

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ З МЕТОЮ ЇХ УПОРЯДКУВАННЯ

**Д. І. Бідолах, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани, Україна
E-mail: dimbid@ukr.net**

Питання вдосконалення процесу просторової організації зелених насаджень відзначається актуальністю та практичною значущістю в умовах постійного розвитку сучасних засобів моделювання ландшафтів та інформаційних систем. Адже тривимірна візуалізація просторового розташування зелених насаджень за результатами їх інвентаризації відкриває нові можливості для їх впорядкування шляхом наочного зображення змін, які відбудуться в результаті певних дій на урболандшафти та дає змогу краще обґрунтовувати прийняття рішень..

Метою дослідження є опрацювання сучасних засобів для моделювання просторової організації зелених насаджень для потреби їх якісного впорядкування. Для досягнення цієї мети проаналізовано сучасний стан і тенденції розвитку процесу одержання інформації стосовно просторового розташування дерев і кущів, опрацьовано існуючі засоби для візуалізації цієї інформації та зроблено висновки стосовно оптимального набору інструментів для забезпечення якісного виконання поставленої мети. На основі проведених досліджень розроблено пропозиції щодо удосконалення існуючих підходів до моделювання просторової організації зелених насаджень.

Для виконання досліджень підготовлено базу даних за результатами інвентаризації зелених насаджень, яка надалі використовувалась для моделювання просторової організації зелених насаджень та її візуалізації в геоінформаційній системі і програмі для моделювання ландшафтів. При цьому підтверджено доцільність використання ортофотоплану, що побудований за результатами БПЛА-зйомки території в якості растрової основи для моделювання просторової організації зелених насаджень та наведено можливості, переваги та недоліки існуючих інструментів для виконання цього процесу. На підставі проведених досліджень зроблено висновки про необхідність розробки нового спеціалізованого програмного продукту для об'єднання переваг вищенаведеного інструментарію в єдиному засобі моделювання просторової організації зелених насаджень, що дасть змогу спростити виконання відповідних робіт та підвищити їх якість.

Ключові слова: *тривимірна візуалізація та просторове розташування зелених насаджень, БПЛА, ГІС, моделювання ландшафтів.*

Актуальність. Станом на сьогодні практично жодна галузь не здатна обійтись без сучасних інформаційних технологій. Для забезпечення функціонування системи впорядкування зелених насаджень потрібна інформація стосовно просторового розташування дерев і кущів на території об'єктів благоустрою. За таких умов виникає потреба використовувати електронні засоби для опрацювання та інтерпретації картографічних матеріалів, супутникових знімків, тривимірних моделей території та інших просторових даних. В цьому напрямі найбільшого застосування набули геоінформаційні системи ГІС. Так, фахівці зеленого будівництва у своїй роботі оперують різними шарами картографічної інформації, працюють з цифровими моделями рельєфу (ЦМР), потребують визначення розташування із візуалізацією існуючої та проектованої рослинності, дорожньо-стежкової мережі, а також використовують 3-D моделі дерев, чагарників, будівель, споруд та малих архітектурних форм (МАФ)

Синтезуючи різні тлумачення поняття ГІС, згідно досліджень [1, с. 29] із їх прив'язкою до системи впорядкування зелених насаджень можна означити, що ГІС у даному процесі – це комплекс програмного та апаратного забезпечення, що призначений для введення інформації про стан зелених насаджень, її обробки і систематизації відповідно до балансоутримувачів, регіону розташування та їх параметрів, моделювання і візуалізації змін, що відбуваються в результаті певного впливу або розвитку, зберігання, аналізу та представлення для інших користувачів для вирішення комплексних завдань інвентаризації та впорядкування зелених насаджень і моніторингу об'єктів зеленого господарства.

Основою ГІС, відповідно до твердження дослідників [2], є системи керування геоінформаційними даними, а їх інформаційним ядром – бази даних, які у ході інвентаризації зелених насаджень формуються за результатами польових досліджень урболандшафтів з геометричною прив'язкою до певної картографічної основи. Інші науковці [3], відмічаючи важливість залучення можливостей сучасних інформаційних технологій для удосконалення

менеджменту у сфері благоустрою та озеленення, вказують на їх здатність якісно та оперативно систематизувати інформацію про стан ЗН. До того ж, як відмічають [4, с. 13; 5, с. 14], для застосування ГІС в якості надійного та ефективного інструменту обліку та керування у сфері зеленого господарства потрібно виконання умови систематизованого та автоматизованого обліку міських насаджень. За переконанням інших дослідників [6], для здійснення якісного планування озеленення міст та інших населених пунктів потрібні дані комплексного аналізу просторової інформації щодо розташування зелених насаджень разом із базою даних щодо їх кількісних та якісних показників. При цьому переваги, які створює використання сучасних технологій, за даними [7], обумовлюють прискорення процесів обробки інформації, сприяють покращенню зручності її використання та зберігання, спрощують транспортування та відтворення, а також дають можливість здійснення оперативного контролю за змінами ситуації.

Для автоматизації цього процесу на сьогодні є можливість поєднання картографічної основи території з інформацією табличного типу або базою даних [8], що дає можливість створювати просторові електронні моделі урболандшафтів зі збереженням атрибутивної інформації по кожній рослині [9, 10]. При цьому, відповідно до досліджень [11], останнім часом спостерігається активний процес переходу при створенні карт від настільних ГІС до мережевих інформаційних систем, які дають змогу будувати онлайн-карти для забезпечення відповідною інформацією широкого кола користувачів.

Проте станом на сьогодні в Україні не існує жодного офіційно прийнятого єдиного програмного продукту для потреб моделювання просторового розташування зелених насаджень у планувальній структурі населених пунктів. Різні користувачі використовують вузькоспеціалізовані програми з переліку графічних редакторів, систем автоматизованого проєктування та креслення, програм для ландшафтного проєктування, а також геодезичних, картографічних та геоінформаційних систем. За результатами вивчення існуючої ситуації в даній сфері науковцями [6] сформульовано висновки стосовно труднощів, з

якими зустрічаються користувачі, працюючи в таких різних програмних продуктах. До них можна віднести відсутність можливостей вбудовування розроблених проєктів у існуючу систему ландшафту населеного пункту, відсутності задокументованих у програмі можливостей вибору видового складу та необхідність звертатись до сторонніх джерел при виконанні проєкту. До того ж, згідно досліджень [12], економічна ефективність використання сучасних технологій у процесі досліджень стану зелених насаджень досягається шляхом підвищення точності вимірювань, зниження трудомісткості і складності виконання робіт за рахунок автоматизації обробки даних.

За таких умов важливою перевагою використання ГІС для моделювання просторового розташування рослинності, згідно з переконанням науковців [6], є здатність її засобів автоматично розраховувати розподіл нанесених на карту об'єктів за різними параметрами. Такий підхід дає змогу проводити різні обчислення, фільтрування та інші операції за групами діаметрів, станом, висотою, потреби догляду тощо. До того ж, відповідно до результатів досліджень авторів [13], процес моделювання міських насаджень засобами геоінформаційного картографування дає змогу автоматизувати також аналіз даних. Можливості автоматичної побудови буферних зон довкола дерев та чагарників у ГІС, згідно з висновками [4, с. 17], створюють умови щодо правильного розміщення ЗН відносно доріжок, МАФ, споруд та інших об'єктів, для яких нормативно встановлено мінімальні віддалі розміщення.

Важливим аспектом просторового моделювання зелених насаджень є також тривимірна візуалізація ландшафтів. Адже, згідно досліджень авторів [14] людина сприймає оточуюче середовище шляхом формування у розумі візуальних образів. У зв'язку з цим краще сприймається саме аналогова (або псевдоаналогова) тривимірна модель місцевості у процесі отримання та передачі просторової інформації. Працюючи в цьому напрямі, окремі дослідники [3] зазначають переваги використання модуля тривимірної візуалізації, який дає змогу моделювати зміни простору при вилученні або додаванні рослин чи інших елементів на території об'єкта благоустрою. Тому

тривимірна візуалізація просторового розташування зелених насаджень за результатами їх інвентаризації відкриває нові можливості для їх впорядкування шляхом наочного зображення змін, які відбудуться в результаті певних дій на урболандшафти та дає змогу краще обґрунтовувати прийняття рішень. В цьому контексті актуальністю вирізняється необхідність дослідження оптимального набору засобів не тільки для моделювання просторової організації зелених насаджень, але і візуалізації ландшафтів, в яких вони беруть участь.

Тому, **метою дослідження** є опрацювання сучасних засобів для моделювання просторової організації зелених насаджень для потреби їх якісного впорядкування. Для досягнення цієї мети проаналізовано сучасний стан і тенденції розвитку процесу одержання інформації стосовно просторового розташування дерев і кущів, опрацьовано існуючі засоби для візуалізації цієї інформації та зроблено висновки стосовно оптимального набору інструментів для забезпечення якісного виконання поставленої мети. На основі проведених досліджень розроблено пропозиції щодо удосконалення існуючих підходів до моделювання просторової організації зелених насаджень.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження обрано процес моделювання просторової організації урболандшафтів. Предметом дослідження стали можливості вдосконалення процесу візуалізації просторового розташування зелених насаджень шляхом його цифрової трансформації та залучення можливостей сучасних інформаційних технологій.

З метою отримання вхідної інформації про зелені насадження для подальшого моделювання їх просторової організації проведено ряд досліджень на прикладі деревних та кущових угруповань центральної частини м. Бережани та м. Чортків Тернопільської області. При цьому проведено інвентаризацію рослинності об'єкта дослідження традиційним способом відповідно до Інструкції [15] та з використанням сучасних підходів. Види деревних та чагарникових рослин встановлювали за визначником Н.М. Андронova [16], фітосанітарний стан деревно-кущових видів рослин оцінювали за зовнішніми морфологічними ознаками. Для визначення фаути дерев користувались

загальноприйнятою методикою окомірного визначення пошкоджень та вад деревно-чагарникових рослин. Для характеристики стану рослин проводилось визначення діаметра, віку та висоти дерев і кущів, а також стану їх життєвості (добрий, задовільний та незадовільний), згідно вищезгаданої Інструкції [15]. Для отримання значень за даними показниками застосовувалось як традиційне інструментальне забезпечення (висоту рослини визначали за допомогою висотоміра Анучина (ВА); діаметр вимірювали на висоті 1,3 м за допомогою мірної вилки) так і сучасне – квадрокоптер DJI Phantom 4, пристрій глобального позиціонування (GPS) Garmin GPS Map 64S, геоінформаційна система QGIS 3, а також інші матеріали ДЗЗ. За такого підходу інформацію про місце розташування кожного дерева та куща отримували за допомогою GPS Garmin GPS Map 64S з наступним її коригуванням за ортофотопланом, що отриманий з квадрокоптера DJI Phantom 4 у ГІС QGIS 3.

По завершенню польових робіт сформовано геоінформаційну базу даних деревно-кущової рослинності у геоінформаційній системі QGIS 3, у якій координати розташування рослин поєднувались із атрибутивною інформацією за їх видовими, фітосанітарними та основними таксаційними ознаками разом із пропонованими заходами щодо покращення стану кожного окремого дерева та куща [10]. Для подальшого опрацювання цієї електронної бази даних зелених насаджень вона відображалась векторними точковими позначками на растровій основі, що отримана за результатами БПЛА-зйомки. Така база даних разом із растровою основою дає змогу моделювати просторову організацію зелених насаджень та проводити її візуалізацію. Для подальшого опрацювання отриманої інформації використано геоінформаційну систему QGIS 3 та комп'ютерну програму для моделювання ландшафтів Realtime Landscaping Architect 2016.

Результати дослідження та їх обговорення. Підготовлена база даних за результатами інвентаризації зелених насаджень може використовуватись для моделювання просторової організації зелених насаджень та її візуалізації в геоінформаційній системі, адже практично всі сучасні ГІС мають модулі

візуалізації даних. Водночас для програмних комплексів, які придатні для візуалізації просторового розміщення зелених насаджень, важливим аспектом стає здатність до візуалізації рослинності разом із створенням можливостей моделювання змін її стану з віком, у різні сезони та фенологічні фази розвитку. Наявність подібних модулів візуалізації рослинності дає змогу досить точно відтворювати природні ландшафти, що створює великі перспективи щодо подальшого використання зазначених можливостей для потреб впорядкування зелених насаджень.

В даному контексті існуючі ГІС в загальному придатні для просторового моделювання зелених насаджень. Зокрема використання типових алгоритмів у даних програмних комплексах дає змогу візуалізації даної інформації засобами моделювання геометричних об'ємних форм (конуси, циліндри, кулі, паралепіеди, піраміди, призми, еліпсоїди), якими можна умовно відображати деревну і кущову рослинність, а також у певній мірі квітники та газони (рис. 1).



Рис. 1. Моделювання просторової організації зелених насаджень засобами моделювання геометричних об'ємних форм в ArcGis online на базі ортофотоплану

Проте такий підхід дає змогу досить наближено відображати ландшафти та не відповідає рівню розвитку сучасної тривимірної графіки. Тому серед

тривимірних моделей рослинності, які доступні для безкоштовного завантаження у мережі Інтернет, пропонується набір об'ємних моделей дерев та кущів, які можливо імпортувати до графічних редакторів, систем автоматизованого проєктування, ГІС та інших програмних комплексів, які працюють з тривимірною графікою і використовувати для відображення моделей рослин замість типових об'ємних форм (рис. 2).



Рис. 2. Моделювання зелених насаджень засобами створення сцени в ArcGis online на базі ортофотоплану з використанням готових моделей рослин)

Водночас можливість прив'язки розмірів моделей до діаметра або висоти дає змогу умовно масштабувати величину самих моделей. Це відкриває можливість в певній мірі демонстрації різниці в рості і розвитку дерев. Хоча і даний підхід не позбавлений недоліків, адже доступний для завантажень набір тривимірних моделей рослинності не здатен відобразити навіть основний перелік найбільш розповсюджених деревних та кущових рослин. Тому станом на даний час його доречно використовувати для умовної тривимірної візуалізації ландшафтів з поділом рослинності на листяну і хвойну деревну, а також кущову.

Етап геометричного моделювання зелених насаджень разом із формуванням моделі ландшафту, в якому вони функціонують, складається з послідовних процесів опису, опрацювання і збереження геометричних властивостей кожного об'єкта. За таких умов кожному вектору, який може бути представлений точками, полілініями, полігонами та іншими складнішими моделями у тривимірному просторі, присвоюється відповідна атрибутивна інформація. Такий підхід дає змогу надалі проводити аналіз існуючого стану ЗН, моделювати їх зміни, проводити групування, сортування інформації та формувати спеціальні запити. У випадку геометричного моделювання зелених насаджень використовується наявна в базі даних інформація стосовно номінальних (видові назви), ординарних (якісний стан) та метричних (атрибутивна інформація, яка піддається вимірюванню) параметрів рослин.

Зважаючи на вищезгадані недоліки використання можливостей ГІС для детального моделювання просторової організації зелених насаджень, використано програму для ландшафтно-архітектурного проектування Realtime Landscaping Architect 2016 (RLA 2016). Перевагою такого типу програм є те, що вони містять засоби моделювання рельєфу території, рослинності, покриттів, будівель і споруд, що розширює їх можливості для візуалізації урболандшафтів. Водночас набір готових моделей для різних видів деревної, кущової, квіткової та трав'янистої рослинності та здатність до імпорту нових дво- та тривимірних форм спрощує використання даної комп'ютерної програми для процесу візуалізації зелених насаджень.

Для виконання процесу моделювання ландшафтів у програмі RLA 2016 готується вхідна просторова документація на підставі топографічної основи (рис. 3, а) та опрацьованих у ГІС результатів GPS-інвентаризації на базі ортофотоплану, що отриманий за результатами БПЛА-зйомки (рис. 3, б). Побудова рельєфу території на основі плану з горизонталями або ЦМР дає змогу підготувати орографічну модель для виконання подальших досліджень (рис. 3, в). Додавання існуючих будівель, споруд, малих архітектурних форм, дорожньо-стежкової мережі, гідрології та інших елементів внутрішньої

ситуації за топоосною, ортофотопланом та матеріалами фотообстеження дає змогу створити 3-вимірний макет-основу (рис. 3, г).

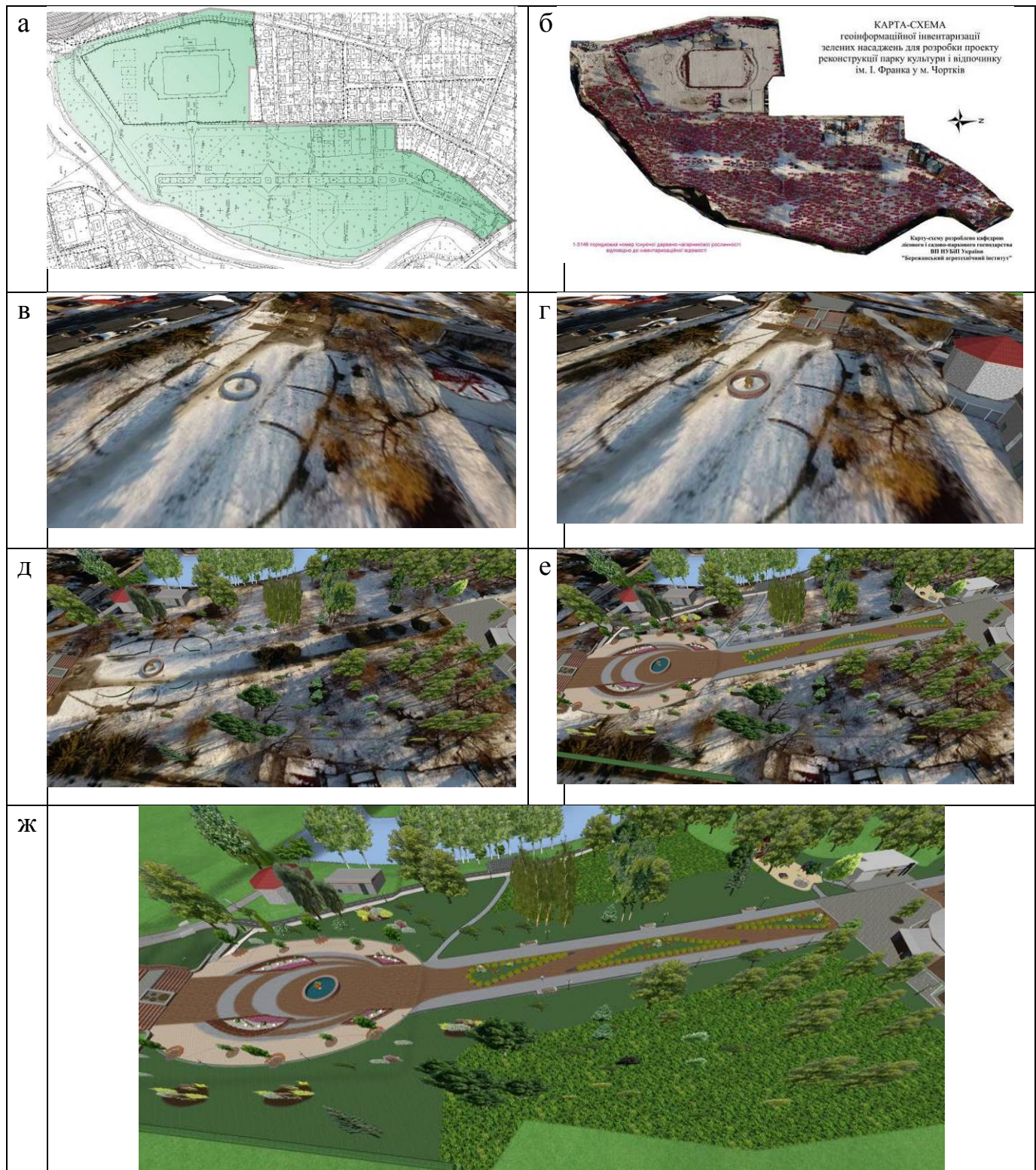


Рис. 3. Процес моделювання просторової організації зелених насаджень на території парку ім. І. Франка у м. Чортків Тернопільської області
 (а – вхідна топооснова; б – ортофотоплан з результатами GPS-інвентаризації; в – візуалізація рельєфу; г – нанесення внутрішньої ситуації; д – додавання рослинності; е – запроектоване озеленення; ж – готовий макет території)

Нанесення моделей рослинності за видовими і параметричними характеристиками відповідно до даних GPS-інвентаризації на цю основу дає змогу створити тривимірну візуалізацію існуючих ландшафтів на даній території (рис. 3, д). Така модель покращує якість і підвищує зручність подальшого проєктування заходів з озеленення та благоустрою території (рис. 3, е), дає змогу демонструвати очікувані зміни внаслідок вирубання та посадки рослин, моделювати сезонні, вікові та фенологічні зміни зелених насаджень. За результатами моделювання композиційних прийомів покращення ландшафтів, заходів щодо впорядкування зелених насаджень, зміни покриттів та, за необхідності, перепланування дорожньо-стежкової мережі програма дає можливість створити макет перспективного вигляду території (рис. 3, ж), який можна використовувати для обґрунтування запроєктованих рішень, громадського обговорення проєкту та інших заходів.

Водночас опрацювання і моделювання просторової організації ландшафтів у даній програмі дає змогу готувати відповідні картографічні матеріали (опорний, генеральний і дендроплан території, розбивочне, посадкове, будівельне та інші креслення), проводити візуалізацію перспективи вигляду окремих фрагментів території та створювати запис відеопрогулянки по території об'єкта благоустрою. Згідно зазначених умов використання програмних засобів для отримання інформації про характеристики ЗН аналогічно до попередніх досліджень дає змогу одержувати потрібні користувачеві відомості. До таких показників можна віднести кількісні параметри, лінійні розміри, площі, окремі таксаційні показники насаджень та рослин, інформація стосовно просторової організації території, дійсні розміри елементів завдяки моделюванню.

Запропонований підхід до моделювання просторового розташування зелених насаджень дає змогу проводити ландшафтно-архітектурне обґрунтування подальших робіт, моделювати в камеральних умовах композиції, приймати обґрунтовані рішення щодо озеленення і благоустрою території. Водночас порівняння засобів обробки інформації ГІС і програм для

ландшафтно-архітектурного моделювання насаджень дало змогу зробити висновки про кращу пристосованість перших саме для побудови просторового розташування зелених насаджень у двовимірному просторі, роботі з атрибутивною базою даних рослинності та створення вихідного картографічного матеріалу. Програми для ландшафтно-архітектурного моделювання ландшафтів при цьому доцільно використовувати для тривимірної візуалізації урболандшафтів та представлення видового складу зелених насаджень. Наведені результати досліджень також дають змогу зробити висновки про доцільність створення нового програмного продукту, що буде призначений саме для моделювання просторової організації зелених насаджень як у площинному вимірі, так і в тривимірному просторі та придатний для роботи з базою даних урболандшафтів.

Висновки і перспективи. 1. На основі проведених досліджень підтверджено доцільність використання ортофотоплану, що побудований за результатами БПЛА-зйомки території в якості растрової основи для моделювання просторової організації зелених насаджень. 2. Аналіз сучасного стану та тенденцій процесу моделювання просторової організації зелених насаджень засвідчив їх розвиток у напрямі використання геоінформаційних систем та програм для ландшафтно-архітектурного моделювання насаджень. 3. Наведено можливості, переваги та недоліки існуючих інструментів моделювання просторової організації зелених насаджень. 3. На підставі проведених досліджень зроблено висновки про необхідність розробки нового спеціалізованого програмного продукту для об'єднання переваг вищенаведеного інструментарію в єдиному засобі моделювання просторової організації зелених насаджень, що дасть змогу спростити виконання відповідних робіт та підвищити їх якість.

Список використаних джерел:

1. Шипулін, В. Д. (2010). *Основні принципи геоінформаційних систем*. Харків: ХНАМГ.
2. Алешин, Р., Спивак, И., Давыденко, Е., & Куликов, В. (2014). *Разработка и внедрение ГИС учтенных зеленых насаждений*. Сайт журнала «САПР и Графика». Взято з <https://sapr.ru/article/24411>

3. Трубина, Л. К., Баранова, Е. И., & Чагина, Г. С. (2013). *Геоинформационное картографирование и инвентаризация зеленых насаждений*. 4 (2), 82–85.
4. Скачкова, М. Е. (2007). *Разработка информационной модели учета зеленых насаждений городских земель Санкт-Петербурга* (Автореферат диссертации, Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В.Плеханова). Взято з <http://earthpapers.net/razrabotka-informatsionnoy-modeli-ucheta-zelenyh-nasazhdeniy-gorodskih-zemel-sankt-peterburga>
5. Krueger, R., & Konrad, R. (2010). *Urban Tree Mapping*. Worcester Polytechnic Institute. https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-030910-161927/unrestricted/Urban_Tree_Mapping.pdf
6. Трубина, Л. К., Николаева, О. Н., Муллаярова, П. И., & Баранова, Е. И. (2017). Инвентаризация городских зеленых насаждений средствами ГИС. *Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий*, 22 (3), 107–118.
7. Морозова, Г. Ю., Глухов, В. А., & Бабулин, А. А. (2011). Геоинформационная система «Зеленые насаждения города Хабаровска». *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 13 (1–6), 1367–1370.
8. Матяшук, Р. К., Небесний, В. Б., Конякін, С. М., Ткаченко, І. В., & Прокопчук, Ю. С. (2014). Вікові дуби «Феофанії» – пам'ятки живої природи краю. *Наукові доповіді НУБіП України*, 6(48). Взято з <http://journals.urau.ua/index.php/2223-1609/article/view/117098>
9. Яшолт, А. Р., & Івчанська, В. В. (2013). Створення електронного екологічного паспорту зелених насаджень бульвару по вулиці Пирогова та меморіалу «Визволення» у м. Вінниці. *Збірник наукових статей ВНТУ*. 2, 185–188.
10. Бідолах, Д. І., & Кузьович, В. С. (2018). Електронна карта парку, як результат сучасного підходу до інвентаризації зелених насаджень. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Менеджмент результативної трансформації аграрної сфери економіки України", 12 червня 2018 р.* (с. 11–13). Бережани.
11. Кацко, С. Ю. (2017). Особенности использования картографических произведений в среде Web-ГИС. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, 1(2), 46–49.
12. Рыльский, И. А. (2018). Подходы к определению таксационных показателей леса с использованием аэрокосмических снимков и лазерного сканирования. *ИнтерКарто. ИнтерГис*. 24(2), 216–240. DOI: <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-2-24-216-240>
13. Трубина, Л. К., Муллаярова, П. И., Баранова, Е. И., & Николаева, О. Н. (2014). *Некоторые подходы к геоинформационному картографированию зеленых насаждений*. 2, 68–73.
14. Карпик, А. П., & Лисицкий, Д. В. (2011). Основные принципы формирования единого геоинформационного пространства территорий. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, 19–24.
15. Інструкція з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України, (2001). Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0182-02>
16. Андронов, Н. М., & Богданов, П. Л. (1974). *Определитель древесных растений по листьям*. Ленинград: Издательство Ленинградского университета.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ЦЕЛЮ ИХ УСТРОЙСТВО

Д. И. Бидолах

Вопрос совершенствования процесса пространственной организации зеленых насаждений отличается актуальностью и практической значимостью в условиях постоянного развития современных средств моделирования ландшафтов и информационных систем. При этом трехмерная визуализация пространственного расположения зеленых насаждений по результатам их инвентаризации открывает новые возможности для их

упорядочения путем наглядного изображения изменений, которые произойдут в результате определенных действий на урболандшафты и позволяет лучше обосновывать принятие решений.

Целью исследования является разработка современных подходов к моделированию пространственной организации зеленых насаждений для нужд их качественного благоустройства. Для достижения этой цели проанализировано современное состояние и тенденции развития процесса получения информации о пространственном расположении деревьев и кустов, проанализированы существующие средства для визуализации этой информации и сделаны выводы относительно оптимального набора инструментов для обеспечения качественного выполнения поставленной цели. На основе проведенных исследований разработаны предложения по совершенствованию существующих подходов к моделированию пространственной организации зеленых насаждений.

Для выполнения исследований подготовлено базу данных по результатам инвентаризации зеленых насаждений, которая в дальнейшем использовалась для моделирования пространственной организации зеленых насаждений и ее визуализации в геоинформационной системе и программе для моделирования ландшафтов. При этом подтверждена целесообразность использования ортофотоплана, который построен по результатам БПЛА-съемки территории в качестве растровой основы для моделирования пространственной организации зеленых насаждений и приведены возможности, преимущества и недостатки существующих инструментов для выполнения этого процесса. На основании проведенных исследований сделаны выводы о необходимости разработки нового специализированного программного продукта для объединения преимуществ вышеприведенного инструментария в едином комплексе моделирования пространственной организации зеленых насаждений, что позволит упростить выполнение соответствующих работ и повысить их качество.

Ключевые слова: трехмерная визуализация и пространственное расположение зеленых насаждений, БПЛА, ГИС, моделирование ландшафтов.

SIMULATION OF SPATIAL ORGANIZATION OF GREEN PLANTS FOR THE PURPOSE OF THEIR MANAGEMENT

D. I. Bidolakh

The issue of improving the process of green plants spatial organization is distinguished by its relevance and practical importance in the context of the constant development of modern landscape modeling tools and information systems. At the same time, three-dimensional visualization of the spatial arrangement of green spaces based on the results of their inventory opens the new opportunities for their management by visualizing the changes that will occur as a result of certain actions on urban landscapes and allows better justification for decision-making.

The aim of the study is to develop modern approaches to modeling the spatial organization of green spaces for the needs of their high-quality improvement. To achieve this goal, the current state and development trends of the process of

obtaining information about the spatial arrangement of trees and bushes have been analyzed, the existing means for visualizing this information have been analyzed and conclusions have been drawn regarding the optimal set of tools to ensure the high-quality implementation of the goal. On the basis of the research carried out, proposals were developed to improve the existing approaches to modeling the spatial organization of green plants.

To carry out the research, a database was prepared by the results of an inventory of greenery, which was later used to prepare the spatial organization of trees and its visualization in a GIS and a program for landscape modeling. At the same time, the expediency of using an orthophotomap, which was built based on the results of a UAV-survey of the territory as a raster basis for modeling the spatial organization of greenery, was confirmed and the possibilities, advantages and disadvantages of existing tools for performing this process were given. Based on the studies carried out, we prepared the conclusions about the need to develop a new specialized software product to combine the advantages of the above tools in a single complex for modeling the spatial organization of greenery, which will simplify the implementation of the relevant work and improve their quality.

Key words: *three-dimensional visualization and spatial arrangement of green spaces, UAV, GIS, landscape modeling.*