation of the digital terrain model on the basis of high resolution space images] Upravlenie, vyichislitel'naya tehnika i informatika [Management, Computer Science and Informatics]. 2013, pp. 87–91.
- Pinyazhko T. Lvivska tsytadel [The Lviv Citadel] Lviv, Liha-Pres [Lviv: League – Press], 2005, 96 p.
- Arnoud de Boer . Processing old maps and drawings to create virtual historic landscapes. e-Perimtron. 2010, Vol. 5, No 2, pp. 49–57.
- Bartoněk D. Prediction model to identify the significant development periods of the historical objects. FIG Working Week 2012. May 6–10, 2012, Rome, Italy.
- Garouani A. El, Alobeid A. Digital Surface Model generation for 3D City Modeling (Fez, Morocco). Eighth National GIS Symposium in Saudi Arabia. April 15–17, 2013, Dammam.
- Matejicek L. Processing of Environmental Data for Air Dispersion Numerical Models and Aerodynamic Research in Wind Tunnels. International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 7th Intl. Congress on Env. Modelling and Software, San Diego, CA, USA.
- Matoušek V., Blažková T, Soudná T, Zimová R. The thirty years war battlefields plans in the Czech Republic in the Theatrum Europaeum // Geographia Technica, 2011, No 2, pp. 56–64.
- National Archives and Records Administration, USA [GX 8280 SK]
- Pacina J., Weiss L. Georelief reconstruction and analysis based on historical maps and aerial photographs. GIS Ostrava 2011, 23–26. 1. 2011, Ostrava.
- Remondino, F., Gruen, Armin & Zhang, L. (2006) – High-Resolution Satellite Imagery for 3D Modeling and Visualization of Cultural Heritage Sites. The Journal of Survey, V. 56, 30–33.
- Digital source: <http://www.geoeye.com>
- Digital source: <http://www.tustan.ua>

Надійшла 02.10.2014 р.