

**Ірина Олександрівна Удовенко¹, Лідія Іванівна Смоленська²,
Стефан Стефанович Молнар Д.³**

¹кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії і кадастру
Уманський національний університет (Умань, Україна)

E-mail: irinaudovenko8@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5971-8365>

²сарпший викладач кафедри геодезії, землеустрою та земельного кадастру
Одеський державний аграрний університет (Одеса, Україна)

E-mail: 3761077@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5002-8405>

³доктор філософії, доцент кафедри географії та туризму

Закарпатський угорський університет ім. Ференца Ракоці II (Закарпаття, Україна)

E-mail: molnar.d.istvan@kmf.org.ua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2959-9136>

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОННОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПОТРЕБ КАДАСТРУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД: ТЕХНОЛОГІЧНІ БАР'ЄРИ ТА СУСПІЛЬНІ ІМПЕРАТИВИ

У статті досліджено впровадження електронної геодезичної мережі нового покоління як базової інфраструктури для ведення кадастру територіальних громад у контексті децентралізації та цифрової трансформації просторового управління. Розглянуто технічні, організаційні та соціальні аспекти створення й функціонування таких мереж, заснованих на використанні постійних референцих станцій Глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS). Проаналізовано сучасний стан розвитку геодезичної мережі України, її нормативно-правові засади та досвід інтеграції до європейського геопросторового простору. Визначено технічні виклики впровадження ЕГМ, які пов'язані з інфраструктурним забезпеченням (геологічно стійке розташування, безперерйне електропостачання та наявність високошвидкісного інтернету для передачі GNSS у реальному часі), трансформацією координатних систем (національний трансформаційний модуль, єдиний центр обробки спостережень), автоматизованим контролем якості даних і кадровою підготовкою фахівців. Побудова електронної геодезичної мережі вимагає значних інвестицій. Зазначено, що впровадження електронної геодезичної мережі забезпечує підвищення точності координат кадастрових даних, скорочення часу їх оновлення, зменшення кількості земельних спорів та створення умов для інтеграції кадастрових і містобудівних систем. Особливу увагу приділено соціальним ефектам як зростанню прозорості управління земельними ресурсами, підвищенню довіри громадян до органів місцевого самоврядування, розвитку цифрових сервісів і залученню інвестицій. На основі аналізу вітчизняного та закордонного досвіду запропоновано модель міжгромадської співпраці щодо створення регіональних мереж GNSS та рекомендації щодо формування єдиної національної платформи моніторингу геодезичних даних. Доведено, що електронна геодезична мережа нового покоління є не лише технологічним інструментом кадастрового забезпечення, а й чинником розвитку відкритого управління, сталого просторового планування та цифрової демократії в Україні.

Ключові слова: електронна геодезична мережа; GNSS; кадастр територіальних громад; геоінформаційні системи; просторове управління; цифровізація; координатне забезпечення; децентралізація; геопросторові дані; технічні виклики; соціальні очікування.

Рис.: 1. Бібл.: 16.

Актуальність теми дослідження. Реформа місцевого самоврядування висунула нові вимоги до управління земельними ресурсами, зокрема – до точності просторових даних, відкритості кадастрових процесів та оперативного доступу до геоінформаційних ресурсів. Традиційна геодезична інфраструктура, що базується на наземних пунктах і статичних координатних системах потребує постійного удосконалення. Розвиток супутникових технологій, мереж GNSS відкрило можливості для створення електронної геодезичної мережі нового покоління – динамічної, інтегрованої, гнучкої системи, яка забезпечує точність визначення координат у реальному часі. Для територіальних громад така інфраструктура є не лише технічним ресурсом, а й соціальною інновацією. Вона сприяє підвищенню прозорості управління земельними ресурсами, зменшенню кількості земельних спорів, покращенню просторового планування та залученню інвестицій.

Постановка проблеми. Створення та підтримка актуальних кадастрових даних є однією з важливих проблем для сучасного етапу децентралізації та розвитку територіальних громад України, вирішення якої потребує формування електронної геодезичної мережі нового покоління. Впровадження мережі дозволить ведення кадастру територіальних громад

на новому інноваційному рівні, але і стане важливим кроком у подоланні наявних проблем і забезпеченні вирішення соціальних і економічних завдань розвитку територій, підвищенні прозорості управління земельними ресурсами та ефективності інвестицій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розбудови електронних геодезичних мереж та їх впровадження в кадастр територіальних громад є предметом активного розгляду в сучасній науці, як на національному, так і на міжнародному рівнях. У праці Ю. Карпінського та співавторів [1] підкреслено важливість роботи з геопросторовими даними громад як основи для сталого розвитку територій. Автори наголошують на необхідності уніфікації підходів до збору, оброблення та використання таких даних у межах національної інфраструктури геопросторової інформації. Це зумовлено тим, що використання геопросторових даних та географічної інформаційної системи (ГІС) дозволяє мінімізувати дублювання робіт із замовлення, виробництва та зберігання даних на одній ту саму територію. Крім того, ці технології забезпечують оперативне прийняття рішень під час критичних ситуацій, аварій чи небезпек. ГІС допомагають аналізувати ресурси економічного розвитку громади та виявляти пасивні об'єкти. Вони також дають змогу прогнозувати вплив різноманітних рішень (наприклад, щодо розміщення нових промислових, інфраструктурних чи транспортних об'єктів) на довкілля та інфраструктуру. Важливим аспектом є можливість залучення інвесторів через формування привабливих інвестиційних пропозицій та реалізацію проєктів. Нарешті, використання геопросторових даних сприяє задоволенню потреб громадян в управлінні обмеженими ресурсами громади, а їх оприлюднення є ключовим для залучення громадськості до процесів планування, ухвалення рішень та створення нових корисних сервісів.

Дослідження П. Сухого, І. Тревого, Х. Бурштинської та ін. [2] акцентує увагу на новаціях у геодезично-картографічній та кадастровій діяльності, зокрема на цифровізації процесів і підвищенні ролі сучасних інформаційних технологій у підготовці фахівців. Ці зміни формують нові вимоги до технічного забезпечення електронних геодезичних мереж. При цьому розбудова Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) є невідкладною дією для задоволення зростаючих потреб суспільства в географічній інформації та підвищення ефективності застосування геопросторових даних і технологій ГІС задля сталого розвитку.

У монографії «Сучасні технології моніторингу довкілля: на прикладі Київської агломерації» колектив авторів [3] розглядає застосування сучасних технологій моніторингу довкілля, що ґрунтується на даних геодезичних вимірювань і супутникового спостереження. Цей підхід може бути ефективно використаний у кадастрових роботах громад. У статті М. Пілічевої та Т. Анопрієнко [4] виявлено тенденцію до інтеграції систем геодезії, землеустрою та містобудування через єдину геоінформаційну платформу. Науковці наголошують, що ключовими викликами залишаються питання сумісності даних та стандартизації технічних процедур. Водночас зміни в містобудівній діяльності мають значний вплив на процеси землеустрою та ведення Державного земельного кадастру. У тексті визначено, що розвиток та впровадження інформаційних технологій істотно покращує якість надання послуг у сферах геодезії, землеустрою, кадастру та містобудування.

Іноземні дослідження, зокрема роботи К. Косур-Бера та І. Grzelka [5] і А. Doskocz [6], демонструють досвід Польщі щодо модернізації кадастрових систем і національних геодезичних ресурсів. Їхні результати вказують на доцільність поетапного переходу до електронних мереж нового покоління, орієнтованих на відкритість і безперервне оновлення даних. Серед вітчизняних напрацювань варто відзначити наукову публікацію [7], де описано способи створення електронних карт квартальної мережі підприємств лісової галузі із використанням супутникових технологій, що підвищують точність геодезичних робіт.

Створення електронної карти квартальної мережі лісгосподарського підприємства є послідовним процесом, що включає ряд робіт: підготовка проектних точок, польова зйомка геодезичними пристроями, обробка та узгодження даних зйомки, побудова квартальної мережі на основі зібраної інформації та, нарешті, передавання готових даних лісовпорядним підприємствам.

У роботі «Глобальні навігаційні супутникові системи та їх роль у технологіях точного землеробства» О. Холодюка детально розглянуто два основних оператори навігаційних супутникових систем — NAVSTAR GPS і GLONASS, виділено їхні основні відмінності, як-от: характер розташування, рух супутників на орбітах та їх загальна кількість, методи кодування сигналу CDMA і FDMA, використання різних систем координат WGS-84 і ПЗ-90.11. Звернув увагу дослідник і на точність позиціонування машинних агрегатів для реалізації технологій точного землеробства, яка покращується (від 2 до 20 см) завдяки диференційній корекції сигналів за допомогою безкоштовних та комерційних широкозонних підсистем супутникової навігації [8].

У сфері екологічної безпеки Г. Фінін і Р. Шевченко [9] наголошують на ролі картогеоінформаційного забезпечення для ефективного управління територіями, що безпосередньо пов'язане з точністю та актуальністю геодезичних даних. Розроблені структурно-параметричні модулі збирають і систематизують усю екологічну інформацію за весь період спостережень (панхронологічна) з просторовою прив'язкою (координатною на території). Модулі містять геоінформаційні дані (атрибутивну геоінформацію), що інтегрально відображають результати моніторингу впливу небезпечних техногенних чинників на довкілля, представляючи їх у найбільш придатному для аналізу форматі, – цифровій мапі екологічної безпеки спеціального призначення. У свою чергу А. Ачкасов та ін. [10] досліджують функціонування геопорталів територіальних громад, підкреслюючи, що післявоєнне відновлення територій України потребує впровадження інтегрованих електронних систем обліку земельних ресурсів. Детальний аналіз питань цифрової трансформації кадастрових систем та впровадження геоінформаційних сервісів у місцевому управлінні представлено у наукових працях О. Ступень, Н. Прокопенко, С. Шевчука [11], Л. Горбата [12].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проте питання впровадження електронної геодезичної мережі саме на рівні територіальних громад досліджено недостатньо, особливо у контексті соціальної складової. Впровадження електронної геодезичної мережі нового покоління (ЕГМ), побудованої на технологіях Глобальних Навігаційних Супутникових Систем (GNSS), є необхідною передумовою для переходу до безперервного, високоточного та єдиного координатного забезпечення. Таким чином, дослідження, спрямоване на аналіз технічних, організаційних та соціальних аспектів цього впровадження, і є актуальним для успішної реалізації цифрової трансформації на рівні територіальних громад.

Мета статті. Мета дослідження полягає у комплексному аналізі та науковому обґрунтуванні стратегії впровадження електронної геодезичної мережі нового покоління як базової інфраструктури для ведення кадастру територіальних громад, з фокусом на подоланні технічних викликів та гармонізації соціальних очікувань зацікавлених сторін.

Виклад основного матеріалу. Розвиток геодезичних мереж нового покоління є світовою тенденцією, що спирається на використання технологій глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) – GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou. Застосування постійних референцних станцій дозволяє отримувати координати з точністю до кількох сантиметрів у режимі реального часу (RTK, NTRIP). Це створює основу для побудови єдиної геодезичної та кадастрової інфраструктури. У країнах Європейського Союзу функціонують національні системи референцних станцій, інтегровані у просторову інфраструктуру

INSPIRE (Nfrastructure for SPatial InfoRmation). Вони забезпечують сумісність геопросторових даних між країнами, підтримуючи процеси просторового планування, моніторингу земель і кадастрового адміністрування. Наприклад у Республіці Польща національний «Закон про інфраструктуру просторової інформації» 2010 р. визначив правила адміністрування інфраструктури даних – створення національного геопорталу (Geoportals.gov.pl); призначення відповідальних відомств за різні тематичні шари; запровадження профілів метаданих. Все це суттєво вплинуло на цифровізацію містобудування країни, а саме публікацію планів у зручних онлайн-системах з інтеграцією кадастру, ландшафтних та екологічних даних, використання просторового планування у програмах розвитку (Загальні плани розвитку, Програма просторового розвитку країни 2030) та екологічних директивах (ОВНС, стратегічна екологічна оцінка) [5].

В Україні правову основу створення сучасної геодезичної мережі визначає Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» № 554-IX (2020 р.), який закладає принципи інтеграції даних, відкритого доступу до них та їхньої взаємодії на рівні держави й територіальних громад. Серед важливих нормативних документів можна відзначити Постанову КМУ від 26 травня 2021 р. № 532 «Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних», Стратегію розвитку земельних відносин 2030, у якій передбачено створення цифрового кадастру та ряд інших документів, що регламентують питання створення та функціонування єдиного державного координатного простору, а також встановлюють підвищені вимоги до точності геопросторових даних, які можуть бути забезпечені виключно через впровадження та постійне використання Електронної геодезичної мережі нового покоління, заснованої на глобальних супутникових системах (GNSS).

Відзначимо, що електронну геодезичну мережу нового покоління (ЕГМ) розглядають як високоточну, геоцентричну та динамічну просторову інфраструктуру, засновану на постійних мережах референціальних станцій Глобальних Навігаційних Супутникових Систем (GNSS). Вона призначена для оперативного і безперервного забезпечення користувачів (геодезистів, інженерів землевпорядників, ГІС-фахівців) уніфікованими координатними даними з максимальною точністю (сантиметровий і міліметровий діапазон), використовуючи єдину світову систему відліку, як-от WGS 84 (або її високоточні національні реалізації). Так, починаючи з 1 жовтня 2021 року, Науково-дослідний інститут геодезії та картографії (НДІГК) через свій Центр аналізу GNSS-даних постійно обробляє спостереження з мережі GNSS-станцій, розташованих в Україні й суміжних країнах. До опрацювання залучено станції НДІГК, МАО, System.NET, ZAKPOS, GEOTERRACE, RTKHUB, MOLDPOS, та станції мережі IGS. У результаті опрацювання визначаються з високою точністю координати GNSS-станцій у системах координат: ITRF2020, ETRF2014, UСК2000. Необхідні для цього параметри трансформації та їхні зміни беруться з офіційних даних Європейської перманентної мережі. Створена система геодезичного моніторингу GNSS-мереж виконує низку ключових завдань: автоматизоване математичне опрацювання GNSS-спостережень, включаючи формування, архівування, аналіз, візуалізацію та публікацію кінцевих результатів через вебзасоби; підтримка постійного зв'язку Державної геодезичної референційної системи координат UСК-2000 з міжнародними загальноземними системами координат; забезпечення суб'єктів топографо-геодезичної та картографічної діяльності цілісними й актуальними даними щодо Універсальної просторової мережі (УПМ) GNSS; сприяння реалізації та моніторингу UСК-2000 через геодезичні GNSS-мережі, а також поєднання результатів їхніх спостере-

жень. Результати моніторингу доступні на ресурсі geo-monitor.upn.net.ua [14]. Для управління Ukrainian Permanent GNSS Network (UPN GNSS) використовується Програмне забезпечення NRCan's CSRS-PPP. Крім того, CSRS-PPP також доступний у модулі опрацювання в системі візуалізації геодезичного моніторингу стабільності ГНСС станцій. На сьогодні в Україні діють 786 ГНСС станцій.

Управління ресурсами територіальних громад відбувається згідно комплексним планом просторового розвитку територій громад – законодавчо визначеного нового виду містобудівної документації. Це сучасна містобудівна документація, яка передбачає створення цифрових наборів геопросторових даних, які об'єднують відомості про поточний стан та перспективи розвитку території громади. Геопросторові дані обов'язково включають актуалізовану цифрову топооснову. Зареєстровані в системах містобудівного кадастру, ці набори даних стають базою для ефективного управління стійким розвитком територіальних громад і держави в цілому [10]. У дослідженні А. Третяка, В. Третяк, Ю. Лобунько з'ясовано, що основними інформаційними проблемами щодо розроблення комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад є відсутність актуальних планово-картографічних матеріалів, відомостей державного земельного кадастру про всі земельні ділянки та права на них, що наявні на території, їх правовий режим та обмеження і обтяження у використанні земель [13]. Застосування електронної геодезичної мережі (ЕГМ) забезпечить високоточну координатно-часову підтримку для таких сфер, як кадастр, агровиробництво та територіальне планування, що дозволить істотно покращити показники точності, швидкості обробки та достовірності геодезичних даних та стане фундаментальною передумовою для раціонального управління земельними ресурсами [11].

Впровадження ЕГМ для ведення кадастру територіальних громад стикається з низкою технічних умов, які можна умовно поділити на інфраструктурні, технологічні, організаційні та кадрові. Фундаментом будь-якої сучасної геодезичної системи є мережа постійно діючих референцних станцій. Її стабільне функціонування вимагає забезпечення необхідних інфраструктурних умов, до яких можна віднести: розміщення станцій на геологічно стійких ділянках з гарантованою відсутністю локальних деформацій; наявність безперебійного електропостачання та резервних джерел живлення; забезпечення високошвидкісного інтернет-з'єднання для передачі сигналів GNSS у режимі реального часу. В українських умовах додатковою складністю є нерівномірне покриття території мобільними мережами та часті перебої в електропостачанні, особливо у сільській місцевості [14].

Одним із головних завдань є інтеграція електронної геодезичної мережі з наявними кадастровими та ГІС-системами. Багато територіальних громад мають різні формати зберігання геопросторових даних, що ускладнює уніфікацію координатних систем. Існують також проблеми сумісності між старими геодезичними пунктами, створеними ще у 1980–1990-х роках, і сучасними GNSS-системами, які працюють у координатній системі WGS-84. Для вирішення цих питань потрібна розробка національного трансформаційного модуля між системами координат (СК-63, УСК-2000, WGS-84) та створення єдиного центру обробки спостережень. Важливо також забезпечити автоматизований контроль якості даних, щоб уникати накопичення похибок у кадастрових базах. Виконання всіх завдань забезпечить виконання технологічних вимог.

Побудова електронної геодезичної мережі вимагає значних інвестицій: придбання станцій GNSS, серверного обладнання, програмного забезпечення, навчання персоналу. Для більшості територіальних громад України це завдання є фінансово обтяжливим, тому постає потреба у спільних регіональних програмах – наприклад, створення міжгромадських мереж спільного використання станцій. На рівні держави доцільно формувати єдину платформу підтримки GNSS-інфраструктури, куди громади могли б інтегрувати

власні локальні станції, отримуючи сервіс RTK через єдиний шлюз. Така модель застосовується у країнах Балтії та Польщі, де підтримку мереж здійснюють національні геодезичні служби, а впровадження мереж референсних станцій багаторазово підвищує швидкість визначення просторових координат (до десятків разів) та забезпечує економію коштів до 2,5 раза [15].

Впровадження електронної геодезичної мережі має не лише технологічний, а й соціальний вимір, оскільки безпосередньо впливає на якість життя громади, прозорість управління землею та рівень довіри до влади. Завдяки даним з електронної геодезичної мережі громади отримують можливість швидко оновлювати кадастрову інформацію, уточнювати межі, планувати використання земельних ресурсів відповідно до генеральних планів та комплексних планів просторового розвитку території ТГ. Все це знаходить відображення у вигляді геопорталу, єдиного вебресурсу, що забезпечує доступ до гео-даних, метаданих та інших ресурсів з географічною прив'язкою та їх відображення. Головна умова функціонування, якого є сумісність і подальша публікація просторових даних у системі Національної інфраструктури геопросторових даних [10].

Підвищення точності координат дозволяє уникати накладок ділянок і помилок у топографічних основах, що є частою проблемою для сільських громад. Доступність точних геопросторових даних через геопортали створює умови для інвестиційного розвитку територій. Інвестори отримують змогу швидше аналізувати земельні ресурси, транспортну доступність, обмеження використання територій. Зокрема, геопортал містобудівного кадастру м. Миколаїв (створений за підтримки Данії) містить модуль «Руйнування та відновлення», який ефективно функціонує завдяки прив'язці кожного об'єкта до єдиної, високоточної геодезичної системи [16]. Проєкт подібної системи наведено на рис. 1.

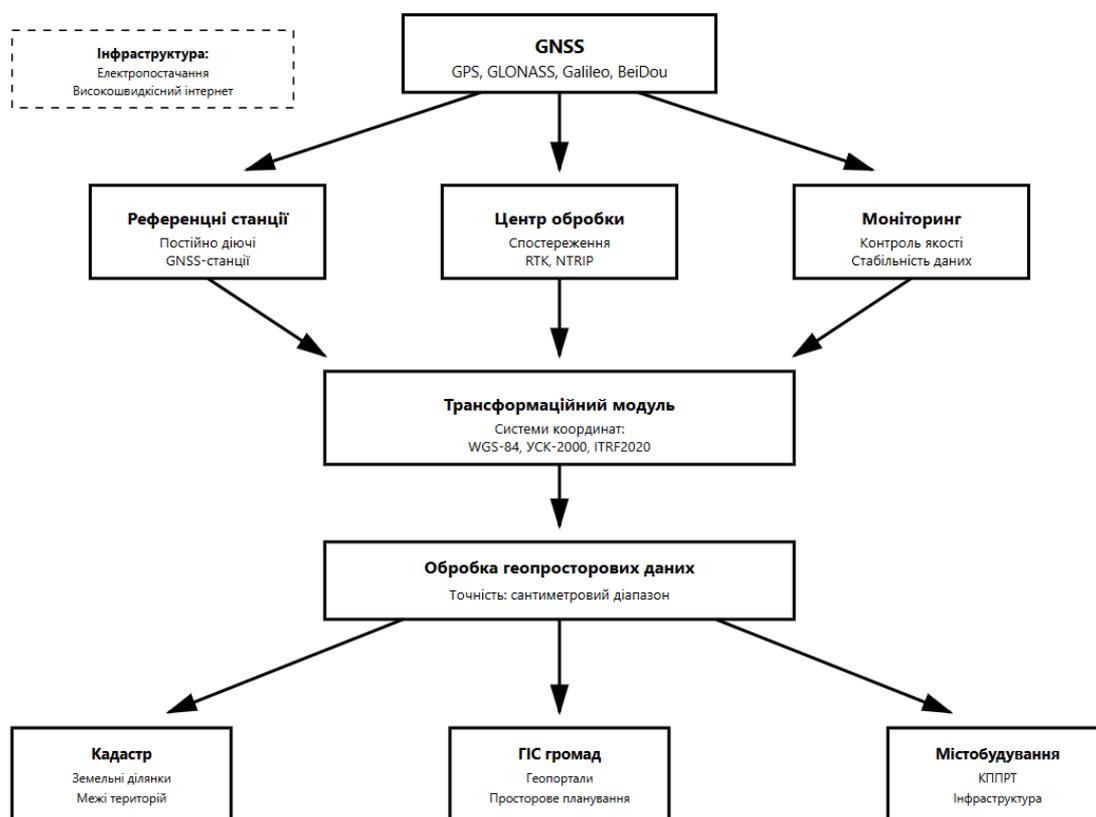


Рис. 1. Ієрархічна модель функціонування електронної геодезичної мережі на основі GNSS-технологій

Джерело: розроблено авторами.

Прикладом успішного впровадження та розвитку електронної геодезичної мережі є Рівненська область, яка стала одним із регіонів, де у 2023-2024 роках реалізовано низку ініціатив з цифровізації кадастрових даних – створення локальної геодезичної мережі на базі GNSS-технологій для територіальних громад області. Передбачено встановлення 5 постійних GNSS-станцій у Рівному, Костополі, Дубно, Сарнах та Дубровиця інтегрованих у тестову мережу GNSS-RivneNet (рис. 2); створення вебпорталу з відображенням станцій у режимі онлайн, з можливістю отримання RTK-корекцій через мережевий протокол NTRIP; інтеграцію даних у систему ГІС-кадастру Рівненської області, що дозволить підвищити точність координат кадастрових меж на 3–5 см у порівнянні з попередньою системою, зменшити випадки накладення меж земельних ділянок до 18 %, а час опрацювання кадастрових запитів скоротити з 3 днів до 1 робочого дня [17].

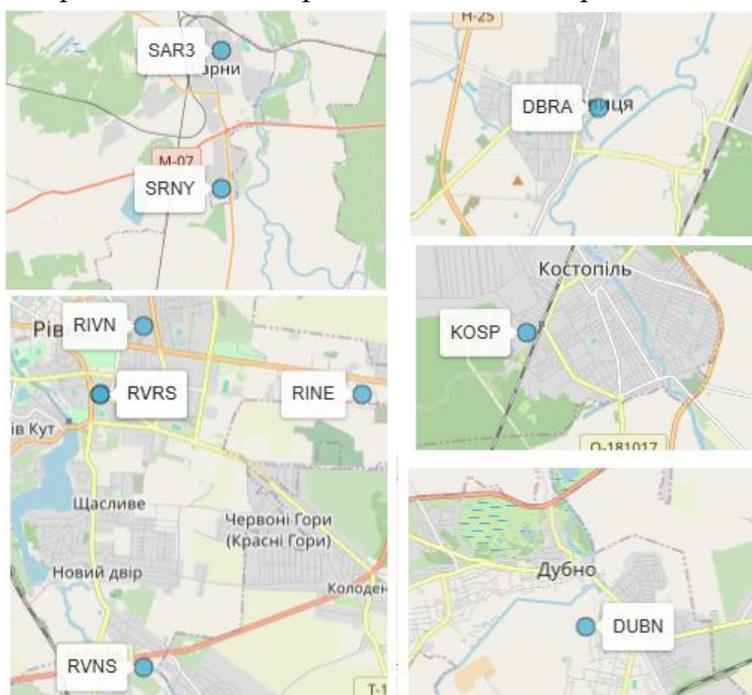


Рис. 2. Місце розташування постійних GNSS-станцій

Джерело: https://geo-monitor.upn.net.ua/uk/about_department/.

Висновки та рекомендації. У статті обґрунтовано, що електронна геодезична мережа нового покоління формує базовий координатний каркас для ефективного функціонування кадастру територіальних громад в умовах децентралізації та цифрової трансформації. Доведено, що перехід від фрагментарних наземних геодезичних пунктів до мереж постійних GNSS-станцій забезпечує суттєве підвищення точності координат, синхронізацію кадастрових, містобудівних і земельних даних та скорочення часу їх оновлення. Така інфраструктура створює передумови для уніфікації просторових даних у межах НІГД, зменшення кадастрових помилок і підвищення якості управлінських рішень на локальному рівні.

Встановлено, що впровадження електронної геодезичної мережі стримується комплексом взаємопов'язаних технічних, організаційних і кадрових бар'єрів. До ключових обмежень належать нерівномірне інфраструктурне забезпечення територій, проблеми сумісності координатних систем, відсутність єдиного трансформаційного модуля та дефіцит підготовлених фахівців у громадах. Доведено, що подолання цих бар'єрів потребує централізованої платформи обробки GNSS-даних, міжгромадської кооперації у створенні

регіональних мереж та довгострокових фінансових механізмів підтримки. Без системного державного супроводу ризик фрагментації та деградації мереж залишається високим.

Показано, що електронна геодезична мережа має виражений соціальний ефект, який виходить за межі суто технічного координатного забезпечення. Її функціонування підвищує прозорість земельних відносин, знижує кількість просторових конфліктів і сприяє зростанню довіри громадян до органів місцевого самоврядування. Доступність високоточних геопросторових даних через геопортали стимулює інвестиційну активність, покращує просторове планування та підтримує процеси післявоєнного відновлення. У підсумку ЕГМ постає як інструмент формування відкритого управління, цифрової демократії та сталого розвитку територіальних громад.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на вивчення та аналіз функціональних особливостей ГНСС та регіональних навігаційних систем.

Заява про використання генеративного ШІ та технологій на основі ШІ в процесі написання тексту статті

Під час написання цього матеріалу автори використовували ChatGPT (інструмент штучного інтелекту від OpenAI) – з метою логічного структурування окремих частин тексту та формулювання деяких речень у науковому стилі. Після використання цього інструменту автори переглянули та відредагували зміст за потреби і взяли на себе повну відповідальність за зміст публікації

Список використаних джерел

1. Карпінський, Ю. О., Лященко, А. А., Лазоренко, Н. Ю., & Кінь, Д. О. (2024). Особливості роботи з геопросторовими даними громад для сталого розвитку їх територій. У А. П. Лізунова, М. Ю. Михальова (Ред.), *Land & property development: innovations and transformations* (с. 37-42). Київський національний університет будівництва і архітектури. <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/71bd1d56-455f-48b4-b739-0b1a67fcf0c9/content>.
2. Сухий, П., Тревого, І., Бурштинська, Х., Сабадаш, В., & Дарчук, К. (2023). Новації у геодезично-картографічній та земельно-кадастровій діяльності й удосконалення змісту підготовки фахівців з геодезії та землеустрою. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, 1(45), 72-81.
3. Бондар, О. І., Тафтай, В. В., Фінін, Г. С., & Шевченко, Р. Ю. (Ред.). (2022). *Сучасні технології моніторингу довкілля: на прикладі Київської агломерації*. ПП «Рута».
4. Пілічева, М.О., & Анопрієнко, Т.В. (2021). Сучасні тенденції у сферах геодезії, землеустрою, земельного кадастру та містобудування. *Комунальне господарство міст*, 4(164), 136-143. <https://10.33042/2522-1809-2021-4-164-136-143>.
5. Kocur-Bera, K. & Grzelka, I. (2022). Impact of Modern Technologies on the Organization of the Cadastral Data Modernization Process. *Sustainability*, 14, 16649. <https://doi.org/10.3390/su142416649>.
6. Doskocz, A. (2016). The current state of the creation and modernization of national geodetic and cartographic resources in Poland. *Open Geosciences*, 8(1), 579-592. <https://doi.org/10.1515/geo-2016-0059>.
7. Makedon, V., Myachin, V., Aloshyna, T., Cherniavska, I., Karavan, N. (2025). Improving the Readiness of Enterprises to Develop Sustainable Innovation Strategies through Fuzzy Logic Models. *Economic Studies (Ikonomicheski Izsledvania)*, 34(5), 165-179. https://archive.econ-studies.iki.bas.bg/2025/2025_05/2025_05_09.pdf
8. Холодюк, О. В. (2020). Глобальні навігаційні супутникові системи та їх роль у технологіях точного землеробства. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2 (109), 71-87
9. Фінін, Г. С., & Шевченко, Р. Ю. (2022). Картогеоінформаційне забезпечення управління у сфері екологічної безпеки та реалізації програм захисту довкілля. *Екологічні науки* 2(41), 67-68. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.12>
10. Ачкасов, А., Попович, Н., Пересадько, В., & Гордезіані, Т. (2024) Геоінформаційне забезпечення геопорталів територіальних громад: довоєнні реалії й післявоєнні перспективи. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*, (60), 124-136.

11. Ступень, О. І., Прокопенко, Н. І., & Шевчук, С. М. (2025) Цифрова трансформація системи землеустрою: автоматизація управлінських процесів у сфері використання та охорони земельних ресурсів. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, (212), 172-184
12. Горбата, Л. П. (2024) Використання відкритих даних в умовах сталого розвитку територіальних громад. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, (4), 407-412.
13. Третяк, А., Третяк, В., & Лобунько, Ю. (2021) Інформаційні проблеми розроблення комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад. *Міжнародний науковий журнал «Грааль науки»*, (9), 33-41. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.22.10.2021.02>.
14. Стопхай, Ю., Плиска, В., & Матвієнко О. (2023) Створення системи геодезичного моніторингу станцій ГНСС мереж на основі української постійно діючої (перманентної) мережі спостережень ГНСС. У І. Калинич, А. Мигаль, В. Дробнич, Л. Потіш (Ред.), *Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні* (с. 31-35) Ужгородський національний університет. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/00b9975c-4e9b-4e96-a43c-fe508224b023/content>.
15. Коренець, О., & Лукіяничук, А. (2024) Аналіз сучасного стану розвитку мереж ГНСС-спостережень. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*, 2(58), 62-67.
16. Makedon, V., Karpenko, L., Petko, S., Bondarenko, S., & Ryzhova, V. (2024). Economic efficiency and environmental benefits of the development of renewable energy sources. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*, 32(2), 239–257. <https://novapublishers.com/shop/economic-efficiency-and-environmental-benefits-of-the-development-of-renewable-energy-sources/>.
17. *Стратегія розвитку Рівненської області на період до 2027 року* (2020, листопад). Рівненська обласна державна адміністрація. Взято 11 листопада 2025 з <https://www.rv.gov.ua/storage/app/sites/11/2020/strategia-2027-proekt.pdf>.

References

1. Karpinskyi, Yu. O., Liashchenko, A. A., Lazorenko, N. Yu., & Kin, D. O. (2024). Osoblyvosti roboty z heoprostorovymy danymy hromad dlia staloho rozvytku yikh terytorii. U A. P. Lizunova, M. Yu. Mykhalova (Red.), [Features of working with geospatial data of communities for the sustainable development of their territories. In A. P. Lizunov, M. Yu. Mikhalov (Eds.), *Land & property development: innovations and transformations* (pp. 37-42). *Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury - Kyiv National University of Construction and Architecture*. <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/71bd1d56-455f-48b4-b739-0b1a67fcf0c9/content>
2. Sukhyi, P., Trevoho, I., Burshtynska, H., Sabadash, V., & Darchuk, K. (2023). Novatsii u heodezychno-kartohrafichnii ta zemelno-kadastronii diialnosti y udoskonalennia zmistu pidhotovky fakhivtsiv z heodezii ta zemleustroiu [Innovations in geodesy, cartography, land cadastre activities, and improvement of training content for specialists in geodesy and land management]. *Cuchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva - Modern achievements in geodetic science and production*, 1(45), 72-81
3. Bondar, O.I., Taftai, V.V., Finin, H.S., & Shevchenko, R.Yu. (Ред.). (2022). Suchasni tekhnologii monitorynhu dovkillia: na prykladi Kyivskoi ahlomeratsii [Modern environmental monitoring technologies: the case of the Kyiv agglomeration]. *PP "Ruta" – Private enterprise "Ruta"*.
4. Pilicheva, M.O., & Anopriienko, T.V. (2021). Suchasni tendentsii u sferakh heodezii, zemleustroiu, zemelnoho kadastru ta mistobuduvannia [Current trends in the fields of geodesy, land management, land cadastre and urban planning]. *Komunalne hospodarstvo mist - Municipal services in cities*, 4(164), 136-143. <https://10.33042/2522-1809-2021-4-164-136-143>
5. Kocur-Bera, K., Grzelka, I. (2022). Impact of Modern Technologies on the Organization of the Cadastral Data Modernization Process. *Sustainability*, (14), 16649. <https://doi.org/10.3390/su142416649>.
6. Doskocz A. (2016) The current state of the creation and modernization of national geodetic and cartographic resources in Poland. *Open Geosciences*, 8(1), 579-592. <https://doi.org/10.1515/geo-2016-0059>.
7. Makedon, V., Myachin, V., Alosyna, T., Cherniavska, I., Karavan, N. (2025). Improving the Readiness of Enterprises to Develop Sustainable Innovation Strategies through Fuzzy Logic Models. *Economic Studies (Ikonomicheski Izsledvania)*, 34(5), 165-179. https://archive.econ-studies.iki.bas.bg/2025/2025_05/2025_05_09.pdf8.

8. Kholodiuk, O. V. (2020). Hlobalni navihatsiini suputnykovi systemy ta yikh rol u tekhnolohiiakh tochnoho zemlerobstva [Global navigation satellite systems and their role in precision farming technologies]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK – Technology, energy, transport, agriculture*, 2 (109), 71-87.
9. Finin, H.S., & Shevchenko, R.Yu. (2022). Kartoheoinformatsiine zabezpechennia upravlinnia u sferi ekolohichnoi bezpeky ta realizatsii proham zakhystu dovkillia [Cartographic and geographic information support for management in the field of environmental safety and implementation of environmental protection programmes]. *Ekolohichni nauky – Environmental sciences*, 2(41), 67-68. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.12>.
10. Achkasov, A., Popovych, N., Peresadko, V., & Gordezianin, T. (2024). Heoinformatsiine zabezpechennia heoportativ terytorialnykh hromad: dovoieni realii y pisliavoienni perspektyvy [Geoinformation support for local community geoportals: pre-war realities and post-war prospects]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina - Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University*, (60), 124-136.
11. Stupen, O. I., Prokopenko, N. I., & Shevchuk, C. M. (2025). Tsyfrova transformatsiia systemy zemleustroi: avtomatyzatsiia upravlinnykh protsesiv u sferi vykorystannia ta okhorony zemelnykh resursiv [Digital transformation of the land management system: automation of management processes in the field of land use and protection]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transport – Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport*, (212), 172-184.
12. Horbata, L. P. (2024). Vykorystannia vidkrytykh danykh v umovakh staloho rozvytku terytorialnykh hromad [The use of open data in the context of sustainable development of local communities]. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu – Bulletin of Kherson National Technical University*, (4), 407-412.
13. Tretiak, A., Tretiak, V., & Lobunko, Yu. (2021). Informatsiini problemy rozroblennia kompleksnykh planiv prostorovoho rozvytku terytorii terytorialnykh hromad [Information problems in developing comprehensive spatial development plans for local communities]. *Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal «Hraal nauky» - International scientific journal 'Grail of Science'*, (9), 33-41. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.22.10.2021.02>.
14. Stopkhai, Yu., Plyska, V., & Matvieienko O. (2023). Stvorennia systemy heodezychnoho monitorynhu stantsii HNSS merezh na osnovi ukraïnskoi postiino diiuchoi (permanentnoi) merezhi sposterezhen HNSS. U I. Kalynych, A. Myhal, V. Drobnych, L. Potish (Red.), [Creation of a geodetic monitoring system for GNSS stations based on the Ukrainian permanent GNSS observation network. In I. Kalinich, A. Mygal, V. Drobnych, L. Potish (Eds.),], *Novi tekhnolohii v heodezii, zemlevporiadkuvanni ta pryrodokorystuvanni. Uzhhorodskyi natsionalnyi universytet. - New technologies in geodesy, land management and natural resource use* (pp. 31-35). Uzhhorod National University. <https://dSPACE.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/00b9975c-4e9b-4e96-a43c-fe508224b023/content>.
15. Korenets, O., & Lukianchuk, A. (2024). Analiz suchasnoho stanu rozvytku merezh HNSS-sposterezhen [Analysis of the current state of development of GNSS observation networks]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka - Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv*, 2(58), 62-67.
16. Makedon, V., Karpenko, L., Petko, S., Bondarenko, S., & Ryzhova, V. (2024). Economic efficiency and environmental benefits of the development of renewable energy sources. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*, 32(2), 239–257. <https://novapublishers.com/shop/economic-efficiency-and-environmental-benefits-of-the-development-of-renewable-energy-sources/>.
17. Stratehii rozvytku Rivnenskoï oblasti na period do 2027 roku (2020, lystopad). Rivnenska oblasna derzhavna administratsiia [Development strategies for Rivne Region for the period up to 2027 (November 2020). Rivne Regional State Administration]. Retrieved on November 11, 2025 <https://www.rv.gov.ua/storage/app/sites/11/2020/strategia-2027-proekt.pdf>.

Дата першого надходження статті до видання: 26.11.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 08.12.2025

Iryna Udovenko¹, Lidiia Smolenska², Stefan Molnar D.³

¹PhD in Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Cadastre
Uman National University (Uman, Ukraine)

E-mail: irinaudovenko8@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5971-8365>

²Senior Lecturer, Department of Geodesy, Land Management and Land Cadastre
Odessa State Agrarian University (Odessa, Ukraine)

E-mail: 3761077@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5002-8405>

³Doctor of Philosophy, Associate Professor of the Department of Geography and Tourism
Transcarpathian Hungarian University named after Ferenc Rákóczi II (Transcarpathia, Ukraine)

E-mail: molnar.d.istvan@kmf.org.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2959-9136>

MODERNIZATION OF ELECTRONIC GEODETIC INFRASTRUCTURE FOR THE NEEDS OF THE CADASTER OF TERRITORIAL COMMUNITIES: TECHNOLOGICAL BARRIERS AND SOCIAL IMPERATIVES

The article examines the implementation of a next-generation electronic geodetic network as a fundamental infrastructure for maintaining the cadastral systems of territorial communities in the context of decentralization and the digital transformation of spatial management. The study considers the technical, organizational, and social aspects of creating and operating these networks based on continuously operating reference stations of Global Navigation Satellite Systems (GNSS). It analyzes the current state of geodetic infrastructure development in Ukraine, its regulatory and legal framework, and the experience of integration into the European geospatial space. The article identifies technical challenges in implementing electronic geodetic networks (EGN), including infrastructure support (geologically stable station placement, uninterrupted power supply, and high-speed Internet access for real-time GNSS data transmission), coordinate system transformation (a national transformation module and a unified observation processing center), automated data quality control, and the professional training of specialists. The construction of an electronic geodetic network requires significant investment. It is noted that the introduction of an EGN increases the accuracy of cadastral coordinate data, reduces update time, minimizes land disputes, and creates favorable conditions for the integration of cadastral and urban planning systems. Particular attention is paid to social effects, including increased transparency in land resource management, enhanced public trust in local self-government, the development of digital services, and the attraction of investments. Based on the analysis of domestic and international experience, the article proposes a model of inter-community cooperation for the creation of regional GNSS networks and provides recommendations for developing a unified national platform for geodetic data monitoring. It is proven that the next-generation electronic geodetic network is not only a technological tool for cadastral support but also a driver for the development of open governance, sustainable spatial planning, and digital democracy in Ukraine.

Keywords: *electronic geodetic network; GNSS; cadastral system of territorial communities; geographic information systems; spatial management; digitalization; coordinate support; decentralization; geospatial data; technical challenges; social expectations.*

Fig.: 1. References: 13.