

УДК 528.875

Винограденко С. О., к.е.н., доцент кафедри управління земельними ресурсами та кадастру
Полях В. М., к.е.н., докторант кафедри деревооброблювальних технологій та системотехніки лісового комплексу

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна)

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ДЕРЕВ У МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ: ВІД ТРАДИЦІЙНИХ, ЦИФРОВИХ ПОЛЬОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДО ДОДАТКІВ ДЛЯ СМАРТФОНІВ

Ліси у міському середовищі можуть виконувати важливі екологічні та соціальні функції, якщо їх правильно планувати та керувати ними. Інвентаризація та вимірювання дерев є важливою частиною оцінки та моніторингу розміру, росту та здоров'я дерев у містах. У цьому контексті зазвичай збираються цілий ряд параметрів, зокрема, і загальна висота, але для комплексної оцінки дерева потрібні додаткові дані про розміри крони (ширина, довжина та проекція крони). Ці дані, як правило, збираються лісничими шляхом польових обстежень за допомогою штангенциркуля або стрічки для вимірювання діаметра, а також електронного клінометра для вимірювання висоти дерева та розміру крони. Міський ліс включає всі дерева в місті та його околицях (невеликі та фрагментовані ліси, вуличні дерева, дерева в парках і садах, а також окремі дерева), які представляють основну зелену інфраструктуру в ширшій міській екосистемі [1]. Міське управління лісами має вирішальне значення для забезпечення стабільного постачання екосистемних послуг протягом тривалого часу. Догляд за деревами в місті потребує ретельного планування, яке враховує їх цінність як суспільний інтерес [2] та загалом ширша та комплексніша оцінка міських дерев [3]. Таким чином, інвентаризація дерев у містах є обов'язковим завданням для підтримки зелених насаджень та оцінки екосистемних послуг. Зазвичай збираються дані про види, положення і висоту дерев, які дозволяють оцінити ріст дерев і біомасу [4]. Додаткова інформація про розміри крони (довжина та діаметр) є актуальною для оцінки впливу сильної обрізки на архітектуру крони і може бути використана для оцінки площі листя. Вимірювання розміру дерев дозволяє оцінити можливі умови ризику та прийняти відповідне технічне управління. Таким чином можна реалізувати стратегії адаптації до клімату та забруднення, спрямовані на ефективне надання екосистемних послуг для навколишнього середовища та людей.

Традиційні інструменти, що використовуються для визначення розмірів дерев, це штангенциркуль або стрічка для вимірювання діаметра, клінометр для висоти дерева та крони, метрична стрічка для ширини крони. Цифрові технології, такі як Field-map, портативна комп'ютерна станція, призначена для швидкого виконання топографічних та розмірних зйомок деревної рослинності в рамках інвентаризації лісів, поступово спростили вимірювання. Нещодавно смартфони включили передові технології, такі як сканер LIDAR усередині камери, що дозволило розробити програми для виконання просторових вимірювань, а також огляду дерев. Ці інструменти можуть суттєво допомогти у практичних роботах щодо інвентаризації та моніторингу дерев; однак їх точність невизначена, тому їх використання може генерувати неточні дані. У цьому дослідженні ми перевіряли потенціал цифрових польових інструментів (Field-map і iPhone 12 pro) порівняно з традиційними інструментами (штангенциркуль, клінометр), підкреслюючи, яку інформацію можна отримати, їх точність і витрати часу ефективності та потенціал для досліджень в міському лісництві.

Досліджувані методи вимірювання дерев (традиційні, просторові, смартфон) демонструють різні характеристики з точки зору інструментів, вимірюваних параметрів, розрахункового часу (табл. 1). Що стосується обладнання, то використання смартфона для зйомки дерев є найпрактичнішим, оскільки один пристрій може виміряти багато параметрів.

Таблиця 1

Порівняння методів вимірювання дерев з точки зору приладів, вимірюваних параметрів, типу застосування та розрахункового часу на ділянку.

Метод	Інструменти	Вимірювані параметри	Тип програми	Розрахунковий час
Традиційний	Штангенциркуль, клінометр, мірна стрічка, GPS	Висота дерева, висота крони, ширина крони, ухил стебла, позиція дерева	Інвентаризація дерев	30-60 хв.
Просторовий	Станція Field-mar	Розташування дерева та крони з геоприв'язкою	Розміщення дерев і крони	20-40 хв.
Смартфон	iPhone 12 Pro, Apps	Висота дерева, висота крони, ширина крони, положення дерева, об'єм стебла, поверхня і ухил, фотографії	Інвентаризація дерев, 3D модель	30-60 хв.

Традиційний метод також дозволяє оцінити повний набір інформації про дерево, але вимагає використання кількох інструментів (діаметрична стрічка, клінометр, метрична стрічка, GPS). Станція Field-mar є портативним інструментом, який порівняно з іншими надає дуже точні дані про розташування дерев на ділянці та просторове представлення крон [5]. Однак модель, використана в цьому дослідженні не дозволяє вимірювати діаметр і висоту дерева, а лише записує ці дані в полі, що призводить до менш вимірюваних параметрів. Крім того, смартфон — це метод, який вимагає лише одного оператора для вимірювання всіх параметрів дерева. Традиційний метод може виконуватися тільки одним оператором, за винятком вимірювання ширини крони, для якого потрібні двоє. Натомість просторовий метод із інструментом Field-mar потребує принаймні двох операторів для вимірювання відстані за допомогою лазера для оцінки положення дерева та проекції крони. З точки зору часу, через обмежену кількість ділянок, ми можемо вказати лише приблизне значення, яке змінюється залежно від розміру досліджуваної території та кількості дерев. Інструмент Field-mar є швидшим за інші, хоча й менш повним щодо вимірюваних параметрів. «Традиційний» і «смартфонний» методи можна порівняти з точки зору часу, оскільки вони базуються на подібному підході до одного дерева для вимірювання інформації про кілька дерев.

Список використаних джерел:

1. Konijnendijk, C. C., Ricard, R. M., Kenney, A., Randrup, T.B. (2006). Defining urban forestry - A comparative perspective of North America and Europe. *Urban For Urban Green* 4(3-4):93-103. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2005.11.003>
2. Опара, В., Бузіна, І., Хайнус, Д., Винограденко, С. (2021). Основні аспекти охорони, відтворення та рекреаційного використання природних комплексів території національного природного парку “Гомільшанські ліси”. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Зб. наук. праць. – Вип. 34. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. – С. 20-29
3. Roman, L.A., Conway, T.M., Eisenman, T.S., Koeser, A.K., Ordóñez Barona, C., Locke, D.H., Jenerette, G.D., Östberg, J., Vogt, J. (2021). Beyond ‘trees are good’: Disservices, management costs, and tradeoffs in urban forestry. *Ambio* 50(3):615-630. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01396-8>
4. Ma, B., Hauer, R.J., Östberg, J., Koeser, A.K., Wei, H., Xu, C. (2021). A global basis of urban tree inventories: What comes first the inventory or the program. *Urban For Urban Green* 60(November 2020). Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127087>

5. Tomao, A., Quatrini, V., Agrimi, M., Cartisano, R., Mattioli, W., Giuliarelli, D. (2012). Applicazione della tecnologia Field-Map in selvicoltura urbana: sviluppo di GIS per l' inventario e la gestione dei parchi storici. In: Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA 2012. Vicenza. Режим доступу: <http://atti.asita.it/ASITA2012/Pdf/093.pdf>

УДК 528.94

**Грек М.О., к.т.н., асистент кафедри управління земельними ресурсами та кадастру
Федорова А.Ю., асистент кафедри управління земельними ресурсами та кадастру
(Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна)**

ТОПОЛОГІЧНА УЗГОДЖЕНІСТЬ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

Для правильного аналізу та прийняття рішень на основі геопросторових даних важливо підтвердити надійність і цілісність даних. Що стосується логічної узгодженості, досі існує кілька стандартів і досліджень, які систематично розглядають цю тему, і немає консенсусу щодо відповідних процедур контролю якості в цій категорії. Отже, виробники геопросторових даних мають кілька труднощів із забезпеченням цілісності та узгодженості своїх картографічних продуктів через неадекватну перевірку логічних зв'язків, що спричиняє переробку з повторними та неефективними перевітками. Тому це дослідження має на меті задокументувати концепції, властиві оцінці топологічної узгодженості, застосованої до реальних даних із картографічного виробництва.

Для досвідчених користувачів Географічної інформаційної системи (ГІС), яким потрібно виконувати дії, що виходять за рамки простого візуального дослідження даних, наприклад аналіз геообробки, кодування, маршрутизація тощо, необхідно забезпечити геометричні властивості та обслуговування зв'язків між ознаками [1]. Повне виявлення та виправлення помилок є необхідним для підтвердження того, що всі процедури були застосовані, щоб геопросторові дані адекватно відображали реальний світ, дозволяючи дослідженням, запитам і аналізам бути більш надійними.

У цьому контексті топологічна узгодженість відноситься до узгодженості топологічних характеристик, явно встановлених для набору даних [2]. Дослідження реалізації обмеження цілісності вже було розроблено для процесу отримання та інтеграції в базу даних, де можна процитувати Borges та ін. [3] та Lizardo [4], проте спостерігається, що ці обмеження цілісності необхідно систематично перераховувати як вимоги (або правила) для остаточної оцінки набору даних. Карпінський та ін., Винограденко та ті ін. [5, 6] стверджують, що логічні правила можна перевірити автоматичними обчислювальними процедурами. Однак, щоб ця перевірка була виконана належним чином, необхідно деталізувати оцінені елементи якості. Топологія дає змогу вивчати характеристики, які виходять за межі геометричної інформації об'єктів. Метою топологічного знання в ГІС є розширення можливостей для просторового аналізу, щоб представити просторові зв'язки, такі як сусідство, збіги, напрямки та зв'язки.

У топології вузол відповідає точці; дуга (або ребро) — елемент, що відповідає лінії; і багатокутник (або грань). Дуга — це набір пар координат, який починається вузлом і закінчується вузлом. Багатокутник, у свою чергу, є двовимірним просторовим об'єктом, обмеженим дугами. Існує два підходи: топологія дугових вузлів на основі графів, яка широко використовується для представлення мереж; і дуга-вузол-багатокутник, який враховує площу багатокутників [7]. Як у першому підході, так і в другому, топологію можна розуміти як відношення між її елементами (вузлами, дугами та багатокутниками), будучи засобом визначення просторових відношень, на додаток до геометрично визначених метричних відношень. Для топології дуга-вузол-багатокутник геопросторова база даних має топологічну структуру, коли визначаються та зберігаються такі елементи: а) дуги, що