

УДК 528.92

З. КУЗИК*, Н. ТУРЧИН, Б. ЧЕТВЕРІКОВ*

* Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна, e-mail: zkuzyk@yahoo.com

СТВОРЕННЯ ДОВІДКОВО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ ГІС НА ТЕРИТОРІЮ ПАМ'ЯТКИ САДОВО-ПАРКОВОГО МИСТЕЦТВА “СТРИЙСЬКИЙ ПАРК” У М. ЛЬВІВ

Мета цієї статті – висвітлити питання візуалізації та моделювання комплексних об'єктів природно-заповідного фонду, організації графічно-атрибутивних баз даних, дослідження методики створення довідкової ГІС Стрийського парку у Львові засобами ArcGIS. **Методикою** передбачено виконання певних польових і камеральних робіт із залученням картографічних матеріалів, даних дистанційного зондування та описової інформації. Для досягнення мети проєкту використано аналітично-прикладний комплекс ГІС, який дає змогу здійснити опрацювання геоданих, візуалізацію та моделювання гепросторових об'єктів на основі інтегрованої графічно-атрибутивної бази даних. Виконано прив'язку топографічного плану, растрово-векторне перетворення об'єктів різної локалізації – точкових, лінійних та полігональних, застосовано принципи класифікації, кодування об'єктів та пошарової організації даних, а також структурування та зберігання атрибутивної інформації за допомогою таблиць. Об'єктно-орієнтований метод у ГІС уможливує вибір та пошук необхідних об'єктів за цифровою моделлю місцевості та визначення топологічних взаємозв'язків між ними. **Результати.** Відповідно до поставленого завдання, розроблено технологічну схему створення довідково-інформаційної системи Стрийського парку з використанням програмних модулів ArcGIS. З урахуванням функціональних можливостей настільної геоінформаційної системи ArcGIS виконано збирання даних картометричним методом, створено дво- і тривимірну цифрові моделі парку з відображенням туристично привабливих об'єктів природного та історичного значення. Для моделювання об'єктів використано бібліотеку тривимірних умовних символів. Враховуючи складність паркового ландшафту, в програмних модулях ArcMap та ArcScene побудовано 2D і 3D гіпсометричні цифрові моделі рельєфу, які істотно підвищують ефективність довідкової геоінформаційної системи Стрийського парку. Організовано табличну базу даних паркових об'єктів, яка містить як атрибутивну, так і графічну інформацію про об'єкти парку у вигляді фотознімків та відеофайлів, одержаних у результаті наземного цифрового знімання та тривимірного моделювання пам'ятників у програмі ReCap360. **Наукова новизна та практична значущість.** Запропоновано методику і технологічну схему створення довідково-інформаційної ГІС для таких об'єктів садово-паркового мистецтва, як парки, сквери, лісопарки, які містять велику кількість цінних природних та історичних пам'яток, розташованих на горбистому рельєфі. Вперше на прикладі Стрийського парку у Львові створено таку довідкову інформаційну паркову систему, яка може відігравати велику роль у природоохоронній сфері для обліку та збереження паркових об'єктів, а також використовуватись з науково-пізнавальною метою у туристичній та освітніх галузях.

Ключові слова: довідково-інформаційна ГІС; культурна спадщина, векторно-растрове перетворення; класифікація об'єктів; графічно-атрибутивні бази даних; цифрова модель рельєфу; геоінформаційне картографування; візуалізація, моделювання.

Вступ

Початок ХХІ ст. характеризується бурхливим розвитком та впровадженням цифрових технологій у всі сфери життєдіяльності людства. Мабуть, не залишилось на планеті Земля навіть найменшої частини невідомої території, якої б не досягнула сучасна всюдисуща людина, озброєна новітніми технологіями зв'язку та засобами дистанційного зондування. Завдяки науковим винаходам і дослідженням наш фізичний світ на макро- і мікрорівнях став доступним та впізнаваним. З'явилися нові галузі знань, методи цифрової візуалізації, моделювання навколишнього середовища, які дають змогу досліджувати явища, предмети та їх поведінку у світі віртуальної реальності. Однак технічний прогрес не зменшує одвічних потреб людей

у духовному збагаченні, відпочинку, спілкуванні з природою, пізнанні історичної та культурної спадщини. Важливим та актуальним завданням сьогодення є збереження для майбутніх поколінь багатоглибких природних та історико-культурних цінностей, етнічних традицій, різноманіття природних, культурних ландшафтів та екосистем.

Держава врегульовує ці питання за допомогою спеціального законодавства – Законів України “Про охорону навколишнього середовища” [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>], “Про природно-заповідний фонд” [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12>], “Про охорону культурної спадщини” [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-14>] та інших нормативно-правових актів, які регламентують визначення, статус,

класифікацію об'єктів природного та історико-культурного значення. Такі об'єкти є переважно туристично привабливими. Протягом останнього десятиріччя в Україні спостерігається сплеск внутрішнього та зовнішнього туризму. Законом України "Про туризм" туризм проголошено одним із пріоритетних напрямів розвитку економіки та культури, а державна політика в галузі туризму реалізується із забезпеченням прав громадян на вільне пересування, задоволення рекреаційних та пізнавальних потреб, вільного доступу до туристичних об'єктів та інформаційних ресурсів [http://kodeksy.com.ua/pro_turizm/statja-6.htm]. Отже, туристична галузь повинна враховувати вимоги сучасних вибагливих туристів та забезпечити їх різноманітними інформаційними ресурсами.

Одним із таких відомих туристичних об'єктів рекреаційного характеру в Україні та у Львові є комплексна пам'ятка садово-паркового мистецтва національного значення – Стрийський парк. Він характеризується не тільки багатим, неповторним природним і рукотворним ландшафтом, але і значною кількістю історико-культурних пам'яток різних періодів, які необхідно знати, досліджувати і популяризувати. Стрийський парк слід розглядати як унікальну урбанізовану екосистему, яка містить природні та соціальні компоненти у взаємному гармонійному поєднанні.

У [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12>] зазначено, що парками – пам'ятками садово-паркового мистецтва є найбільш визначні та цінні зразки паркового будівництва з метою охорони їх і використання в естетичних, виховних, наукових, природоохоронних та оздоровчих цілях. Парки – пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення є природоохоронними рекреаційними установами. На території парків – пам'яток садово-паркового мистецтва можуть проводитися наукові дослідження.

Сьогодні облік, документування, дослідження та популяризацію об'єктів природно-заповідного фонду та історико-культурних пам'яток здійснюють за допомогою високоточних цифрових технологій, геоінформаційних систем і мультимедійних ресурсів.

Проектуванням та впровадженням інноваційних технологій у природоохоронну, пам'яткоохоронну сфери і туристичну галузь у різні періоди займалися багато вчених, інженерів, програмістів. Способи та методи збереження і візуалізації просторової інформації постійно видозмінювались та вдосконалювались.

Комплексна пам'ятка садово-паркового мистецтва національного значення – Стрийський парк у Львові органічно поєднує особливості ландшафту (пагорби, долини, віддалені пейзажі), різні види рослин, джерела, струмки, каміння, архітектурні споруди, скульптури, квітники [Бірюльов Ю., 2008].

Історія парку сягає другої половини XIX ст., коли Львівський магістрат прийняв рішення про створення

зелених паркових зон у древньому Львові та його околицях. Засновником парку по праву вважають Арнольда Роерінга, тодішнього "інспектора парків", який у 1879 р. розробив проєкт та ландшафтний дизайн парку на голих пагорбах і заболочених долинах у південній частині міста вздовж вулиці Стрийської. Згодом тут висадили близько 40 000 дерев різних порід, влаштували систему доріжок, створили живописний ставок та оранжерею, встановили паркові скульптури. Парк відкрито 1887 р., а на початку 1890-х років до нього приєднали верхню терасу, на якій облаштовано алею з квітниками, фонтанами, виставкові павільйони і вишукані будівлі, призначені для проведення щорічної великої промислової Крайової виставки. Спеціально для виставки-ярмарку було проведено канатну дорогу (рис. 1) та вузькоколіїну залізничну колію, частина якої збереглась, сьогодні тут працює дитяча залізниця. На території парку було споруджено понад 100 павільйонів у різних історичних стилях, зокрема невеликі музеї під відкритим небом, фабрики та інші будівлі. Головному архітектору виставки Ф. Сковрону приписують дизайн експозиції; йому допомагали Ю. Захарієвич, Ю. Хохбергер, З. Горголевський та інші знамениті львівські архітектори. "Регіональна виставка 1894 р. створила справжнє чудово збудоване містечко", – писав історик І. Крип'якевич у книзі "Історичні проходи по Львові" [Крип'якевич І., 1932].



Рис. 1. Канатна дорога над пагорбами Стрийського парку. Фото поч. XX ст.

Наведена тут історична довідка про заснування Стрийського парку – лише мізерна частка його історії. Парк переживав періоди злету і падіння, періоди розбудови і занепаду, пов'язані із великими історичними подіями та змінами влади. Двічі змінювалась його назва, вигляд. Більшість унікальних виставкових об'єктів знищені полум'ям вогню або розібрані. На верхній терасі залишилось 11 історичних будівель, у двох з них розташовані спортивні корпуси Львівської політехніки. Незважаючи на значні втрати, у парку періодично здійснюються відновлювальні роботи із благоустрою, а сам Стрийський парк залишається окрасою нашого міста, улюбленим місцем відпочинку львів'ян та гостей міста.

Згідно з Конвенціями ЮНЕСКО про охорону всесвітньої природної та культурної матеріальної (1972) і духовної (2008) спадщини, до яких приєдналась Україна, з метою обліку, захисту і популяризації, об'єкти природно-заповідного фонду і культурної спадщини повинні бути задокументовані. Один зі способів цифрового документування – створення довідкових геоінформаційних систем, які забезпечують потужні можливості збереження, візуалізації, моделювання та керування інформацією.

Про велику роль і вплив комп'ютерних інформаційних технологій на розвиток туристичної галузі, популяризацію культурної і природної спадщини, актуальність геоінформаційних систем, Internet і мультимедійних технологій йдеться у підручнику [Скопєнь М., 2005].

На початку 2000-х років на базі Цюрихського географічного університету започатковано ГІС для Швейцарського національного парку [Haller R., 2009]. До проекту залучено фахівців ГІС з Німеччини, Австрії, Італії. Завдяки відкритості ГІС щороку доповнюються новими даними, удосконалюються методи керування ними. Спочатку крок ЦММ становив 20 м, згодом – 4 м. Каталог бази геоданих містить просторові дані, публікації та проекти. Тепер, коли майже всі об'єкти виміряні й задокументовані, ведеться моніторинг відвідувачів, інтернет-планування мандрівок через в'ювер ArcIms, розроблено мобільні додатки. ГІС містить 24 ТВ інформації, вирішується питання архівування даних на наступні 100 років.

Тривалий час проводились дослідження на території Чеського національного парку. Екосистеми і типологію лісопарку досліджували з використанням ГІС ArcGIS [Vacek S., 2012].

Проблемою організації поліструктурної і багаторівневої моделі даних, яка б могла інтегрувати матеріальні й духовні характеристики культурної спадщини, займаються китайські вчені [He J. et al, 2017]. Задля забезпечення зв'язку між різними рівнями бази даних автори пропонують складну структуру індексації об'єктів історичної, соціальної та культурної тематики.

У паркових зонах або на суміжних з ними територіях доволі часто розташовані спортивні майданчики та стадіони. У Німеччині засобами ГІС та GPS-технологій розроблено інтерактивну карту з візуалізацією парків та місць спортивного туризму, проведено кореляцію щодо кількості мешканців [Bruegmann J., 2014].

Для побудови тривимірних моделей надзвичайно важливе якісне і реалістичне представлення рельєфу, а метод тріангуляції та полігонів не завжди забезпечує бажаний ефект. У публікації [Орещенко А.В., 2009] для побудови ЦМР запропоновано новий відлагоджений математичний апарат, який дає змогу зі зменшенням просторових даних досягти менших спотворень.

Основні принципи моделювання ландшафту та документування об'єктів культурної спадщини вздовж

туристичного маршруту “Золота Підкова Львівщини” викладено у статті [Кузик З., Іващенко С., 2015]. Автори дослідили методику та створили віртуальний тур для цього маршруту засобами ГІС ArcGIS, ПЗ GoogleSphere і Tourvuerer.

До проблем моніторингу довкілля, збалансованого розвитку рекреаційних заповідних територій та ефективного управління інформацією з використанням ГІС і GPS-технологій звертаються автори монографії “Геоматика в моніторингу довкілля та оцінці загрозливих ситуацій” [Дорожинський О. та ін., 2016].

Розроблення програмного модуля для смартфонів, що уможливорює автоматичне генерування складних геопросторових об'єктів та навколишнього середовища за допомогою 3D-реконструкції хмари точок, описано у статті [Nocerino E. та ін., 2017].

Візуалізувати та моделювати об'єкти культурної та природної спадщини важливо не тільки в режимі реального часу, а й в історичному ракурсі та для планування майбутнього. Про це йдеться у публікації [Rodríguez-González P. та ін., 2017]. З цієї метою здійснено аналіз та інтеграцію даних з різних джерел, за допомогою часового масштабу побудовано 4D-моделі.

Концепцію побудови туристичної ГІС Буського району на основі цифрової моделі рельєфу, створеної за SRTM-зображеннями у середовищі ArcGIS, висвітлено у статті [Кузик З., Руцька Л., 2019]. Така ЦММ не претендує на високу позиційну точність, але містить велику базу даних, що дає можливість одержати інформацію про туристичні об'єкти. У додатку ArcGIS_online розроблено зручний інтерфейс користувача, спроектовано туристичні маршрути різних категорій із описом та фотозображеннями.

Управління сучасними урбаністичними системами потребує “розумного” планування і “розумних” програм, враховуючи всі потреби громадян. Для управління ресурсами і територіями розробляються методи аналізу та опрацювання Big Data [Resch, B., Szell, M., 2019], а отже, нині потужні геоінформаційні системи в недалекому майбутньому також зазнають трансформації.

Мета

Мета статті – висвітлення питань візуалізації та моделювання комплексної пам'ятки природно-заповідного фонду, організації графічно-атрибутивної бази даних, дослідження методики створення довідкової ГІС Стрийського парку у Львові засобами ArcGIS.

Методика

Для проведення експериментальних робіт та одержання геоданих ми вибрали топографічний план Львова, створений у 2016 р. у масштабі 1:2000, переріз висот – 1 м (рис. 2). Роботи виконано у програмному середовищі ГІС ArcGIS.

Методика створення довідково-інформаційної ГІС Стрийського парку з урахуванням функціональних модулів ArcGIS (ArcMap, ArcScene) та програми ReCap360 для 3D-генерування об'єктів за фотознімками передбачає виконання процесів за запропонованою технологічною схемою (рис. 3).

Робота була системною та комплексною; підготовчі, польові й камеральні роботи виконано у програмі ГІС ArcGIS.

Виконано обстеження місцевості, фотографування об'єктів, зібрано геометричну та семантичну інформацію. За планом встановлено, що площа парку становить 58 га, максимальне перевищення висот на території парку – 48 м, характер рельєфу – горбистий. Парк умовно поділено на верхню і нижню тераси, які з'єднані схилами з кутами нахилу – 30–60°.

Геоприв'язку плану до системи координат GCS_WGS_1984 виконано за координатами опорних точок, які отримано у результаті GPS-вимірювань та внесено у каталог координат.

Розроблено систему класифікації об'єктів на підставі наявних на території парку природних, історико-культурних об'єктів та інфраструктури:

1. Природний рельєф.
2. Пам'ятники та фонтани (6 об'єктів).
3. Будівлі – пам'ятки садово-паркової архітектури (12 об'єктів).
4. Об'єкти гідрографії (3 об'єкти).

Об'єкти інфраструктури (6 об'єктів і підклас – доріжки, алеї парку).

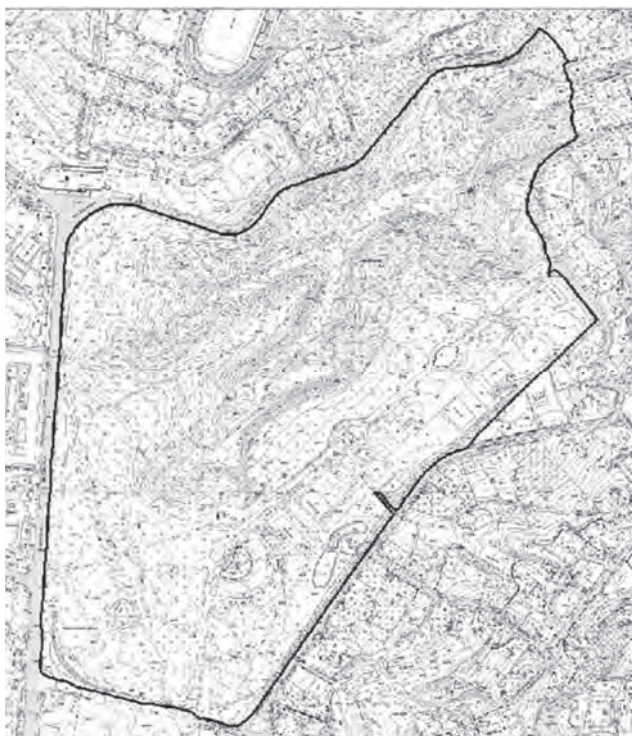


Рис. 2. Топографічний план М 1:2000

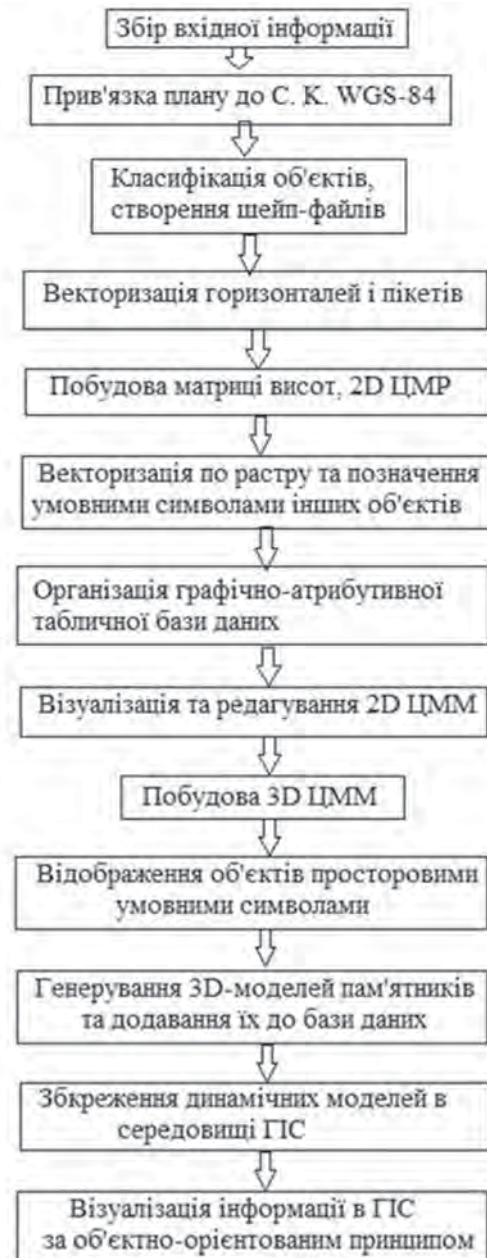


Рис. 3. Загальна технологічна схема побудови інформаційно-довідкової ГІС Стрийського парку

Про кожний із вказаних вище об'єктів, що належать до різних тематичних класів, з різних джерел зібрано геопросторові графічні та атрибутивні дані, які будуть внесені до таблиць бази даних.

Наступний етап досліджень – збирання даних про рельєф картометричним методом: оцифровано всі пікети, векторизацію горизонталей здійснено із нерегулярним кроком ($\pm 5\text{--}10$ м), враховуючи кривину схилів (рис. 4), висоти внесено у таблицю.

Для побудови матриці висот, тобто двовимірної ЦМР, необхідно перетворити ізолінії на набір точок та з'єднати їх із шаром висотних позначок (пікетів).

Відтак вибираємо метод інтерполяції Крігінг, вказуємо тип класифікації “Невизначений інтервал”,

вибираємо відповідне поле атрибутивної таблиці з висотними даними, після чого відбувається автоматичне генерування матриці висот з гіпсометричною шкалою. Результат подано на рис. 5.

Згенерована матриця висот зберігається як окремий тематичний картографічний шар, згодом його можна буде доповнювати іншими векторизованими об'єктами парку.

Відповідно до наведеної вище технологічної схеми та класифікації об'єктів оцифровано всю інфраструктуру парку (доріжки, алеї, будівлі кафе, ресторани, спортивні та дитячі майданчики тощо) та визначні історико-культурні та природні пам'ятки. Отримано набір елементів різної локалізації – точкові, полігональні та лінійні структури, позначені відповідними умовними знаками. Для всіх об'єктів створено шейп-файли та присвоєно систему координат GCS_WGS_1984. Створено різноименні таблиці з обов'язковими полями: name, info, photo тощо і заповнено їх даними. У результаті отримано графічно-атрибутивну базу даних. Щоб знімки відображались в інформаційних вікнах, потрібно прописати код:

```
.
```

Деякі приклади графічно-атрибутивних таблиць бази даних, в яких розміщена довідкова інформація про “Будівлі – пам'ятки садово-паркового мистецтва”, “Пам'ятники та фонтани”, “Спортивні та дитячі майданчики”, “Кафе та ресторани”, подано на рис. 6.

Класифікована тематична інформація може бути відображена на цифровій карті окремими векторними шарами або їх поєднанням.

Відображення топографічних об'єктів у поєднанні з матрицею висот істотно полегшує сприйняття інформації, допомагає користувачеві проаналізувати топологічні зв'язки об'єктів з урахуванням рельєфу. Перевагою такої цифрової моделі місцевості є об'єктно-орієнтований підхід до пошуку необхідних об'єктів та отримання інформації про них, можливості оперувати з даними, які збережені у структурованій графічно-атрибутивній базі даних (рис.7).

Результати

Активізуючи вибраний об'єкт карти або здійснюючи вибірку в моделі за допомогою клавіші HTML, користувач отримує інформацію про об'єкти в інформаційних вікнах, як показано на рис. 8 та рис. 9.

За технологічною схемою побудовано тривимірну модель місцевості у програмному середовищі ГІС ArcGIS в модулі ArcScene. Трансформацію 2D у 3D показано схематично на рис. 10.

Реалістичний вигляд тривимірної цифрової моделі місцевості значною мірою залежить від вибраної методики моделювання топографічних об'єктів, інженерних рішень та можливостей інструментів для рендерингу. Ми скористались бібліотекою просторових текстурованих умовних символів, доступною у програмному модулі ArcScene. У вікні *Symbol Selector* (див. рис. 11) вибрано найвідповідніші умовні символи для просторових об'єктів різних тематичних шарів – дерев, історичних будівель, пам'ятників, фонтанів, оранжерей тощо. Змінено розмір, масштаб та кут повороту відповідно до позиціонування об'єкта у плані та просторі.

Створено тривимірну цифрову модель місцевості на територію Стрийського парку в середовищі ArcScene (рис. 12). Виконано експорт та збереження моделі.

Інструменти повороту, нахилу та масштабування дають змогу наблизити, збільшувати та деталізувати розгляд окремих ділянок та об'єктів парку (рис. 13), а інструмент “вільного польоту” – генерувати динамічну модель та зберегти її у відеоформаті.

Сучасні ГІС – це інтегровані системи, які дають змогу зберігати та опрацьовувати великі масиви гео-даних та атрибутивної інформації, векторні та растрові дані різних форматів. З метою збільшення інформативності довідкової ГІС Стрийського парку до бази даних цифрової моделі парку додано відеофайли деяких пам'яток. Віртуальні 3D моделі пам'ятників отримано у результаті опрацювання знімків у спеціалізованому програмному пакеті AutodeskReCap360.

Розглянемо приклад моделювання пам'ятника “Львів – батьківщина українського футболу”, встановленого на честь матчу, який відбувся 14 липня 1894 року, коли львівське спортивне товариство “Сокіл” обіграло футбольну команду з Кракова. Так розпочався літопис українського футболу. Пам'ятник відкрито у 2004 р. з нагоди 110-річчя першого футбольного матчу у Львові, який відбувся на стадіоні “Сокола-батька” неподалік Стрийського парку (автори Р. Б. Мелех, Б. С. Кобрин).

Під час польових робіт виконано знімання навколо пам'ятника на різних висотах (із використанням селфі-палиці) під різними кутами за допомогою мобільного телефону з цифровою камерою 13 мп (рис. 14), базис знімання 0,8–1,0 м.

Вибрано рівень якості моделі, інструментом “інтелектуальної” обрізки видалено надлишкові елементи простору, задано формат моделі .obg або .rcm. Проєкт передано для автоматичного генерування моделі у хмарному сервісі програми. Згенеровану цифрову модель отримано за посиланням, де у пробній версії RescapPhoto, застосувавши обмежений набір функцій, одержали: 3D TIN-модель, 3D-Shaded та текстуровану GRID-модель, яка є найреалістичнішою (рис. 16).

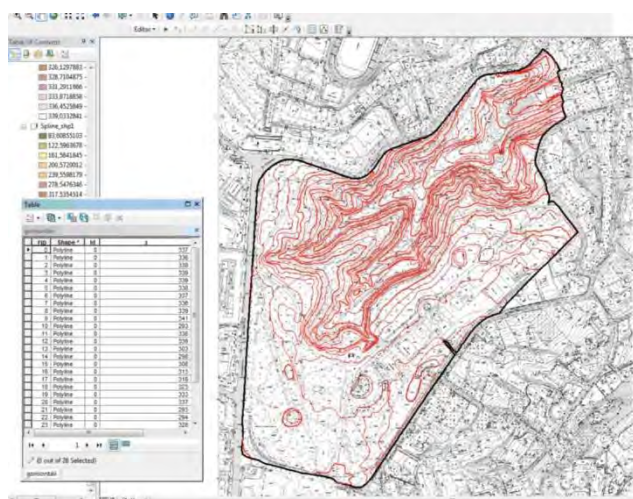


Рис. 4. Векторизовані горизонталі в середовищі ArcMap

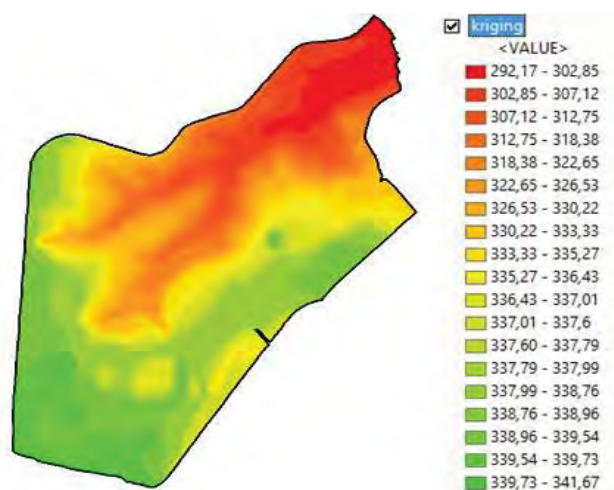


Рис. 5. Гіпсометрична 2D ЦМР

FID	Shape *	Id	name	info	photo
0	Point	0	Колишній Палац Мистецтв (Львів, Ротонда "Рацлавницької панорами"	Палац мистецтв — побудований на верхній те Ротонда використовувалась для експонуванн	.
- Rodríguez-Gonzálvez, A. L. Muñoz-Nieto, S. del Pozo, L. J. Sanchez-Aparicio, D. Gonzalez-Aguilera, L. Micoli, S. Gonizzi Barsanti, G. Guidi, J. Mills, K. Fieber, I. Haynes, and B. Hejmanowska. 4D reconstruction and visualization of cultural heritage: analyzing our legacy through time. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W3, 609–616, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-609-2017>, 2017.
- VACEK S. et al. Východiska ekologicky orientovaného managementu lesních ekosystémů v CHKO Jizerské hory a Krkonošském národním parku. Praha, Česká zemědělská univerzita, Praha. 2012.-198 s.
- Закон України “Про охорону навколишнього середовища”. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.
- Закон України “Про Природно-Заповідний фонд”. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12>.
- Закон України “Про охорону культурної спадщини”. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-14>.
- Закон України “Про туризм”. http://kodeksy.com.ua/pro_turizm/statja-6.htm.

Z. KUZYK*, N. TURCHYN, B. CHETVERIKOV

* Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery str., Lviv, 79013, Ukraine, e-mail: zkuzyk@yahoo.com

CREATION OF REFERENCE AND INFORMATION GIS ON THE TERRITORY OF THE PARK ARCHITECTURE MONUMENT “STRYISKYY PARK” IN LVIV

The aim of this article is to cover issues of visualization and modeling of complex objects of the nature reserve fund, organization of graphically attributive databases, research of the method for creation of reference GIS of Stryiskyy Park in Lviv by means of ArcGIS. The methodology provides for the implementation of a number of field and desktop work involving map materials, remote sensing data and descriptive information. To achieve the goal of the project we used a GIS analytical and application complex, which allows for the processing of geodata, visualization and modeling of geospatial objects on the basis of an integrated graphically attributed database. We anchored the topographic plan, did a bitmap-to-vector transformation of objects of different localization - point, linear and polygonal, applied the principles of classification, coding of objects and layered organization of data as well as structured and stored attributed information

using different tables. The object-oriented method in GIS allows to select and search for desired objects using the digital terrain model and determine the topological relationships between them. Results. In accordance with the given task, a technological scheme for creation of Stryisky Park reference and information system using ArcGIS software modules was developed. Taking into account the functionality of the ArcGIS desktop geoinformation system, the data was collected using a cartometric method. Two- and three-dimensional digital models of the park were created, displaying tourist attractions of natural and historical significance. A three-dimensional conditional library was used to model the objects. Given the complexity of the park landscape, 2M and 3D hypsometric digital terrain models are built into ArcMap and ArcScene software modules, which greatly increases the efficiency of Stryisky Park's geoinformation system. A database of park objects was organized, which contains both attributed and descriptive information as well as graphic information about park objects in the form of photos and videos obtained from own photographing and three-dimensional modeling of monuments in ReCap360. Scientific novelty and practical significance. The methodology and technological scheme of creation of reference and information GIS for such objects of landscape art as parks, squares and forest parks which contain a large number of valuable natural and historical sites located on hilly terrain are offered. For the first time, a reference park information system based on the example of Stryisky Park in Lviv has been created, which can play a major role both in the environmental sphere for accounting and conservation of park sites, as well as for scientific and educational purposes in the tourism and educational fields.

Key words: reference and informational GIS; cultural heritage; vector-raster transformation; classification of objects; graphically attributed databases; digital terrain model; geoinformation mapping; visualization, modeling.

References

- Biriulov Y. (2008). Architektura Lvova: Chas I styli XIII–XXI, Lviv: Tsentr Europy,. S. 57–99.
- Dorozhynski O. L. ta in. (2016). Geomatyka v monitoryngu dovkillia ta otsyntsi zahrozluyvych sytuatsij: monohrafiya. Lviv: Lvivska Politehnika, 400 s.
- Krypjakovyh I. (1932). Istorychni prochody po Lvovi. Lviv: Kameniar, 1991, 167 s.
- Kuzyk Z. O., Ivashchenko S. O. (2015). Virtualnyj tur jak zasib dokumentuvanna ob'ektiv kulturnoji spadshchyny. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoji nauky ta vyrobnytstva*, II (30), S. 82–86.
- Kuzyk Z., Rutska L. (2019). Metodyka stvorennia turystychnoji GIS Buskoho rajonu z vykorystanniam kartohrafichnyh materialiv ta DZZ. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoji nauky ta vyrobnytstva*, S. 14–17.
- Oreshchenko A. B. (2009). Reljef jak holovnyj component tryvymirnyh realistychnykh kartohrafichnyh modelej. *Zbrnyk naukovykh pratz Vyskovoho in-ty NU im. T. Shevchenka*. K., S. 306–310.
- Skopen M. M. (2005). Kompjuterni informatsijni tehnologiji v turyzmi. K.: Kondor, 301 s.
- Bruegmann J. Einsatz- und Angebotsanalyse von GIS- & GPS-Technologien im Sporttourismus – Erfassung über touristisch relevante Internetseiten. https://www.dshs-koeln.de/fileadmin/redaktion/Institute/Natursport_und_Oekologie/Downloads/Posterbeitrag_Kongress_Tourismus_Sport_2014-Bruegmann.pdf
- Haller R. (2009). Der Einsatz von Geoinformation im Schweizerischen Nationalpark. *ArcActuell*. ESRI, 2/2009, S. 24–25.
- He, J., Liu, J., Xu, S., Wu, C., Zhang, J.: A GIS-Based Cultural Heritage Study Framework on Continuous Scales: A Case Study on 19th Century Military Industrial Heritage, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-5/W7, 215–222.
- Nocerino E., Lago F, D. Morabito, F. Remondino, L. Porzi, F. Poiesi, S. Rota Bulò, P. Chippendale, A. Locher, M. Havlena, L. Van Gool, M. Eder, A. Fötschl, A. Hilsman, L. Kausch, P. Eisert A Smartphone-based 3d pipeline for the creative industry – the replicate eu project
- Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W3, 535–541.
- Resch, B., Szell, M. 2019. Human-Centric Data Science for Urban Studies. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(12), [584]. <https://doi.org/10.3390/ijgi8120584>
- Rodríguez-González, A. L. Muñoz-Nieto, S. del Pozo, L. J. Sanchez-Aparicio, D. Gonzalez-Aguilera, L. Micoli, S. Gonizzi Barsanti, G. Guidi, J. Mills, K. Fieber, I. Haynes, and B. Hejmanowska. 4D reconstruction and visualization of cultural heritage: analyzing our legacy through time. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W3, 609–616, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-609-2017>, 2017.
- VACEK S. et al. (2012). Východiska ekologicky orientovaného managementu lesních ekosystémů v CHKO Jizerské hory a Krkonošském národním parku. Praha, Česká zemědělská univerzita, Praha, 198 s.
- Zakon Ukrainy “Pro ochoronu navkolyshnioho seredovyshcha” <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
- Zakon Ukrainy “Pro Pryrodno-zapovidnyj fond. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12>
- Zakon Ukrainy “Pro ochoronu kulturnoji spadshchyny”. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-14>
- Zakon Ukrainy “Pro turyzm”. http://kodeksy.com.ua/pro_turyzm/statja-6.htm