

Локальна геоінформаційна система земель лісового фонду: методичні особливості створення, практичні аспекти та перспективи використання

Василь Роман¹

викладач кафедри лісівництва,

¹ Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна,

e-mail: [vasyl.roman@uzhnu.edu.ua](mailto:vasyly.roman@uzhnu.edu.ua),  <https://orcid.org/0009-0006-4139-5872>;

Микола Карабінюк¹

к. геогр. н., доцент кафедри фізичної географії та раціонального природокористування,

e-mail: mykola.karabiniuk@uzhnu.edu.ua,  <https://orcid.org/0000-0001-9852-7692>;

Андрій Мигаль¹

к. біол. н., доцент кафедри лісівництва,

e-mail: andriy.myhal@uzhnu.edu.ua,  <https://orcid.org/0000-0002-6319-1516>;

Анастасія Кічура¹

к. с.-г. н., доцент кафедри лісівництва,

e-mail: anastasia.kichura@uzhnu.edu.ua,  <https://orcid.org/0009-0005-0344-0831>;

Світлана Чепур¹

к. с.-г. н., доцент кафедри лісівництва,

e-mail: svitlana.chepur@uzhnu.edu.ua,  <https://orcid.org/0009-0008-9862-3594>

У сучасному світі інформаційні системи і технології відіграють ключову роль у розвитку суспільства і держави. Особливо актуальним є розвиток геоінформаційних систем як один з елементів забезпечення сталого розвитку в природокористуванні. Ліси є найбільш збалансованими екосистемами, які виконують різноманітні корисні для людини функції, а також є одним із основних джерел відновлюваної енергії. Впровадження ГІС у природокористування, особливо у сфері лісового господарства, дозволяє досягнути ключових цілей сталого розвитку, а розробка методів щодо удосконалення існуючих або створення нових ГІС має визначальне значення. У роботі представлено методичні особливості створення геоінформаційної системи об'єктів лісового фонду на прикладі окремого лісництва. Вихідними даними для створення ГІС слугують плани лісонасаджень та таксаційні описи лісництва. Описаний нами алгоритм складається з таких основних етапів: отримання вихідних даних, цифровізація і просторова прив'язка картографічних матеріалів, формування таблиць з атрибутивними даними, об'єднання просторових даних із атрибутами, перевірка функціональності створеної ГІС. Всі етапи створення виконувались із використанням найбільш відомих програмних продуктів: QGIS, MS Excel, MS Access, Adobe Photoshop. У статті значна увага приділена особливостям формування атрибутивних даних та способам їх подальшого застосування у поєднанні із векторними шарами. Пропонований нами алгоритм дозволяє на основі планів лісових насаджень створити просторовий векторний шар таксаційних виділів з деякою атрибутивною інформацією, а на основі таксаційних описів – створити набір атрибутивних даних. Разом ці два набори даних можуть утворювати окрему геоінформаційну систему об'єктів лісового фонду різного рангу (як у вигляді певної сукупності таксаційних виділів та кварталів, так і усієї території лісового фонду лісництва або постійних лісокористувачів).

Ключові слова: геоінформаційна система; лісовий фонд; геопросторові дані; база даних; цифровізація.

Як цитувати: Роман Василь, Карабінюк Микола, Мигаль Андрій, Кічура Анастасія, Чепур Світлана (2025). Локальна геоінформаційна система земель лісового фонду: методичні особливості створення, практичні аспекти та перспективи використання. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», (62), 324-336. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-24>

In cites: Roman Vasyly, Karabiniuk Mykola, Mihaly Andriy, Kichura Anastasia, Chepur Svitlana (2025). Local geographic information system of forestry lands: methodological features of creation, practical aspects and prospects of use. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology, (62), 324-336. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-24> [in Ukrainian]

Постановка проблеми. На сьогодні геоінформаційні системи (ГІС) та технології відіграють важливу роль у суспільстві та забезпечують виробничі потреби у різних сферах людської діяльності. Вони широко використовуються не тільки в освітній та науковій діяльності, але й впроваджуються для оптимізації комунікаційних систем, ефективного природокористування, моніторингу небезпечних процесів та охорони довкілля тощо [1-4]. В Україні та світі попит на інформаційні та

геоінформаційні системи постійно зростає через їх практичність та ефективність, які є найбільш затребуваними у різних виробничих галузях. Застосування сучасних геоінформаційних систем різного класу у поєднанні з просторовими даними дозволяє вирішувати низку важливих питань експлуатації та збереження природних ресурсів, зокрема – земельних та лісових [2].

Стрімкий розвиток геоінформаційних технологій та активне їх впровадження у виробничі

процеси також є каталізаторами для пошуку ефективних методів та засобів навчання майбутніх фахівців. Наразі активно розробляються ефективні навчальні програми щодо оволодіння здобувачами вищої освіти нових геоінформаційних технологій та підходів у різних сферах природокористування [4]. Також на сьогодні виникла потреба у покращенні фахових вмінь та навичок використання інструментальних геоінформаційних систем, що сприяє підвищенню якості та результативності наукових досліджень природничого та виробничого напрямків.

Метою статті є розробка алгоритму створення функціональної геоінформаційної системи на прикладі земель лісового фонду на основі якісного опрацювання вихідних картографічних матеріалів та структуризації (консолідація) атрибутивних даних. Важливим елементом дослідження є окреслення оптимальних способів формування атрибутивної інформації та шару просторових даних з вихідних джерел в цифровий формат із визначенням просторової прив'язки у спеціалізованому програмному середовищі QGIS. Основним результатом дослідження є створення локальної геоінформаційної системи на прикладі об'єктів лісового фонду Закарпатської області, функціонал та атрибутивна інформація якої визначає перспективність її використання для потреб освітян, науковців, практиків та інших зацікавлених сторін. Для цього необхідним є забезпечення формування атрибутивних даних із доступним форматом та логічною структурою, що буде сприяти оптимальному обміну інформації між суб'єктами лісової галузі в сфері лісокористування та управління, освітніми закладами та ін.

Аналіз останніх джерел та публікацій. Ефективна інструментальна основа та функціональні можливості сучасних геоінформаційних технологій головно забезпечують різноманіття сфер їх застосування. На сьогодні структуризація геопросторових даних у програмних геоінформаційних середовищах та формування функціональних спеціалізованих інформаційних систем головно сприяють ефективному управлінню землями лісового фонду [5-9] та запровадженню прогресивних ландшафтних підходів для оптимізації функціонального зонування природоохоронних територій [10]. Сучасні інструменти ГІС також активно використовують при реалізації різних геоботанічних та флористичних досліджень [11], для аналізу просторової диференціації геоєкологічних загроз та вивчення сучасного стану природних (антропогенних) ландшафтів [12] тощо. Загальна цифровізація освітнього процесу та добре виражена виробнича потреба обумовили інтенсивне впровадження різноманітних елементів ГІС у навчальні плани різних спеціальностей у вищих

навчальних закладах, освоєння яких передбачає формування відповідних фахових компетентностей та забезпечує подальші кадрові ресурси держави [13, 14].

Загалом, дискусії українських дослідників більше стосуються ідей щодо впровадження таких технологій у різноманітні сфери пов'язані з природокористуванням [15]. Однак, ефективних методик та методологічних підходів щодо створення функціональних та затребуваних для освіти, науки і практики цілісних локальних геоінформаційних систем, що стосуються територій лісгосподарського призначення, відсутні. У науковій літературі зустрічаються повідомлення, щодо уже розроблених функціональних геоінформаційних систем, платформ та інструментів для роботи із землями лісового фонду України, зокрема:

- ГІС «Ліспроект» – геоінформаційна система національного рівня розроблена для Українського державного проектного лісовпорядного виробничого об'єднання (ВО «УКР-ДЕРЖЛІСПРОЕКТ») і призначена здійснювати планово-картографічний супровід ведення лісовпорядкування [16-18];
- SmallForest – мобільний додаток, який має широкий застосунок для різних потреб лісового господарства, в тому числі – адаптований для супроводу проведення Національної інвентаризації лісів [19];
- Геопортал «Ліси України» – веб ресурс, призначений для надання інформації про ліси України на основі двох рівнів доступу: загально публічного (доступна інформація про поточні рубки й карта об'єктів рекреації та відпочинку); спеціалізованого для працівників лісового господарства (функціонують різноманітні сервіси щодо ведення лісового господарства) [20];
- Геоінформаційна продукція Державного підприємства «Лісгосподарський інформаційно-аналітичний центр» (ДП «ЛІАЦ»), яке забезпечує лісову галузь різноманітними інформаційними системами, в тому числі й геоінформаційними (реєстр лісорубних квитків, лісові пожежі) [21].

Вище названі платформи та ресурси вирізняються інформативною функцією та суттєвою обмеженістю в доступі для загальних користувачів. Також на сьогодні є недоступним функції експорту інформації та геопросторових даних про землі лісового фонду, незважаючи на їх високий потенціал за умови відкритого доступу. Тому поєднання просторових даних з іншими відкритими даними (супутникові знімки, бази з інформацією про біорізноманіття та ін.) дозволить вирішувати низку завдань не лише в лісгосподарському

виробництві (розробка лісосировинної бази, проектування лісових доріг, моніторинг лісових насаджень, розробка ефективних проектів із охорони та захисту лісу тощо), а й у інших науково-прикладних галузях – заповідній справі, мисливському господарстві, ландшафтній екології та просторовому плануванні, флористиці тощо.

Аналіз сучасної літератури за тематикою свідчить про прогресивну практику впровадження сучасних геоінформаційних технологій у навчальний процес підготовки фахівців природничого напрямку, професійна кваліфікація яких вимагає вміння використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для вирішення різних виробничих потреб. У змісті Стандартів вищої освіти із спеціальностей 205 Лісове господарство, 106 Географія, 101 Екологія, 193 Геодезія та землеустрій та ін. передбачено набуття здобувачами вищої освіти відповідних фахових компетентностей та результатів навчання, що стосуються отримання знань обробки геопросторових даних та вмінь роботи з інструментами геоінформаційного середовища [22]. Тому існує потреба в розширенні та обґрунтуванні нових методичних підходів до впровадження ГІС у програми підготовки фахівців різних спеціальностей головно природничих напрямків [13].

Матеріал і методи досліджень. У роботі використано загальноновизнані методи та підходи, що застосовуються в геоінформатиці та науках про дані [23-26]. При створенні локальної ГІС об'єктів лісового фонду основним програмним забезпеченням слугували:

- QGIS – для обробки та формування просторових даних;
- MS «Access», MS «Excel» – для структуризації атрибутивних даних;
- AdobePhotoshop – для обробки растрових зображень.

В якості основних вихідних даних для нашого дослідження та створення локальної ГІС використано дані інвентаризації лісів та відповідні картографічні матеріали (у масштабі 1:25 000) території Загатського лісництва філії «Довжанське лісомисливське господарство» державного підприємства «Ліси України» [27].

Паперові картографічні матеріали відцифровано за допомогою планшетного сканера Mustek 1200 у формат A3 при заданому розширенні 600 DPI та сканера Canon у форматі A4 у заданому розширенні 600 DPI. Файли сканування растрових зображень були збережені у форматі .tiff. Враховуючи можливості використовуваних сканерів, які не дозволяють одним скануванням захопити всю площину картографічних матеріалів досліджуваних ділянок, сканування виконували для окремих частин планів, які у подальшому обріза-

ли та з'єднували в єдине зображення за допомогою програмного забезпечення AdobePhotoshop.

Просторову прив'язку отриманих зображень здійснювали у програмному середовищі QGIS із використанням інструменту «Georeferencer», методичні особливості використання якого викладені в офіційній документації [28]. Прив'язку виконували у проекції ESPG: 3857- WGS 84 / Pseudo-Mercator. Основою для прив'язки слугували супутникові знімки Sentinel 2a (високої роздільної здатності – 15 м) та відкриті дані OpenStreetMap (OSM). У залежності від рельєфу місцевості використовували тип перетворення «Lienae» або «Polinomial 1», а також метод перетворення – «Nearest Neighbour».

Атрибутивну інформацію, отриману із таксаційних описів, формували у окремій таблиці за допомогою системи керування базами даних (СКБД) MS Access, яку в подальшому експортували у вигляді електронної таблиці MS Excel та завантажували в QGIS. Для подальшого з'єднання векторного шару оцифрованих таксаційних виділів з атрибутивними таблицями, для яких було розраховано первинні ключі за допомогою «Open field calculator» використовуючи апробовану формулу [29]:

- для виділів у межах лісгосподарського підприємства:

$$K_{ay} = (LG \cdot 1000000) + (LIS \cdot 100000) + (KV \cdot 1000) + VD, \quad (1)$$

- для виділів у межах лісництва:

$$K_{ay} = (KV \cdot 1000) + VD, \quad (2)$$

де: K_{ay} – первинний ключ; LG – поле, що містить шифр лісгосподарського підприємства; LIS – поле номера лісництва у структурі лісгосподарського підприємства; KV – поле з номером кварталу; VD – поле з номером виділу.

За допомогою того ж таки «Open field calculator» обчислювали площу векторного шару. Для розрахунку первинного ключа – формулу (1, 2) вводили у відповідне поле програмування, а для розрахунку площі виділів використано алгоритм *\$area* (з переведенням у гектари). Об'єднання векторного шару з таблицею атрибутів виконано за допомогою алгоритму «Manage joins to other layers» за спільним полем «CodeID».

Виклад основного матеріалу досліджень. Наразі найбільш повна і актуальна інформація про вкриті та неvkриті лісом землі лісового фонду України міститься у матеріалах лісовпорядкування. У зведеному вигляді ця інформація відображається у «Проектах організації території...» та Державному лісовому кадастрі постійних лісокористувачів. Згідно чинних нормативів [30], всебічна інформація про стан та основні показники

земель лісового фонду містяться у таксаційних описах, а просторове розміщення окремих ділянок лісового фонду відображено на планах лісонасаджень. Як правило, ця інформація у електронному вигляді практично відсутня у відкритому доступі, і для отримання цієї інформації необхідно звертатись безпосередньо до лісокористувача. Водночас матеріали, які можна отримати за запитом, здебільшого зберігаються на паперо-

вих носіях, таким чином, для забезпечення зручності користування цими матеріалами, виникає гостра потреба в їх цифровізації.

Пропонований нами алгоритм (рис. 1) дозволяє досить ефективно реалізовувати роботу зі створення локальних геоінформаційних систем об'єктів лісового фонду та використовувати їх у наукових, освітніх та виробничих цілях.

Отже суть процесу зі створення ГІС полягає



Рис. 1. Етапи створення локальної ГІС земель лісового фонду /

Fig. 1. Stages of creating a local GIS of forestry objects

у послідовному виконанні таких етапів:

- отримання вихідних даних, шляхом запити необхідних картографічних матеріалів у лісокористувача або завантаження планів лісових насаджень із офіційного сайту ВО «Укрдержліс-проект»;

- підготовка картографічних матеріалів (вихідних даних), яка передбачає сканування картографічних матеріалів з подальшою обробкою отриманих зображень;

- просторова прив'язка картографічних матеріалів;

- векторизація (оцифрування) просторово прив'язаних картографічних матеріалів, що передбачає створення векторних шарів меж лісництва, таксаційних кварталів та виділів;

- робота з атрибутами (полягає у автономному формуванні атрибутивних даних для векторних шарів, за допомогою електронних таблиць або СКБД);

- об'єднання просторових та атрибутивних даних, містить розрахунки первинних ключів для атрибутів векторних шарів та підготовленої таблиці з атрибутами, за допомогою яких виконується їх об'єднання;

- Перевірка функціональності створеної ГІС.

Підготовка просторових даних. Першочерговою дією є географічна прив'язка планів лісонасаджень досліджуваного лісництва. Найкраще і зручніше виконувати таку прив'язку до публічної кадастрової карти України, оскільки на ній точно відтворені загальноприйняті межі користувачів для земель лісгосподарського призначення. Наразі доступ до Публічної кадастрової карти України є обмеженим, тому слід шукати альтернативні шляхи для виконання цієї задачі. Рекомендується виконувати прив'язку картографічних матеріалів до супутникових знімків середньої роздільної здатності (10 і більше м), таких як Sentinel 2a або використовувати відкрите джерело геоданих OpenStreetMap (OSM).

Прив'язку картографічних матеріалів, на нашу думку, найбільш зручно виконувати в ПЗ QGIS, а відповідні дії виконуються за допомогою інструменту «Georeferencer». Перед виконанням прив'язки здійснюються налаштування типу та методу перетворення вихідного растрового зображення. Рекомендується використовувати тип перетворення «Nearest neighbour» та метод «Polynomial 1» або «Linear» у проекції ESPG:

3857 - WGS 84 / Pseudo-Mercator. Для виконання прив'язки вихідного зображення визначаються контрольні точки, що відповідають координатам основи прив'язки і в процесі перетворення присвоюються растру вихідного зображення. Кількість контрольних точок, залежать від вибраного типу перетворення і при використанні типу поліном 1-го порядку визначаються як мінімум 5 контрольних точок, а при лінійній – мінімум 3. При прокладанні контрольних точок рекомендується використовувати спосіб внесення координат «In map canvas».

Процес визначення контрольних точок полягає у пошуку спільних ознак (місць) між вихідним зображенням та основою прив'язки. Це є досить трудомісткий і затратний процес, який залежить від багатьох чинників, але насамперед від особливостей лісового фонду досліджуваного лісництва, а також якості основи прив'язки. Основними об'єктами на території лісового фонду, на які слід орієнтуватись при прокладанні контрольних точок є зруби, ділянки лісових культур та лінійні об'єкти: лісові просіки, лісові дороги, лінії електропередач, річки тощо. Роздільна здатність супутникових знімків або зображення від OSM дозволяє добре розпізнати такі об'єкти. Якщо основою прив'язки є супутниковий знімок, краще використовувати зображення, виконане у осінньо-зимовий період, коли крізь крони дерев проглядаються орієнтовні місця прив'язки. При виконанні прив'язки до OSM орієнтування розміщення контрольних точок виконується по межах шару «Ліси», або «Гідрографія». Приклад проставлення контрольних точок наведено на рис. 2.

Після завершення процесу прив'язки, досліджуваний план «накладається» на основу. На цьому етапі обов'язково здійснюється оцінка результатів прив'язки, тобто, наскільки точно межі лісництва та кварталів співпадають з контурами основи прив'язки (найкраще перевірка виконується відносно супутникового знімку або карт Google Satellite Hybride). Якщо результат прив'язки є незадовільним, орієнтуючись на вже прив'язане зображення, підбираються більш оптимальне розміщення контрольних точок. Такий алгоритм повторюється то того моменту, коли межі лісництва будуть максимально відповідати основі прив'язки і середня похибка буде мінімальною.

Наступним кроком є оцифрування меж лісництва, його кварталів та виділів. Для цього створюються окремі шейп-шари полігонального типу для лісництва (Forestry), кварталів (Kvartal), виділів (Vydil) з такими полями атрибутів: для лісництва – шифр лісгоспу, назва лісгоспу, номер лісництва, назва лісництва; для кварталу – шифр лісгоспу, назва лісгоспу, номер лісництва, назва ліс-

ництва, номер кварталу, категорія земель, категорія лісів; для виділу – номер кварталу, номер виділу. Далі слідує сам процес оцифрування об'єктів з плану лісонасаджень (наприклад, меж таксаційного виділу), який полягає у ручному обведенні меж лісництва, кварталів та виділів. Для забезпечення якісної оцифровки додатково використовується інструмент «Snapping Toolbar». Слід зауважити, що черговість оцифрування завжди повинна відповідати принципу «від більшого об'єкту до меншого» (лісництво → квартал → виділ). По завершенні операції з обведення меж для кожного оцифрованого виділу відразу вносяться атрибутивні дані про номер кварталу та виділу (рис. 3). Іншу атрибутивну інформацію бажано вносити в окремі таблиці і з'єднувати їх із атрибутами векторних шарів.

Підготовка атрибутивної інформації. Наступним етапом створення ГІС земель лісового фонду є підготовка атрибутивних даних. Це – найбільш важливий етап створення власної ГІС-лісів, котрий потребує від виконавця базових навичок роботи з базами даних. Оскільки при роботі з QGIS та ArcGIS зв'язування окремих таблиць атрибутів відбувається за одним полем, виникає потреба у створенні первинних ключів. Для створення такого ключа виконуються окремі розрахунки для окремого поля *CodeID* використовуючи формули (1, 2). Вихідні дані для розрахунків (номери кварталу та виділу) отримуються безпосередньо при оцифруванні планів лісонасаджень і вносяться як атрибути векторного шару. Деякі значення атрибутів на етапі структуризації (формування) даних створюються власноруч користувачем (такі як шифр лісгосподарського підприємства та номер лісництва у структурі лісового фонду лісгосподарського підприємства (або ПЛНДВ для ПЗФ)). Власне сам розрахунок первинних ключів виконуються вже на заключному етапі створення ГІС.

Підготовка і структуризація атрибутивної інформації може виконуватись за допомогою текстових і табличних редакторів, систем управління базами даних (СКБД) або безпосередньо у середовищі ГІС (одночасно із оцифруванням – після закінчення обведення меж таксаційних виділів). Якщо доступна повидільна база даних лісів, то здійснюється запит на вибірку потрібних параметрів лісових насаджень. На практиці, частіше використовують таксаційний опис лісництва, дані з якого вручну вносяться в окрему таблицю. Оскільки шари «Forestry» та «Kvartal» мають незначну кількість даних, їх атрибути вносяться відразу при оцифруванні, зокрема для шару «Forestry»: код лісгосподарського підприємства (постійного лісокористувача) (*CodeLG*) і його найменування (*NameLG*), номер лісництва в стру-

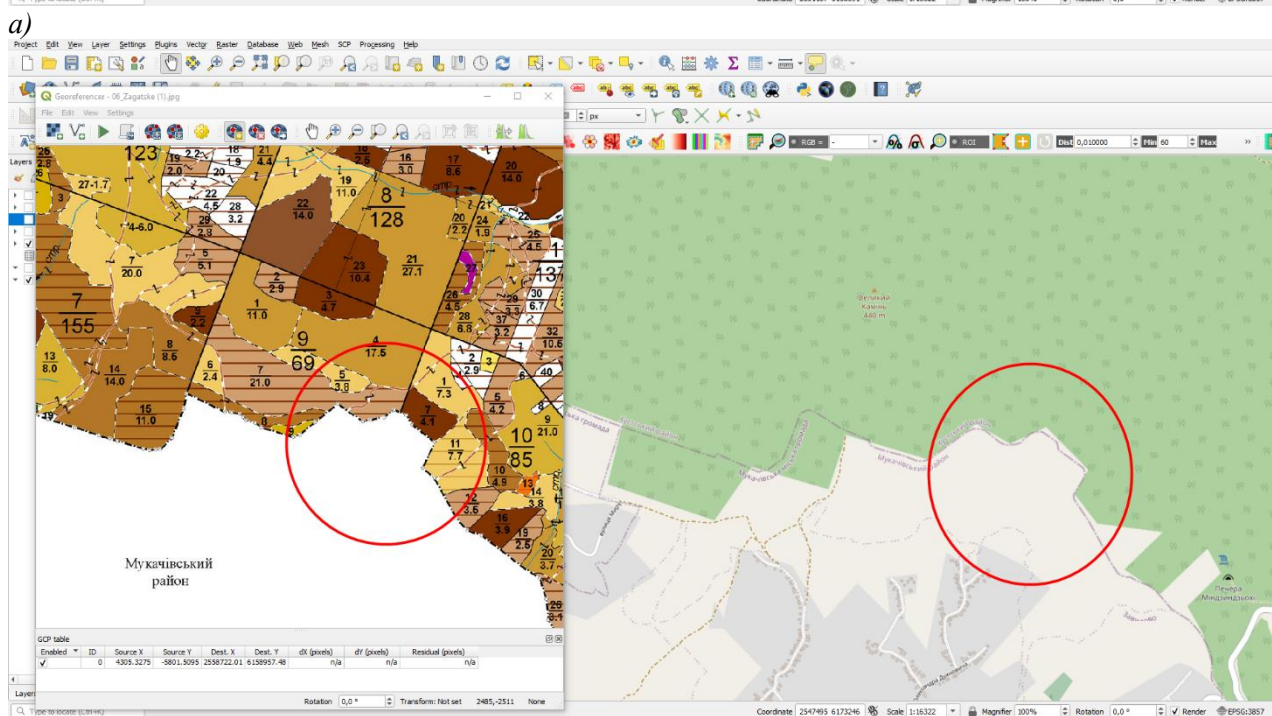
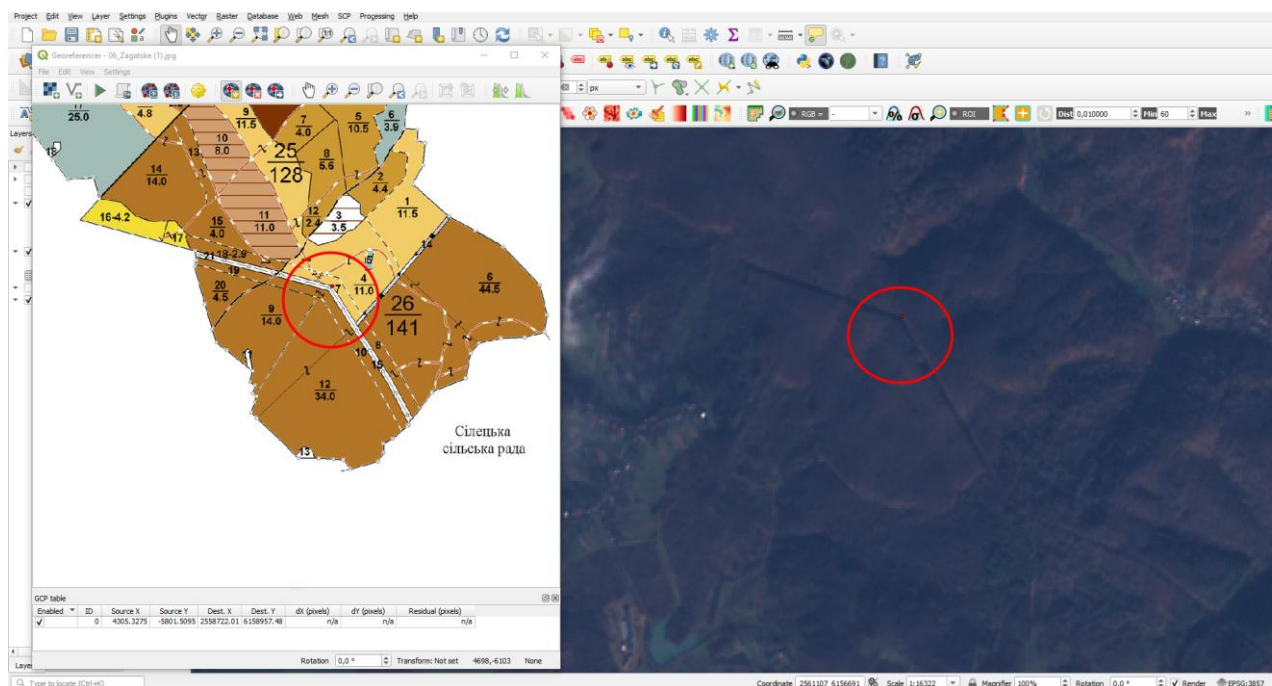


Рис. 2. Вигляд місць прив'язки на супутниковому знімку (а) та на мапі від OpenStreetMap (б) /
Fig. 2. View of the anchor points on satellite image (a) and on the OpenStreetMap map (b)

ктурі лісгоспу (*LIS*) та його назва (*NameLIS*); для шару «Kvartal»: ті ж дані, що й для шару «Forestry», а також поля з номером кварталу (*KV*) та категорія лісів (*cat_forest*). Шар «Vydil» має значно більшу кількість атрибутивної інформації та на початкових етапах створення буде складатися переважно із даних, що містяться у таксаційному описі. Таким чином, структура атрибутивних даних буде містити перелік стовпців, які наведені у таблиці 1.

Як зазначалось вище, джерелами атрибутив-

ної інформації при створенні ГІС є план лісонасаджень та таксаційний опис ділянок лісового фонду певного лісництва. Це вимагає при формуванні атрибутивних даних внесення потрібної інформації вручну. Найбільш ефективними, на нашу думку, способами внесення даних, а також формування їх у декількох окремих таблицях одночасно є – використання спеціалізованих «Форм» у СКБД Access. Конфігурації форм є досить різноманітними (щодо наявності та розміщення спеціалізованих кнопок переходів, навіга-

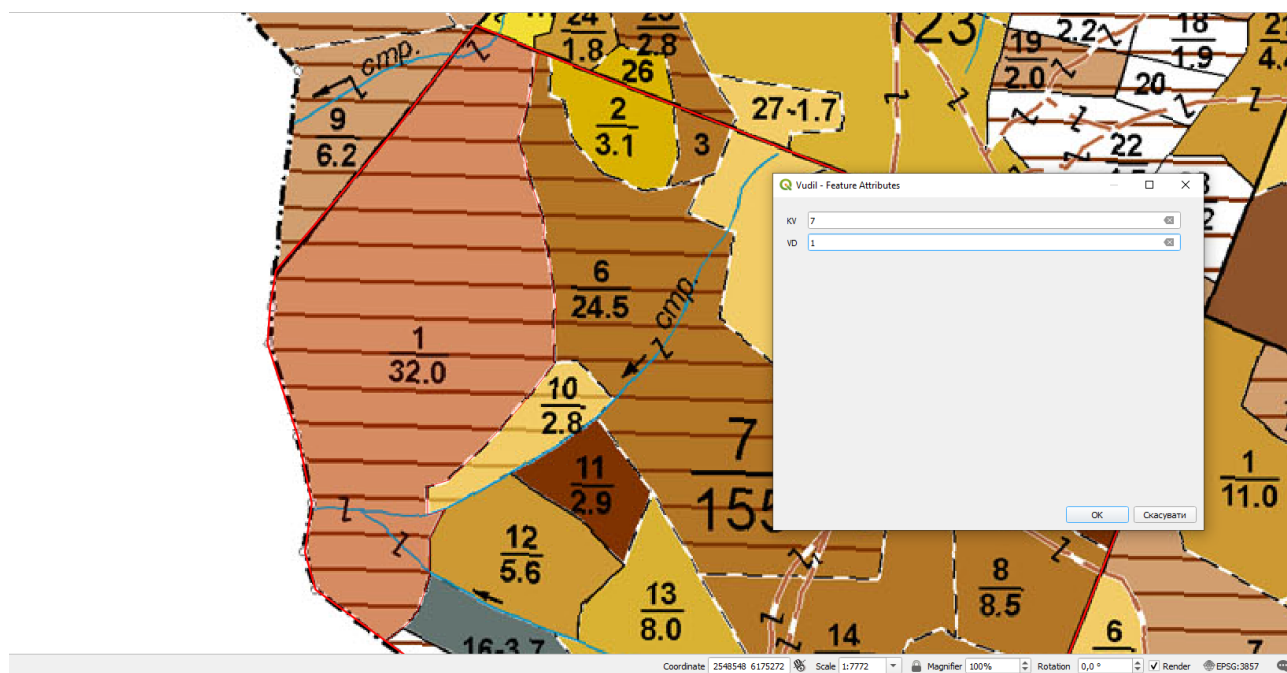


Рис 3. Оцифрування таксаційних виділів на плані лісових насаджень Загатського лісництва /
Fig. 3. Digitization of taxation allocations on the plan of forest plantations of Zahatske Forestry

ційної панелі, спадаючих списків тощо), тому користувач підбирає налаштування форми на власний розсуд. Варто зазначити, що форми для внесення повинні містити перелік стовпців згідно табл. 1 (рис. 4а), а приклад типової форми для внесення даних наведений на рис. 4б. Детально із особливостями створення форм у СКБД Access можна ознайомитися на офіційному сайті розробника.

Окрім згаданого вище способу, вносити дані також можна безпосередньо у середовищі QGIS або використовувати електронні таблиці MS Excel. Але, не зважаючи на обраний спосіб формування атрибутивних даних, найбільш важливим на цьому етапі є забезпечення реляційності таблиць з даними та атрибутами векторних шарів. Тому обов'язковою умовою є наявність у записах окремих таблиць даних щодо шифру лісгоспа (*CodeLG*), номера лісництва (*CodLIS*), номера кварталу (*KV*) та виділу (*VD*). Це дозволить розраховувати первинні ключі, а також з'єднувати таблиці між собою у СКБД.

На заключному етапі виконується приєднання таблиць з атрибутивними даними до векторних шарів. На цьому етапі здійснюється розрахунок первинних ключів у окремо створеному полі (*CodeID*) за допомогою інструменту «Open field calculator». Для цього у відповідному полі «Open field calculator» (рис. 5а) вводиться формула, де змінні величини відповідають окремим полям таблиці. Первинні ключі розраховуються як для векторних шарів, так і для таблиць з атрибутивними даними. Наступним кроком є приєднання таблиці з векторним шаром за допомогою

інструменту «Manage joins to other layers» з використанням спільного поля *CodeID* (рис. 5б).

Перевірка функціональності. Після виконання всіх операцій зі створення ГІС, слідує перевірка її функціональності. Для прикладу, на основі отриманих даних нами створено тематичні карти щодо розподілу земель лісового фонду за переважаючими деревними видами (рис. 6а), типами лісу (рис. 6б) та за ступенями стійкості ґрунтів (рис. 6с).

Як бачимо, використовуючи створену геоінформаційну систему земель лісового фонду, створено різні за змістом тематичні карти лісів досліджуваного лісництва, які в сукупності є більш інформативними та практичними в порівнянні з планами лісонасаджень (вихідними даними). Для прикладу, ліси з переважанням у складі різних деревних видів, на планах лісонасаджень об'єднані в одну категорію (дуб скельний, дуб червоний, дуб звичайний) і відображаються одним кольором на карті, що на практиці може створювати певні труднощі, наприклад, при вивченні поширення видів деревних рослин. Використання створеної ГІС дозволяє не лише уникнути цієї проблеми, але й створювати нові картографічні матеріали.

Висновки. Пропонований алгоритм створення локальної геоінформаційної системи земель лісового фонду дає можливість отримувати повноцінну ГІС, яка має широкий перелік видів застосувань. Доступний набір просторових та атрибутивних даних, отриманий в ході створення ГІС дозволяє, насамперед, ефективно планувати та здійснювати наукові дослідження. Також даний інформаційний ресурс доцільно використовувати

Таблиця 1/ Table 1

Перелік атрибутів шару «Vydil» / List of attributes of the “Vydil” layer

№	Найменування	Назва поля	Тип даних у середовищі QGIS	Характеристика
1	CodeID	CodeID	Integer	Розрахований ідентифікатор (ключ) для окремого виділу
2	LG	LG	Integer	Створений шифр лісгосподарського підприємства (постійного лісокористувача)
3	NameLG	NameLG	Text	Назва постійного лісокористувача
4	LIS	LIS	Integer	Номер лісництва в структурі лісгоспу
5	NameLIS	NameLIS	Text	Назва лісництва
6	KV	KV	Integer	Номер кварталу
7	VD	VD	Integer	Номер виділу
8	Категорія земель	Cat_zem	Text	Назва категорії земель
9	Категорія лісів	Cat_lis	Text	Назва категорії земель
10	Площа	Area	Decimal number	Площа виділу, га
11	Розрахована площа	Real_area	Decimal number	Розрахована площа оцифрованого виділу, га
12	Склад деревостану	Sklad	Text	Перелік складових деревних видів у складі лісу з вказанням коефіцієнту їх часток
13	Ярус	Yarus	Integer	Порядковий номер ярусу
12	Елемент лісу (переважаюча порода)	Species	Text	Характеризує переважаючий деревний вид (породу) у складі деревостану
13	Вік	A	Integer	Середній вік переважаючої деревної породи (виду) в складі деревостану, років
14	Висота	H	Integer	Середня висота переважаючої деревної породи (виду) в складі деревостану, м
15	Діаметр	D	Integer	Середній діаметр переважаючої деревної породи (виду) в складі деревостану, см
16	Група віку	Class_age	Text	Категорія групи віку (молодняки, середньовікові)
17	Клас бонітету	Bonitet	Text	Клас бонітету
18	Тип лісу	Type_lis	Text	Індекс типу лісу
19	Відносна повнота	P	Decimal number	Числове значення від 0,0 до 1,0
20	Запас на 1 га	M	Decimal number	Кількість деревини на 1 га ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$)
21	Запас на виділі	M _{vyd}	Decimal number	Кількість деревини на всій площі виділу ($\text{тис.м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$)
22	% ділових стовбурів	TS	Integer	Частка стовбурів дерев, які за технічними характеристиками віднесені до ділових, %
23	Господарський захід	Gosp_zahid	Text	Найменування запроектованого на ревізійний період господарського заходу

Основна таблиця з атрибутами

Ім'я поля	Тип даних
CodeID	Велике число
LG	Число
NameLG	Довгий текст
LIS	Число
NameLIS	Короткий текст
KV	Число
VD	Число
Категорія земель	Короткий текст
Категорія лісів	Короткий текст
Площа	Короткий текст
Склад деревостану	Короткий текст
Ярус	Короткий текст
Елемент лісу (переважаюча г	Короткий текст
A	Число
H	Число
D	Число
Група віку	Короткий текст
Клас бонітету	Короткий текст
Тип лісу	Короткий текст
Відносна повнота	Короткий текст
Запас на 1 га	Число
Запас на виділі	Короткий текст

a)

Основна таблиця з атрибутами

CodeID	0	H	11
LG	1	D	12
NameLG	Довжанське ЛМГ	Група віку	Молодняки 2-го класу
LIS	1	Клас бонітету	Молодняки 1-го класу
NameLIS	Загальське	Тип лісу	Молодняки 2-го класу
KV	7	Відносна повнота	Середньовікові
VD	1	Запас на 1 га	Пристиглі
Категорія земель	Лісові культури лісовідновлювані	Запас на виділі	Перестійні
Категорія лісів	Експлуатаційні	% ділових стовбурів	3,52
Площа	32,0	Склад деревостану	4Дск1Дчр1Кш12Я1Бкл1Ак
Ярус	1	Господарський захід	
Елемент лісу	Дск		
A	24		

b)

Рис. 4. Видгляд структури даних основної таблиці (a) та типової форми для введення даних (b) в MS Access / Fig. 4. View of the data structure of the main table (a) and a typical form for data entry (b) in MS Access

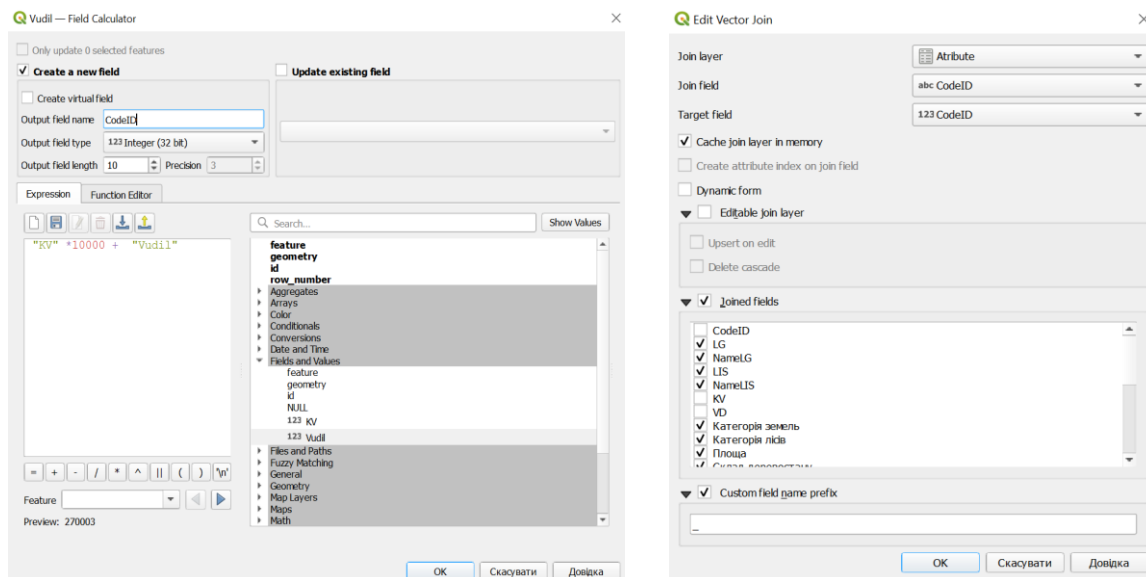


Рис. 5. Кінцеві операції зі створення ГІС: а – розрахунок первинного ключа; б – приєднання таблиці з атрибутами до векторного шару / Fig. 5. Final operations for creating a GIS: a – calculation of the primary key; b – joining a table with attributes to a vector layer

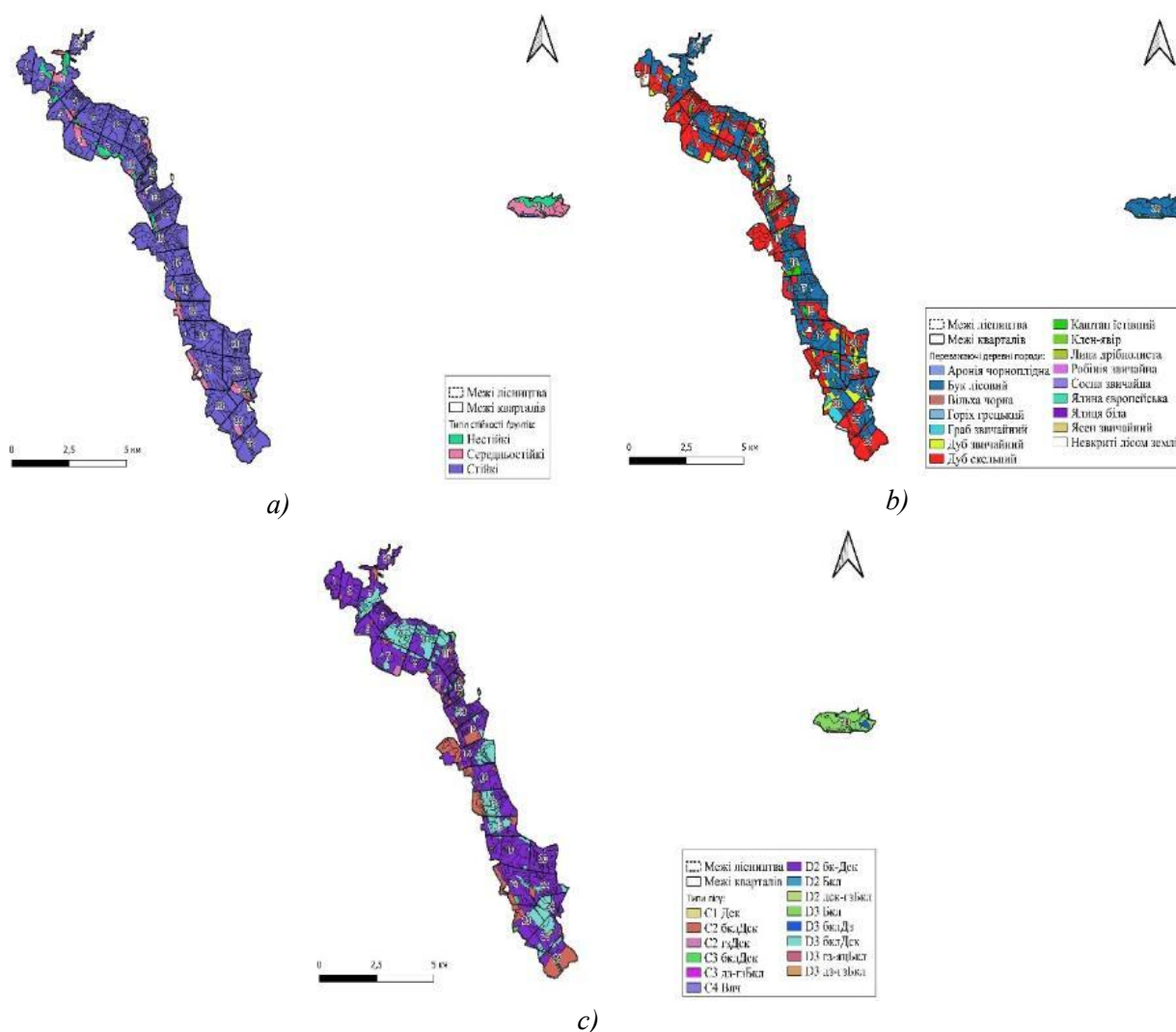


Рис. 6. Розподіл території Загаського лісництва за стійкістю ґрунтів (а), переважаючими породами (деревними видами) (б) та типами лісу (с) / Fig. 6. Distribution of the Zahatske Forestry territory by soil stability (a), predominant species (tree species) (b) and forest types (c)

при здійсненні громадського контролю щодо ведення лісового господарства, а постійному лісокористувачу – полегшує роботу з проектування і виконання лісгосподарських заходів. Можливим недоліком представленого алгоритму є відсутність автоматизації процесів оцифрування планів лісонасаджень.

Отже, на основі доступних даних із використанням відкритого і відносно дешевого програмного забезпечення є можливість створювати досить цінну в науковому та виробничому аспектах геоінформаційну систему, а запропонований нами алгоритм створення є нескладний у реалізації та доступний усім зацікавленим сторонам.

Список використаних джерел

1. Frigerio, I., Ventura, S., Strigaro, D., Mattavelli, M., De Amicis, M., Mugnano, S., & Boffi, M. (2016). A GIS-based approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy. *Applied Geography*, 74, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.014>
2. Halder, B., Karimi, A., Mohammad, P., Bandyopadhyay, J., Brown, R. D. & Yaseen, Z. M. (2022). Investigating the relationship between land alteration and the urban heat island of Seville city using multi-temporal Landsat data. *Theoretical and Applied Climatology*. 150(1), 613–635. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04180-8>
3. Karabiniuk, M., Kalynych, I., Leta, V., Mykita, M. & Melnychuk, V. (2022). Geological conditions of development and landscape differentiation of modern geological and geomorphological processes in the highlands of the Chornohora massif (Ukrainian Carpathians), *Geodynamics*. Vol. 1(32), 64–79. doi: <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.064>
4. Wang, Y., Zhang, Y., Yang, G., Cheng, X., Wang, J., & Xu, B. (2022). Knowledge Mapping Analysis of the Study of Rural Landscape Ecosystem Services. *Buildings*, 12(10), 1517. <https://doi.org/10.3390/buildings12101517>
5. Коржов, В., & Часковський, О. (2018). Методологічні аспекти створення геоінформаційної системи лісових автодоріг. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, (14), 259–264. <https://doi.org/10.15421/411635>
6. Gabriele, G. & Ingrid, V. (2018). GIS Instruments in Support of the Forestry Activities: A Case Study. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 8(6), 388–395. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2018.06.006>
7. Gregory, B. & Pat, R. (2009). Public Participation GIS: A New Method for Use in National Forest Planning. *Forest Science*, Vol. 55 (2), 166–182. <https://doi.org/10.1093/forestscience/55.2.166>
8. SH, S. (2015). Application of Geographic Information System (GIS) in Forest Management. *Journal of Geography & Natural Disasters*, 05(03), 145. doi: <https://doi.org/10.4172/2167-0587.1000145>
9. Latterini, F., Stefanoni, W., Venanzi, R., Tocci, D., & Picchio, R. (2022). GIS-AHP Approach in Forest Logging Planning to Apply Sustainable Forest Operations. *Forests*, 13(3), 484. <https://doi.org/10.3390/f13030484>
10. Hostiuk, Z. V., Buriannyk, O. O., & Karabiniuk, M. M. (2022). Landscape Principles of Optimization of Functional Zoning of «Hutsulshchyna» National Nature Park. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 31(3), 450–459. <https://doi.org/10.15421/112241>
11. Viztra, G. V., Frei, K., Hábcenyus, A. A., Soóky, A., Batori, Z., Laborczy, A., Csikós, N., Szatmári, G., & Szilassi, P. (2023). Applicability of Point- and Polygon-Based Vegetation Monitoring Data to Identify Soil, Hydrological and Climatic Driving Forces of Biological Invasions—A Case Study of *Ailanthus altissima*, *Elaeagnus angustifolia* and *Robinia pseudoacacia*. *Plants*, 12(4), 855. <https://doi.org/10.3390/plants12040855>
12. Melnyk, A., Grodzynskyi, M., Obodovskiy, O., Kostiv, L., Karabiniuk, M., & Prytula, R. (2019). Altitudinal differentiation of snow cover in the north-eastern sector of Chornohora massive in Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the international conference of computational methods in sciences and engineering 2019 (ICCMSE-2019)*. AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/1.5138049>
13. Leta, V. V., Karabiniuk, M. M., Mykita, M. M., & Kachailo, M. M. (2023). Use of geoinformation technologies in distance learning of future specialists in geography. *Information Technologies and Learning Tools*, 95(3), 112–123. <https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5104>
14. Zápotocký, M. & Koreň, M. (2022). Multipurpose GIS Portal for Forest Management, Research, and Education., *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7):405. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070405>
15. Часковський, О., Андрейчук, Ю. & Ямелинець, Т. (2021). Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS. *Простір-М*.
16. Білецький, Б. О., Литвинов, В. А., Беспалов, В. П., Майстренко, С. Ю., Загребя, Т. О. & Хуртислава, К. В. (2013). Практичне застосування ГІС-технологій для планово-картографічного супроводження лісовпорядкування (на прикладі «ГІС – лісprojekt»). *Математичні машини і системи*, 3, 76–86.
17. Білецький, Б.О. & Беспалов, В.П. (2009). Деякі аспекти використання засобів ГІС для автоматизації процесу оброблення картографічної інформації лісовпорядкування. *Системи підтримки прийняття рішень. Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика*, Київ, 90 –93.
18. Майстренко, І. Я. (2015). Система «ГІС-лісprojekt» як прототип геоінформаційної складової кадастрової системи. *Математичні машини і системи*, 3, 93–99.
19. Aleksiiuk, I., Hrynyk, H., Dyak, T., Hrynyk, O. & Zadorozhnyy, A. (2023). SmallForest mobile app: availability, functionality and use. *Sylwan*, 167(6), 384–396, DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2023038>
20. Геопортал “Ліси України”. (2024). <https://forestry.org.ua/>
21. Державне підприємство «Лісгосподарський інформаційно-аналітичний центр» (ЛІАЦ) (2024). <https://www.ukrforest.com/>

22. Міністерство освіти і науки України (2024). Затверджені стандарти вищої освіти. Міністерство освіти і науки України. <https://mon.gov.ua/osvita-2/vishcha-osvita-ta-osvita-doroslikh/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-nauki-ukraini/zatverdzeni-standarti-vishchoi-osviti>
23. Зацерковний, В. І., Бурачек, В. Г., Железняк, О. О. & Терещенко, А. О. (2014). Геоінформаційні системи і бази даних. НДУ ім. М. Гоголя, 1, 492.
24. Awange, J. L., & Kyalo Kiema, J. B. (2013). *Environmental Geoinformatics*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34085-7>
25. *Geographic Information Systems - Data Science Approach*. IntechOpen. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.111053>
26. Karimi, H.A. (2009). *Handbook of Research on Geoinformatics*. Pittsburgh, USA: Information Science Reference
27. Державне агентство лісових ресурсів України (2024). Публічна інформація. <https://forest.gov.ua/agentstvo-publiczna-informaciia>
28. QGIS Documentations. QGIS User Guide. (2024). https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/index.html
29. Mihaly, A., V. Roman. 2024. Application of a spatial dataset for monitoring invasive woody plant species in the forests of Transcarpathia, Ukraine. *GEO&BIO*, 26: 135–144.
30. Про затвердження Порядку здійснення лісовпорядкування, Постанова Кабінету Міністрів України № 112 (2023) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/112-2023-n#Text>

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Конфлікт інтересів: автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Local geographic information system of forestry lands: methodological features of creation, practical aspects and prospects of use

Vasyl Roman¹

Lecturer of the Department of Forestry,

¹ Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine;

Mykola Karabiniuk¹

PhD of Geographical Science

Associate Professor of the Department of Physical Geography and Efficient Environmental Management;

Andriy Mihaly¹

PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Forestry;

Anastasia Kichura¹

PhD (Agricultural), Associate Professor of the Department of Forestry;

Svitlana Chepur¹

PhD (Agricultural), Associate Professor of the Department of Forestry

ABSTRACT

Stating the Subject of the Study. The development of geoinformation systems as one of the elements of sustainable development in nature management, in particular when using forest resources, is especially relevant today. This is due to the fact that forests are the most balanced ecosystems that perform various beneficial functions for humans, and are one of the main sources of renewable energy. The introduction of GIS in nature management, especially in the field of forestry, allows to achieve key goals of sustainable development, and crucial is the development of methods for improving existing or creating new GIS is crucial. The use of modern geoinformation systems of different classes will allow to solve a number of important issues of operation and conservation of natural resources, in particular - land and forest.

The study aims. The aim of the article is to develop an algorithm for the creation of a functional geoinformation system on the example of forest funds on the basis of quality processing of source cartographic materials and structuring (consolidation) of attributive data

Methodology and materials. In the study are used generally recognized methods and approaches generally used in geoinformatics and data sciences. Initial data for the creation of GIS are the plans of forestry and taxation descriptions of forestry that were processed with the most famous software products: QGIS, MS Excel, MS Access, AdobePhotoshop.

Study results. The study describes the algorithm for the creation of GIS lands of the forest fund, which consists of the following basic stages: obtaining initial data, digitalization and spatial attachment of cartographic materials, formation of tables with attributive data, combining spatial data with attributes, checking the functionality of the created GIS. The article pays significant attention to the features of attributive data formation and ways of their subsequent use in combination with vector layers. The algorithm presented makes it possible to create a full-fledged GIS of the forest fund, the functionality of which allows to perform various tasks for the use of forest resources, in particular when planning and organizing forestry, as well as providing support for scientific research.

Scientific novelty and practical significance. Representation of effective methodology and methodological approaches to the creation of functional local geoinformation systems that take into account the specifics of forest land is carried out for the first time. The proposed algorithm for the creation of a local geoinformation system of forest funds makes it possible to receive a complete GIS, which has a wide list of types of applications: from planning and organization of economic activity to use in the educational and scientific fields.

Keywords: geographic information system; forests; geospatial data, database, digitization.

References

1. Frigerio, I., Ventura, S., Strigaro, D., Mattavelli, M., De Amicis, M., Mugnano, S., & Boffi, M. (2016). A GIS-based approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy. *Applied Geography*, 74, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.014>
2. Halder, B., Karimi, A., Mohammad, P., Bandyopadhyay, J., Brown, R. D. & Yaseen, Z. M. (2022). Investigating the relationship between land alteration and the urban heat island of Seville city using multi-temporal Landsat data. *Theoretical and Applied Climatology*. 150(1), 613–635. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04180-8>
3. Karabiniuk, M., Kalynych, I., Leta, V., Mykyta, M. & Melnychuk, V. (2022). Geological conditions of development and landscape differentiation of modern geological and geomorphological processes in the highlands of the Chornohora massif (Ukrainian Carpathians), *Geodynamics*. 1(32), 64–79. <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.064>
4. Wang, Y., Zhang, Y., Yang, G., Cheng, X., Wang, J., & Xu, B. (2022). Knowledge Mapping Analysis of the Study of Rural Landscape Ecosystem Services. *Buildings*, 12(10), 1517. <https://doi.org/10.3390/buildings12101517>
5. Korzhov, V., & Chaskovskyy, O. (2018). Methodological aspects of geoinformation system development for forest roads. *Scientific Works of the Forestry Acad. of Sciences of Ukraine*, (14), 259–264. <https://doi.org/10.15421/411635> [in Ukrainian]
6. Gabriele, G. & Ingrid, V. (2018). GIS Instruments in Support of the Forestry Activities: A Case Study. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 8(6), 388–395. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2018.06.006>
7. Gregory, B. & Pat, R. (2009). Public Participation GIS: A New Method for Use in National Forest Planning. *Forest Science*, 55 (2), 166–182. <https://doi.org/10.1093/forestscience/55.2.166>
8. SH, S. (2015). Application of Geographic Information System (GIS) in Forest Management. *Journal of Geography & Natural Disasters*, 05(03), 145. <https://doi.org/10.4172/2167-0587.1000145>
9. Latterini, F., Stefanoni, W., Venanzi, R., Tocci, D., & Picchio, R. (2022). GIS-AHP Approach in Forest Logging Planning to Apply Sustainable Forest Operations. *Forests*, 13(3), 484. <https://doi.org/10.3390/f13030484>
10. Hostiuk, Z. V., Buriyanyk, O. O., & Karabiniuk, M. M. (2022). Landscape Principles of Optimization of Functional Zoning of «Hutsulshchyna» National Nature Park. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 31(3), 450–459. <https://doi.org/10.15421/112241>
11. Viztra, G. V., Frei, K., Hábenczyus, A. A., Soóky, A., Bátori, Z., Laborczy, A., Csikós, N., Szatmári, G., & Szilassi, P. (2023). Applicability of Point- and Polygon-Based Vegetation Monitoring Data to Identify Soil, Hydrological and Climatic Driving Forces of Biological Invasions—A Case Study of *Ailanthus altissima*, *Elaeagnus angustifolia* and *Robinia pseudoacacia*. *Plants*, 12(4), 855. <https://doi.org/10.3390/plants12040855>
12. Melnyk, A., Grodzynskiy, M., Obodovskiy, O., Kostiv, L., Karabiniuk, M., & Prytula, R. (2019). Altitudinal differentiation of snow cover in the north-eastern sector of Chornohora massive in Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the international conference of computational methods in sciences and engineering 2019 (ICCMSE-2019)*(0). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/1.5138049>
13. Leta, V. V., Karabiniuk, M. M., Mykyta, M. M., & Kachailo, M. M. (2023). Use of geoinformation technologies in distance learning of future specialists in geography. *Information Technologies and Learning Tools*, 95(3), 112–123. <https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5104>
14. Zápotocký, M. & Koreň, M. (2022). Multipurpose GIS Portal for Forest Management, Research, and Education., *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7): 405. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070405>
15. Chaskovskiy, O., Andreichuk, Yu. & Yamelynets, T. (2021). Application of GIS in environmental protection on the example of the open source program QGIS. *Prostir-M*, 2021. [in Ukrainian]
16. Biletskyi, B. O., Lytyynov, V. A., Bespalov, V. P., Maistrenko, S. Ya., Zahreba, T. O. & Khurtsylava K. V. (2013). Practical application of GIS technologies for planning and mapping support of forest management (on the example of «GIS-lisproekt»). *Mathematical machines and systems*, 3, 76–86. [in Ukrainian]
17. Biletskyi, B.O. & Bespalov, V.P. (2009). Some aspects of using GIS tools to automate the process of processing cartographic information for forest management. *Biletskyi, on Scientific and practical conference with international participation. Decision support systems. Theory and practice*, Kyiv, 90–93. [in Ukrainian]
18. Maistrenko, S. Ya. (2015). The system “GIS-Lisproekt” as a prototype of geoinformation component of cadastral system. *Machines and mathematical systems*, 3, 93–99. [in Ukrainian]
19. Aleksiuk, I., Hrynyk, H., Dyak, T., Hrynyk, O. & Zadorozhnyy, A. (2023). SmallForest mobile app: availability, functionality and use. *Sylwan*, 167(6), 384–396. <https://doi.org/10.26202/sylwan.2023038>
20. Geoportal “Forests of Ukraine” (2024). <https://forestry.org.ua/> [in Ukrainian]
21. Derzhavne pidpriemstvo «State Enterprise “Forestry Information and Analytical Center”» (FIAC) (2024). <https://www.ukrforest.com/> [in Ukrainian]

22. Ministry of Education and Science of Ukraine (2024). Approved standards of higher education. Ministry of Education and Science of Ukraine. <https://mon.gov.ua/osvita-2/vishcha-osvita-ta-osvita-doroslikh/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-nauki-ukraini/zatverdzeni-standarti-vishchoi-osviti> [in Ukrainian]
23. Zatserkovnyi, V. I., Burachek, V. H., Zhelezniak, O. O. & Tereshchenko, A. O. (2014). Geographic information systems and databases. NDU im. M. Hoholia. [in Ukrainian]
24. Awange, J. L., & Kyalo Kiema, J. B. (2013). *Environmental Geoinformatics*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34085-7>
25. *Geographic Information Systems - Data Science Approach*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.111053>
26. Karimi, H.A. (2009). *Handbook of Research on Geoinformatics*. Pittsburgh, USA: Information Science Reference
27. State Agency of Forest Resources of Ukraine (2024). Public information. <https://forest.gov.ua/agentstvo/publicna-informaciia>
28. QGIS Documentations. QGIS User Guide (2024). https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/index.html
29. Mihaly, A., V. Roman. 2024. Application of a spatial dataset for monitoring invasive woody plant species in the forests of Transcarpathia, Ukraine. *GEO&BIO*, 26, 135–144. <https://doi.org/10.53452/gb2611> [in Ukrainian]
30. On Approval of the Procedure for Forest Management, Resolution of the CMU № 112 (2023) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/112-2023-n#Text> [in Ukrainian]

Authors Contribution: All authors have contributed equally to this work

Received 4 March 2025

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest

Accepted 10 April 2025