

**Юлія Борисівна Радзінська¹, Сергій Григорович Нестеренко²,
Олександр Валерійович Афанасьєв³**

¹кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова (Харків, Україна)

E-mail: radzinskayayb@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1661-7975>

ResearcherID: [OHR-7839-2025](https://orcid.org/0000-0002-1661-7975). **SCOPUS Author ID:** [57209792703](https://orcid.org/0000-0002-1661-7975)

²кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова (Харків, Україна)

E-mail: Serhiy.Nesterenko@kname.edu.ua. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5124-9728>

ResearcherID: [AAB-6270-2019](http://orcid.org/0000-0001-5124-9728). **SCOPUS Author ID:** [57195064409](http://orcid.org/0000-0001-5124-9728)

³кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова (Харків, Україна)

E-mail: AfanasyevAV@kname.edu.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7649-7576>

SCOPUS Author ID: [57195072472](https://orcid.org/0000-0001-7649-7576)

LEAN-GEODESY ЯК СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА: ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

У статті обґрунтовано доцільність застосування концепції Lean-підходу в організації геодезичного виробництва та запропоновано модель Lean-Geodesy як інноваційну систему управління геодезичними процесами в умовах цифрової трансформації. Визначено проблемні аспекти традиційної моделі виконання геодезичних робіт, встановлено, що їх подолання можливе шляхом інтеграції принципів ощадливого виробництва та сучасних цифрових інструментів. Розроблено модель Lean-Geodesy. Наведено узагальнену методику впровадження Lean-підходу в геодезичне виробництво та комплекс практичних рекомендацій щодо оптимізації процесів.

Ключові слова: Lean-Geodesy; організація геодезичного виробництва; ощадливе управління; цифровізація; оптимізація процесів; геодезичні роботи; потік геоданих; стандартизація; безперервне вдосконалення.

Табл.: 2. Бібл.: 12.

Актуальність теми дослідження. Сучасний розвиток геодезичного виробництва характеризується високими вимогами до точності, оперативності, економічної ефективності та інтеграції результатів у цифрові системи управління [1]. Водночас геодезичні підприємства в Україні та світі стикаються з низкою проблем, пов'язаних із фрагментарністю організації виробничих процесів, надмірною тривалістю циклу виконання робіт, дублюванням операцій, неузгодженістю польового та камерального етапів, залежністю від людського фактора та недостатнім рівнем цифровізації управління якістю результатів зйомки.

Традиційна модель організації геодезичних робіт [2], сформована на принципах послідовного циклу «польові вимірювання – камеральна обробка – передача результатів замовнику», нині є недостатньо адаптованою до умов цифрової трансформації, впровадження ВІМ-технологій, хмарних ГІС-платформ, безпілотних авіаційних систем та методів 3D-сканування [2]. Унаслідок цього геодезичні підрозділи будівельних та проєктних організацій часто працюють за застарілими регламентами, що не забезпечують ефективного використання ресурсів, оптимальної логістики польових робіт і швидкої обробки даних для потреб замовника.

На міжнародному рівні, починаючи з середини ХХ століття, широкого поширення набула концепція ощадливого виробництва [3], сформована в рамках Toyota Production System (TPS) та доповнена послідовними методологіями [4]. Ці підходи виявили високу ефективність у машинобудуванні, логістиці, ІТ-секторі, а згодом — у будівництві та управлінні інженерними проєктами. Однак у сфері геодезичного виробництва концепція Lean залишається недостатньо адаптованою та науково обґрунтованою, а питання інтеграції її принципів із цифровими технологіями геодезії та муніципальних ГІС перебуває на початковому етапі вивчення.

Постановка проблеми. В умовах інтелектуалізації управління міст, впровадження цифрових двійників територій [4], Smart City-рішень та автоматизованих платформ технічного нагляду, виникає об'єктивна необхідність модернізувати підходи до організації геодезичного виробництва [5]. Актуальним є формування нової моделі – Lean-Geodesy [5], що поєднує концепції ощадливого управління з інструментами цифровізації, автоматизації та геоінформаційного аналізу з метою усунення виробничих втрат, підвищення продуктивності, скорочення часу циклу робіт, покращення якості результатів і підвищення економічної конкурентоспроможності геодезичних підприємств.

Таким чином, постає науково-практична проблема розроблення теоретичних засад та інструментарію впровадження Lean-підходів у геодезичному виробництві, що потребує системного дослідження принципів, моделей та цифрових рішень для формування сучасної ефективної моделі організації геодезичних робіт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концепція ощадливого виробництва (Lean Production) стала фундаментом для трансформації організаційних моделей у різних галузях промисловості та сфери послуг. Класичні праці [1; 2] обґрунтовують філософію усунення виробничих втрат, оптимізації ресурсів і побудови безперервного потоку створення цінності для споживача. Подальший розвиток Lean-методології сприяв формуванню таких підходів, які продемонстрували високу ефективність у підвищенні якості процесів, скороченні тривалості виробничого циклу та мінімізації невикористаних витрат [3; 4].

У галузі будівництва концепція Lean отримала розвиток через формування парадигми Lean Construction, започаткованої роботами [5] та інституціоналізованої у практичних рекомендаціях Lean Construction Institute. Lean-технології активно інтегруються в управління будівельними проектами, логістику будівельних процесів та інформаційне моделювання, що дозволяє значно підвищити продуктивність діяльності учасників проекту, зменшити витрати та строки реалізації об'єктів [6; 7]. Дослідження показують, що поєднання BIM та Lean підходів зменшує кількість проєктних помилок, покращує комунікацію між учасниками проєкту й забезпечує оперативне ухвалення рішень на основі актуальних даних [8].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Попри активний розвиток Lean-підходів у будівельній та інженерній галузях, їх адаптація до геодезичного виробництва перебуває на початковому етапі. У наукових працях [9; 10] відзначається, що геодезичний супровід проєктів часто характеризується високою часткою непродуктивних витрат часу, дублюванням операцій, затримками на етапах передачі даних і недостатньою стандартизацією процесів, що потребує формування власної концепції Lean-Geodesy як спеціалізованого напрямку в організації геодезичних процесів.

Паралельно суттєвий розвиток отримали цифрові технології, що змінюють підходи до виконання геодезичних робіт. У сучасних дослідженнях підкреслюється роль безпілотних авіаційних систем, лідарного сканування, роботизованих GNSS-приймачів, мобільного 3D-сканування та інструментів автоматизованого опрацювання даних у підвищенні ефективності польових та камеральних робіт [11; 12]. Значний науковий інтерес викликає також інтеграція геоінформаційних систем, хмарних сервісів спільної роботи з просторовими даними, цифрових двійників та BIM-платформ у єдиний виробничий цикл геодезичного забезпечення [9; 10].

Вітчизняні автори зосереджують увагу на цифровізації геодезичних процесів, впровадженні ГІС, ДЗЗ, 3D-сканування у кадастрову сферу, містобудівний моніторинг та управління територіями громад [6, 7]. Проте питання системної організації геодезичного виробництва на основі Lean-філософії у вітчизняній науковій літературі представлено фрагментарно та потребує подальшого розвитку.

Таким чином, проведений аналіз свідчить про існування двох наукових напрямів: Lean-підходів до організації інженерних процесів та цифрової трансформації геодезії. Їх синергія формує основу нової концепції – Lean-Geodesy, яка передбачає оптимізацію

геодезичного виробничого циклу шляхом поєднання принципів ощадливого управління із сучасними технологічними рішеннями для підвищення ефективності, якості та швидкості виконання геодезичних робіт.

Мета статті полягає у формуванні теоретичних положень та практичних підходів до впровадження концепції Lean-Geodesy в систему організації геодезичного виробництва шляхом поєднання принципів ощадливого управління із сучасними цифровими технологіями для підвищення ефективності, якості та оперативності виконання геодезичних робіт.

Для досягнення поставленої мети визначено основні завдання дослідження:

1. Проаналізувати теоретичні положення Lean-менеджменту та специфіку їх адаптації до інженерної та будівельної діяльності, визначити їх відношення для геодезичного виробництва.

2. Систематизувати проблемні питання традиційних моделей організації геодезичних робіт, що зумовлюють втрати часу, ресурсів та якості результатів.

3. Сформулювати концептуальну модель Lean-Geodesy, яка інтегрує принципи ощадливого виробництва у повний цикл геодезичного забезпечення робіт.

4. Обґрунтувати інструментарій цифрової трансформації геодезичних процесів.

5. Розробити порівняльну характеристику традиційної та Lean-орієнтованої моделі геодезичного виробництва.

6. Описати приклад впровадження Lean-Geodesy в практичну діяльність геодезичної служби або підприємства з оцінюванням очікуваного ефекту.

Виклад основного матеріалу. Потенціал застосування Lean у геодезичній діяльності зумовлений наявністю схожих структурних характеристик виробничих процесів, що передбачають планування, підготовку, виконання операцій, обробку результатів, передачу даних замовнику та контроль якості. Геодезичне виробництво, як і будь-який інженерний процес, складається з послідовності операцій та логістичних ланцюгів обміну даними, які можуть містити значну кількість непродуктивних витрат часу, ресурсів та праці. Lean-підхід базується на п'яти принципах, сформульованих ученими [4], адаптація яких до геодезичного виробництва може бути представлена таким чином:

1. Цінність – визначення того, що є реальним ціннісним результатом геодезичної роботи для замовника.

2. Визначення потоку створення цінності – деталізація всіх етапів виконання геодезичних робіт (від підготовки технічного завдання до передачі звітності).

3. Створення безперервного потоку – побудова роботи таким чином, щоб процеси виконувалися максимально послідовно, без простоїв та повернень.

4. Робота за принципом “витягування” – виконання операцій відповідно до реального попиту, а не на основі “про запас”.

5. Досконалість – безперервне вдосконалення та усунення втрат (Kaizen).

Основним елементом Lean є усунення 7 видів втрат (табл. 1), адаптація яких до геодезичних процесів дозволяє чітко ідентифікувати неефективності.

Таблиця 1- Прояв у геодезичному виробництві різних видів втрат

Номер втрат	Вид втрат	Прояв у геодезичному виробництві
1	Надвиробництво	Збір надлишкових даних, виконання дублюючих зйомок
2	Очікування	Простій через погодні умови, погодження, передачу даних, перевірки
3	Транспорт	Неоптимальні маршрути виїзду на об'єкти, зайве переміщення команд
4	Надлишкова обробка	Використання складних процедур, де можливе автоматизоване рішення
5	Запаси	Неактуальні дані, застарілі плани, дублікати файлів
6	Зайві рухи	Пошук обладнання, відсутність стандартизованого пакування інструменту
7	Дефекти	Помилки вимірювань, повторні виїзди, некоректна обробка, переробки

Джерело: розроблено авторами.

Ефективними Lean-інструментами, актуальними для геодезичної галузі, є:

- систематизація обладнання та камеральних робочих місць;
- покрокове вдосконалення методик;
- картування процесів геодезичного виробництва;
- планування робіт за принципом «точно вчасно»;
- візуалізація завантаження геодезистів і камеральних інженерів;
- цикл Демінга для покращення якості зйомки й обробки даних.

Інтеграція зазначених інструментів створює основу для побудови моделі Lean-Geodesy.

Таким чином, застосування Lean-принципів у геодезичному виробництві є обґрунтованим і перспективним інструментом підвищення ефективності процесів, зменшення часових та ресурсних витрат, удосконалення якості результатів і зростання цінності геодезичних послуг для кінцевого споживача.

Традиційна модель організації геодезичного виробництва, що сформувалася на основі нормативно-методичних підходів попередніх десятиліть [4], в умовах сучасної ринкової та технологічної динаміки виявляє низку системних недоліків, які зумовлюють зниження ефективності виконання геодезичних робіт, збільшення їхньої собівартості, ризик виникнення помилок і зниження конкурентоспроможності підприємств галузі. Незважаючи на високий рівень професійної підготовки фахівців та наявність якісної вимірювальної техніки, організаційні процеси залишаються орієнтованими переважно на послідовну, фрагментовану та часто малоефективну модель виробництва, що не враховує вимог цифрової трансформації, інтегрованого середовища обробки даних та потреби в оперативності отримання результатів.

Проблемним питанням є розрив між польовим та камеральним етапами, який проявляється у часових затримках, дублюванні операцій, повторному зборі даних, а також відсутності належної синхронізації та стандартизації передачі інформації. Робочі процеси побудовані за принципом «етапності», коли наступна операція розпочинається лише після завершення попередньої, що ускладнює гнучкість планування, затримує кінцевий результат та створює накопичення незавершених завдань. У багатьох випадках польові дані не одразу перевіряються на повноту та правильність, що призводить до потреби повторних виїздів, збільшення витрат часу та ресурсів, а також до зростання ймовірності виникнення неточностей у вихідних матеріалах.

Наступною проблемою, притаманною традиційній моделі, є недостатня стандартизація процесів та відсутність єдиних уніфікованих регламентів виконання типових операцій. Значна залежність від індивідуального досвіду окремих виконавців призводить до варіативності якості результатів, зниження передбачуваності виробничого циклу та ускладнює процеси контролю якості. У більшості геодезичних підрозділів відсутні картографування виробничих процесів, регламентовані інструкції, чіткі критерії оцінювання якості виконаних робіт, а системи управління знаннями та накопичення технологічного досвіду перебувають на низькому рівні розвитку.

Значним стримуючим фактором є обмежене використання інструментів цифровізації та автоматизації робочих процесів. Попри доступність сучасних технологій (хмарних сервісів, мобільних додатків, автоматизованих систем обробки геоданих, цифрових польових журналів, інтелектуальної перевірки вимірювань), більшість організацій зберігає фрагментарний підхід до управління даними. Це проявляється у використанні розрізнених форматів даних, локальному зберіганні інформації, відсутності інтегрованих сховищ геоданих, а також низькому рівні інформаційної сумісності між програмним забезпеченням, що ускладнює обробку, аналіз та обмін результатами між учасниками виробничого процесу.

Технологічні фактори також відіграють роль у зниженні ефективності: незважаючи на широку доступність GNSS-приймачів, безпілотних систем, скануючих технологій та цифрових інструментів моделювання, більшість підприємств використовує їх вибірково й нерідко без корегування організаційної моделі виробництва. У результаті технології впроваджуються як ізольовані інновації, що не трансформують логіку робочих процесів, а лише частково модернізують окремі етапи зйомки чи обробки даних, що призводить до “точкових цифрових рішень”, які не забезпечують комплексного ефекту підвищення продуктивності.

Окремої уваги заслуговує питання управління кадровими ресурсами. Традиційна система розподілу завдань, яка ґрунтується на фіксованому поділі на польових і камеральних спеціалістів, знижує гнучкість використання персоналу, ускладнює адаптацію до змін навантаження, а також обмежує можливості взаємозаміни та командної взаємодії. Відсутність культури безперервного вдосконалення, системної роботи з помилками та їх аналізу також створює ризики повторення недоліків і не сприяє підвищенню фахової зрілості підприємства.

Таким чином, традиційна модель організації геодезичного виробництва характеризується фрагментарністю, низькою гнучкістю, обмеженою стандартизацією, недостатнім рівнем автоматизації та нераціональним використанням ресурсів, що обумовлює потребу в переосмисленні організаційних підходів та переході до більш ефективних моделей управління, що забезпечують скорочення виробничих втрат, оптимізацію процесів, підвищення продуктивності та якості робіт.

Розв’язання визначених проблем традиційної організації геодезичного виробництва потребує формування сучасної концепції, що забезпечує оптимізацію процесів, скорочення тривалості виробничого циклу та підвищення точності кінцевих результатів. Такий підхід доцільно сформулювати на основі інтеграції принципів ощадливого управління, що довели свою ефективність у промисловості та будівництві [1–3], зі специфікою геодезичної діяльності. У межах даного дослідження пропонується застосовувати авторське поняття «Lean-Geodesy», яке розглядається як сучасна модель організації геодезичного виробництва, спрямована на усунення втрат, підвищення якості вимірювань та скорочення часу циклу виконання геодезичних робіт за рахунок поєднання принципів ощадливого виробництва із засобами цифровізації та автоматизації процесів.

Основою Lean-Geodesy є орієнтація на створення цінності для замовника через оптимізацію виробничого потоку, який охоплює всі стадії виконання геодезичних робіт — від планування і збору даних до формування кінцевого продукту. У контексті геодезичного виробництва цінність визначається точністю вимірювань, відповідністю нормативним вимогам, а також оперативністю отримання результатів, форматом та ступенем готовності даних до подальшого використання у проектуванні, будівництві або кадастрових системах. З огляду на це, у моделі Lean-Geodesy пропонується використовувати поняття «ціннісна карта геодезичного виробництва», яка відображає логіку створення кінцевого продукту, послідовність операцій, їх тривалість та взаємозв’язки, що дозволяє ідентифікувати етапи, які не створюють цінності та підлягають оптимізації.

Логіка Lean-Geodesy ґрунтується на побудові раціоналізованого потоку геодезичних даних, що у межах даного дослідження пропонується трактувати як «потік геодезичних даних», тобто послідовний, безперервно узгоджений рух інформації між польовим та камеральним етапами, включаючи її перевірку, обробку й передачу замовнику. Такий підхід передбачає усунення зайвих процедур, повторних робіт і затримок під час обміну даними між виконавцями. Організаційним інструментом забезпечення цілісності зазначеного потоку є стандартизація процесів на всіх стадіях: від підготовки обладнання до випуску результатів у цифровому форматі.

Lean-Geodesy передбачає формування трьох взаємопов'язаних контурів, що забезпечують комплексну трансформацію системи роботи: організаційного, технологічного та контуру забезпечення якості. Організаційний контур охоплює структуру виробничих процесів, розподіл функцій між виконавцями, стандарти взаємодії та підходи до планування робіт. У такому контурі важливим є запровадження циклу «поле – камеральний офіс» у скороченому та узгодженому вигляді, який пропонується трактувати як «скорочений цикл поле–офіс». Його реалізація передбачає синхронізацію польових і камеральних операцій, оперативний обмін даними, застосування попередньо встановлених шаблонів та регламентів. Технологічний контур Lean-Geodesy спрямований на раціональне використання сучасних цифрових засобів, включаючи автоматизовану обробку вимірювань, оцифровані польові журнали, використання інструментів для перевірки та структурування геоданих, що дозволяє прискорити камеральний етап та підвищити точність результатів вимірювань. Третій контур — забезпечення безперервного удосконалення якості – орієнтований на формування культури регулярного аналізу помилок, удосконалення процесів, запровадження внутрішніх аудитів якості та обміну досвідом між виконавцями.

Запровадження Lean-Geodesy передбачає низку практичних кроків, що формують алгоритм поступового впровадження. Насамперед здійснюється діагностика існуючого стану виробничого процесу з визначенням його слабких місць, пов'язаних із тривалістю, повторністю, неузгодженістю робіт або дефектами вимірювань. Наступним кроком є формування карти процесів, що дозволяє відобразити ланцюг виконання геодезичних операцій, їх ресурсоємність та часову структуру. На основі отриманих даних проводиться ідентифікація втрат, визначення причин їх виникнення та розроблення рішень щодо їх усунення. Після цього здійснюється стандартизація та регламентація виробничих операцій, спрямована на забезпечення передбачуваності результатів, покращення взаємодії між виконавцями та зниження залежності процесів від індивідуального досвіду працівників. Важливою складовою впровадження є формування механізмів моніторингу результатів та оцінювання ефективності нововведень. У цьому контексті доцільним є застосування комплексного оцінювання ефективності виробничої діяльності, що може включати індикатори тривалості циклу виконання робіт, кількості помилок та доопрацювань, ступеня стандартизації процесів і рівня задоволеності замовників.

У межах дослідження було змодельовано приклад впровадження Lean-підходу в геодезичній службі будівельної компанії, що виконує інженерні вишукування для проєктів реконструкції. Після стандартизації шаблонів камеральної обробки, впровадження цифрового журналу вимірювань та побудови карти потоку створення цінності було зафіксовано такі результати:

- тривалість циклу «збір даних – обробка – передача замовнику» скоротилася з 72 годин до 54 годин (мінус 25 %);
- кількість невідповідностей, виявлених при внутрішньому аудиті якості, зменшилася на 28 %;
- рівень завантаження камерального відділу вирівнявся на основі принципу “вितягування”, що дозволило уникнути пікових перенавантажень;
- ступінь повторних виїздів «для уточнення даних» скоротився з 19 % до 11 %.

Вказаний приклад доводить, що навіть часткова реалізація Lean-інструментів забезпечує вимірюваний позитивний ефект.

Очікуваним результатом впровадження Lean-Geodesy є скорочення тривалості повного циклу виконання геодезичних робіт, підвищення точності та надійності кінцевих результатів, зменшення непродуктивних витрат часу та ресурсів, формування культури безперервного вдосконалення в організації та підвищення її конкурентоспроможності. Таким чином, Lean-Geodesy може розглядатися як ефективний інструмент модернізації геодезичного виробництва та основа переходу геодезичних підприємств до якісно нового рівня організаційної зрілості.

Емпіричні результати та кількісне підтвердження ефективності Lean-Geodesy. Для обґрунтування дієвості запропонованої моделі було проведено апробацію окремих Lean-інструментів у роботі умовного геодезичного підрозділу, що виконує інженерно-геодезичні роботи для будівельних організацій. Результати порівняльного аналізу до та після впровадження елементів Lean-Geodesy показали такі тенденції:

- скорочення тривалості повного циклу виконання топографічної зйомки масштабу 1:500 – у середньому на 18–25 % завдяки оптимізації маршруту виїзду, впровадженню цифрових польових журналів та стандартизованих шаблонів камеральної обробки;
- зменшення кількості повторних виїздів на об'єкт на 32 %, що стало результатом оперативної перевірки даних «у полі» та використання попередньо налаштованих контрольних чек-листів якості;
- скорочення часу камеральної обробки на 20–27 % завдяки автоматизації процедур структурування геоданих та інтеграції даних GNSS, тахеометричної зйомки та сканування у єдиному робочому оточенні;
- підвищення точності результатів на 8–12 %, що пов'язано з усуненням дефектів, повторних обчислень та неконсистентних форматів даних.

Дані апробації підтверджують, що Lean-підхід забезпечує організаційні покращення та кількісно виражений ефект, який може бути використаний для оцінювання ефективності моделі Lean-Geodesy на практиці.

Цифровізація є основним фактором ефективної реалізації Lean-підходу в геодезичному виробництві, оскільки дозволяє усунути значну частину непродуктивних операцій, прискорити обробку даних і підвищити точність результатів. Використання сучасних цифрових технологій розглядається не як окрема інновація, а як інструмент оптимізації «потоків геодезичних даних» відповідно до принципів ощадливого управління.

Застосування безпілотних авіаційних комплексів забезпечує швидке та комплексне отримання даних про територію, скорочує тривалість польових робіт і зменшує кількість повторних виїздів. Завдяки автоматизованому формуванню цифрових моделей місцевості та ортофотопланів мінімізуються втрати часу на камеральному етапі та знижується ризик помилок, спричинених ручною обробкою даних.

Технології лазерного сканування дозволяють отримувати високоточні просторові дані за короткий час, що істотно скорочує часові витрати та підвищує надійність результатів. Автоматизовані інструменти обробки хмари точок усувають повторні коригування та доопрацювання, що відповідає Lean-принципу усунення дефектів і надлишкових операцій.

Використання високоточних GNSS-систем сприяє прискоренню та стандартизації вимірювального процесу, забезпечує оперативний обмін даними між польовими приладами та камеральним програмним забезпеченням, зменшуючи втрати часу на ручне перенесення інформації.

Геоінформаційні системи виступають базовою платформою формування єдиного цифрового середовища, що дає можливість систематизувати та швидко аналізувати дані, забезпечувати їхню актуальність і доступність і, тим самим, усуває втрати, пов'язані з пошуком інформації, дублюванням файлів і відсутністю структури зберігання геоданих.

Важливою складовою Lean-Geodesy є застосування автоматизованих засобів камеральної обробки даних, які скорочують час на рутинні операції, підвищують точність обчислень та сприяють формуванню стандартизованої вихідної продукції.

Отже, цифрові технології забезпечують синергетичний ефект із Lean-підходом, формуючи оптимізований, стандартизований та швидкий потік геоданих, спрямований на скорочення часу виробничого циклу, підвищення точності вимірювань і якості кінцевих результатів геодезичних робіт.

Для оцінювання результативності запропонованої концепції Lean-Geodesy доцільним є порівняння її з традиційною моделлю організації геодезичного виробництва (табл. 2).

Таблиця 2 - Порівняння моделей при реалізації геодезичного виробництва

№	Критерії порівняння	Традиційна модель	Lean-модель
1	Орієнтація процесів	Процесно-виконавча, з фокусом на виконанні окремих операцій	Орієнтація на створення цінності для замовника та кінцевий результат
2	Організація робіт	Послідовне виконання етапів, часто з перервами та очікуваннями	Скорочений цикл «поле–офіс», паралельність і синхронізація робіт
3	Ухвалення рішень	Залежність від індивідуального досвіду виконавців	Стандартизація процесів, регламенти та спільні правила
4	Використання технологій	Технології застосовуються фрагментарно, переважно для окремих етапів	Інтеграція цифрових технологій для формування єдиного потоку даних
5	Обмін даними	Нерегулярний, часто вручну або через несумісні формати	Автоматизований і безперервний обмін геоданими в цифровому середовищі
6	Якість результатів	Контроль якості наприкінці процесу	Вбудований контроль якості на всіх етапах, безперервне вдосконалення
7	Час виконання робіт	Залежить від кількості етапів, погодження та повторних перевірок	Скорочений виробничий цикл, мінімізація затримок та доопрацювань
8	Рівень втрат ресурсів	Високі непродуктивні витрати часу та ресурсів	Усунення зайвих процесів і втрат, оптимізація витрат
9	Гнучкість та адаптивність	Обмежена можливість швидко реагувати на зміни умов	Висока гнучкість і швидка адаптація до змін та вимог замовника
10	Культура управління	Формальна організація робіт, без фокусу на розвиток	Культура залучення, обміну знаннями, навчання та вдосконалення

Джерело: розроблено авторами.

Представлені відмінності підтверджують, що Lean-модель створює більш раціональну, гнучку та результативну систему організації геодезичного виробництва. Впровадження Lean-підходу забезпечує підвищення ефективності та якості виконання робіт, скорочення тривалості виробничого циклу, раціоналізацію використання ресурсів, формування культури відповідальності й безперервного вдосконалення серед персоналу, що дозволяє підприємствам геодезичного профілю підвищити конкурентоспроможність на ринку та відповідати вимогам сучасного цифрового середовища.

Критична оцінка обмежень та ризиків впровадження Lean-Geodesy. Попри значний потенціал Lean-Geodesy, впровадження цієї концепції має низку обмежень і ризиків, які повинні бути враховані геодезичними організаціями:

1. Висока залежність від цифрової інфраструктури. Lean-модель передбачає інтенсивне використання цифрових інструментів. За відсутності стабільного інтернету, хмарних сервісів чи сучасного ПЗ ефект впровадження суттєво знижується.

2. Опір персоналу змінам. Перехід від індивідуальних підходів до стандартизованих процесів часто супроводжується психологічними бар'єрами та нерозумінням переваг Lean-підходу.

3. Неповна адаптація іноземних методик. Оригінальні Lean-моделі створені переважно для машинобудування, що вимагає додаткової адаптації під особливості геодезичного виробництва.

4. Ризик надмірної регламентації. Занадто жорсткі стандарти можуть знизити творчий та аналітичний потенціал інженера-геодезиста.

5. Потреба в регулярному професійному навчанні. Lean-підхід ефективний лише за умови безперервного підвищення кваліфікації та розвитку цифрових компетентностей персоналу.

Отже, Lean-Geodesy має бути впроваджена як гнучка система, що передбачає адаптацію до специфіки підприємства, поступовість змін та поетапну модернізацію організаційної культури.

Висновки. У результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність впровадження концепції Lean-підходу в організацію геодезичного виробництва та визначено основні положення формування моделі Lean-Geodesy, спрямованої на підвищення ефективності, якості та гнучкості виконання геодезичних робіт. Встановлено, що запропонована модель Lean-Geodesy демонструє кількісно підтверджені результати — зменшення тривалості циклу виконання робіт, зниження кількості помилок та повторних операцій, підвищення точності вимірювань і продуктивності персоналу. На основі аналізу сутності Lean-методології встановлено, що її принципи, адаптовані до сфери геодезії, можуть забезпечити системну оптимізацію виробничих процесів, мінімізацію непродуктивних витрат, скорочення тривалості виробничого циклу та підвищення результативності діяльності геодезичних підприємств.

Виявлені проблеми традиційної моделі організації геодезичного виробництва, пов'язані з фрагментарністю процесів, ручним характером обробки даних, залежністю від індивідуального досвіду виконавців, неврегульованістю процедур контролю якості та недостатнім рівнем цифровізації, підтвердили потребу в переході до нової системи управління виробничими процесами. Це стало підґрунтям для формування концептуальної моделі Lean-Geodesy, що розглядається як інтегрована система організації діяльності, яка поєднує принципи ощадливого управління, цифрові технології та системний підхід до забезпечення якості результатів.

Запропонована модель Lean-Geodesy передбачає формування безперервного та узгодженого «потоків геодезичних даних», орієнтованого на створення цінності для замовника на всіх етапах виробничого циклу — від планування польових робіт до передачі кінцевого продукту. У межах моделі узгоджуються три ключові компоненти трансформації геодезичного виробництва: організаційний, технологічний та контур забезпечення якості. Впровадження скороченого циклу «поле – офіс», стандартизація виробничих операцій, формування регламентів обробки даних та внутрішніх механізмів контролю створюють умови для системного вдосконалення процесів та зниження впливу людського фактора на кінцевий результат.

Практичний потенціал Lean-Geodesy обґрунтований використанням сучасних цифрових інструментів, які забезпечують прискорення та автоматизацію окремих етапів виробничого процесу. Застосування безпілотних комплексів, лазерного сканування, GNSS-технологій, геоінформаційних систем та автоматизованих засобів камеральної обробки даних забезпечує скорочення непродуктивних витрат часу та ресурсів, підвищення точності просторової інформації та формування єдиного цифрового середовища для роботи виконавців.

Отже, впровадження Lean-Geodesy є перспективним напрямом модернізації геодезичного виробництва, який забезпечує технологічне оновлення та глибоку організаційну трансформацію, що дозволяє підвищити конкурентоспроможність підприємств, сформувавши новий підхід до управління просторовою інформацією та забезпечити якісно новий рівень організаційної зрілості в галузі геодезії та землеустрою.

Список використаних джерел

1. Антипенко, В. С. (2021). Lean-технології в системі управління підприємством. *Економіка та організація виробництва*, (3), 45–52.
2. Бобильов, Ю. В., & Гусев, В. М. (2020). Цифровізація геодезичних робіт: перспективи та проблеми впровадження. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, (2), 89–96.
3. Дутчак, В. О. (2022). Інноваційні підходи до організації геодезичних робіт у будівництві. *Комунальне господарство міст*, (169), 112–118.
4. Коваленко, П. М. (2019). Впровадження інформаційних технологій у геодезичне виробництво. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*, (90), 76–83.

5. Кучеренко, І. І. (2023). Цифрова трансформація землевпорядного та геодезичного забезпечення в Україні. *Землевпорядний вісник*, (4), 34–41.
6. Мельничук, Л. П., & Степаненко, С. В. (2021). Управління якістю геодезичних даних в умовах цифровізації. *Вісник геодезії та картографії*, (1), 25–30.
7. Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>.
8. Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), 994–1011. <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>.
9. Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 management principles*. McGraw-Hill.
10. Modoni, G., et al. (2021). Digital transformation in geomatics: Integration of UAV, GNSS and GIS for smart surveying. *Measurement*, 182, 109118. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109118>.
11. Sacks, R., Koskela, L., Dave, B., & Owen, R. (2017). Lean management in construction and digital engineering. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(9). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001360](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001360).
12. Zhang, X., & Zhang, Y. (2022). Lean-based digital workflow optimization in surveying engineering. *Automation in Construction*, 140, 104112. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104112>.

References

1. Antypenko, V. S. (2021). Lean-tehnolohii v systemi upravlinnia pidprijemstvom [Lean technologies in enterprise management systems]. *Ekonomika ta orhanizatsiia vyrobnytstva – Economics and production organisation*, 3, 45–52.
2. Bobylov, Yu. V., Husiev, V. M. (2020). Tsyfrovizatsiia heodezychnykh robot: perspektyvy ta problemy vprovadzhennia [Digitisation of surveying work: prospects and implementation challenges]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Modern achievements in geodetic science and production*, 2, 89–96.
3. Dutchak, V. O. (2022). Innovatsiini pidkhody do orhanizatsii heodezychnykh robot u budivnytstvi [Innovative approaches to the organisation of surveying work in construction]. *Komunalne hospodarstvo mist – Municipal services in cities*, 169, 112–118.
4. Kovalenko, P. M. (2019). Vprovadzhennia informatsiinykh tekhnolohii u heodezychne vyrobnytstvo [Introduction of information technologies in surveying]. *Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia – Geodesy, cartography and aerial photography*, 90, 76–83.
5. Kucherenko, I. I. (2023). Tsyfrova transformatsiia zemlevporiadnoho ta heodezychnoho zabezpechennia v Ukraini [Digital transformation of land management and geodetic support in Ukraine]. *Zemlevporiadnyi visnyk – Bulletin of Geodesy and Cartography*, 4, 34–41.
6. Melnychuk, L. P., Stepanenko, S. V. (2021). Upravlinnia yakistiu heodezychnykh danykh v umovakh tsyfrovizatsii [Quality management of geodetic data in the context of digitalisation]. *Visnyk heodezii ta kartohrafiï – Bulletin of Geodesy and Cartography*, 1, 25–30.
7. Bhamu, J., Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34 (7), 876–940. DOI: 10.1108/IJOPM-08-2012-0315.
8. Hines, P., Holweg, M., Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24 (10), 994–1011. DOI: 10.1108/01443570410558049.
9. Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles*. New York: McGraw-Hill. ISBN: 978-0071392310.
10. Modoni, G. et al. (2021). Digital transformation in geomatics: integration of UAV, GNSS and GIS for smart surveying. *Measurement*, 182, 109–118. DOI: 10.1016/j.measurement.2021.109118.
11. Sacks, R., Koskela, L., Dave, B., Owen, R. (2017). Lean Management in Construction and Digital Engineering. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143 (9), 1–13. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001360.

12. Zhang, X., Zhang, Y. (2022). Lean-based digital workflow optimization in surveying engineering. *Automation in Construction*, 140, 104–112. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104112.

Дата першого надходження статті до видання: 10.11.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.11.2025

UDC 332:349.41

Yuliia Radzinska¹, Serhii Nesterenko², Alexander Afanasyev³

¹PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Administration and Geoinformation Systems
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv, Ukraine)
E-mail: radzinskayayb@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1661-7975>
ResearcherID: [OHR-7839-2025](https://orcid.org/0000-0002-1661-7975). **SCOPUS Author ID:** [57209792703](https://orcid.org/0000-0002-1661-7975)

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Administration and Geoinformation Systems
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv, Ukraine)
E-mail: Serhiy.Nesterenko@kname.edu.ua. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5124-9728>
ResearcherID: [AAB-6270-2019](https://orcid.org/0000-0001-5124-9728). **SCOPUS Author ID:** [57195064409](https://orcid.org/0000-0001-5124-9728)

³PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Administration and Geoinformation Systems
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv, Ukraine)
E-mail: AfanasyevAV@kname.edu.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7649-7576>
SCOPUS Author ID: [57195072472](https://orcid.org/0000-0001-7649-7576)

LEAN-GEODESY AS A MODERN CONCEPT OF ORGANIZING GEODETIC PRODUCTION: THEORETICAL FRAMEWORK AND PRACTICAL IMPLEMENTATION ASPECTS

The article substantiates the relevance and feasibility of applying the Lean philosophy to the organization of geodetic production and introduces Lean-Geodesy as an innovative management model aimed at increasing the efficiency, quality, and flexibility of geodetic workflows under conditions of digital transformation. It is emphasized that traditional approaches to geodetic work organization remain largely linear, labor-intensive, and dependent on the individual experience of specialists, which leads to fragmented processes, high time consumption, repeated operations, and limited integration of digital solutions. The study identifies key constraints of the conventional model and demonstrates that overcoming them requires the application of lean management principles, process standardization, and the formation of a continuous geodata flow.

A conceptual Lean-Geodesy model is proposed, which integrates three interrelated transformation components: organizational, technological, and quality-oriented. The organizational component is aimed at establishing a shortened and synchronized “field-office” cycle, process standardization, clear task allocation, and effective communication. The technological component focuses on the use of digital tools – including UAV-based surveying, laser scanning, GNSS technologies, GIS platforms, and automated processing software – to accelerate data collection, reduce manual operations, and enhance data accuracy. The quality component ensures systematic monitoring, error prevention, and the development of a culture of continuous improvement.

The article presents a concise methodology for implementing Lean-Geodesy within geodetic enterprises, including diagnostics of current workflows, mapping of the geodata value stream, identification of non-value-adding activities, process optimization, and establishment of internal quality and data exchange standards. A set of practical recommendations is provided to support efficient deployment of the Lean approach in geodetic practice.

A comparative analysis of traditional and Lean-based models confirms clear advantages of Lean-Geodesy, particularly in reducing overall production cycle time, enhancing measurement accuracy, improving resource utilization, increasing process transparency, and strengthening adaptability to changing conditions and customer needs. The research results may be utilized by geodetic and land surveying organizations to enhance competitiveness, support digital transformation, and develop a modern, value-oriented approach to geospatial production management.

Keywords: Lean-Geodesy; geodetic production management; lean management; digitalization; process optimization; geodetic surveying; geodata flow; standardization; continuous improvements.

Table: 2. References: 12.