

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ L_p -ОЦІНОК НА ПРИКЛАДІ ОБРОБЛЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ЕЛЕКТРОННИМ НІВЕЛІРОМ LEICA SPRINTER З МЕТОЮ ФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

Мусієнко І. В.¹, Дорожко Є. В.¹, Наливайко Т. А.¹, Казаченко Л. М.¹
¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У межах формування національної інфраструктури геопросторових даних у статті було реалізовано метод L_p -оцінок для оброблення геодезичних вимірювань. Для реалізації цього методу було використано комп'ютерний підхід послідовних ітерацій. Створено комп'ютерну програму на мові C# із застосуванням Window Forms. У статті наведено алгоритм цієї програми, інтерфейс і частково код. Як вихідну базу даних для апробації програми використано результати геодезичних вимірювань електронним нівеліром Leica Sprinter під час дослідження осідань ґрунтожитку ХНАДУ № 5.

Ключові слова: комп'ютерні технології, метод L_p -оцінок, оброблення геодезичних вимірювань, електронний нівелір Leica Sprinter, інфраструктура геопросторових даних.

Вступ

Формування національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) є ключовим завданням для забезпечення ефективного управління територіями, планування розвитку та підтримки прийняття обґрунтованих рішень на державному рівні. У сучасних умовах, коли обсяги геопросторової інформації стрімко збільшуються, комп'ютерні технології стають незамінним інструментом для оброблення результатів геодезичних вимірювань. Їх застосування дозволяє не лише підвищити точність і швидкість аналізу даних, а й забезпечити інтеграцію, стандартизацію та доступність для різноманітних галузей, що є основою для створення цілісної і функціональної НІГД.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В Україні створення національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) активізувалося після ухвалення Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» 2020 року [1] та Порядку її функціонування (Постанова КМУ № 532 від 26.05.2021 [2]).

Ці нормативні акти заклали правову основу для інтеграції, стандартизації і публікації геопросторових даних органами влади та місцевого самоврядування через національний геопортал (nsdi.gov.ua [3]).

Прототип геопорталу, адміністрування якого здійснює ДП «Науково-дослідний інститут геодезії і картографії», функціонує в

дослідному режимі, забезпечуючи доступ до базових і тематичних даних.

Проте через воєнний стан з 24.02.2022 р. доступ до публічної частини геопорталу обмежено, що гальмує повноцінне використання НІГД. У межах співпраці з Японським агентством міжнародного співробітництва – Japan International Cooperation Agency (JICA) [4] створено цифрові топографічні карти масштабу 1:25 000, які сприяють розвитку НІГД для потреб національної безпеки та відновлення територій.

Незважаючи на прогрес, розвиток НІГД в Україні стикається з низкою викликів, зокрема недостатнім законодавчим і фінансовим забезпеченням, а також обмеженою інституційною координацією. Дослідження вказують на необхідність чіткого механізму обміну даними між держателями, щоб уникнути їх дублювання та забезпечити інтероперабельність відповідно до таких європейських стандартів, як директива INSPIRE [5].

Проект JICA, розпочатий 2015 року, став важливим кроком до створення пілотної інфраструктури на площі 900 км², але повільне впровадження технологій і брак кваліфікованих кадрів гальмують масштабування.

Перспективи пов'язані з розширенням доступу до геопорталу після завершення воєнного стану, а також із залученням міжнародного досвіду для вдосконалення стандартів і сервісів.

У світі національні інфраструктури геопросторових даних є ключовим елементом

цифрової економіки та сталого розвитку. Країни ЄС, керуючись директивою INSPIRE (2007), досягли високого рівня стандартизації та доступності геопросторових даних, що сприяє ефективному управлінню ресурсами та інфраструктурою [5].

Наприклад, у Нідерландах і Данії геопортали забезпечують відкритий доступ до даних, інтегруючи їх із системами кадастру, транспорту й екології. У США програма National Spatial Data Infrastructure (NSDI) координує федеральні та регіональні дані, сприяючи інноваціям у геоінформаційних технологіях [6]. Такі глобальні ініціативи, як UN-GGIM, підкреслюють важливість НІГД для досягнення мети сталого розвитку, зокрема в управлінні урбанізацією та кліматичними змінами [7].

Комп'ютерні технології здійснюють головну функцію в обробленні геопросторових даних як в Україні, так і у світі. У розвинених країнах застосовуються геоінформаційні системи (GIS), хмарні платформи й алгоритми машинного навчання для аналізу великих масивів даних, отриманих із супутників, дронів і за допомогою геодезичних вимірювань.

В Україні такі технології використовуються в межах пілотних проєктів, наприклад, для створення цифрових карт у форматі Esri ArcGIS із застосуванням систем координат WGS-84 і UTM. Однак обмежений доступ до сучасного програмного забезпечення та недостатня цифрова інфраструктура уповільнюють повноцінне впровадження. Міжнародний досвід демонструє, що інвестування в технології та навчання фахівців може значно прискорити розвиток НІГД [8].

Постановка завдання

Основою формування НІГД є топогеодезична зйомка територій з подальшим створенням цифрових топографічних карт. Топогеодезична зйомка спирається на інструментальні вимірювання, які мають похибки. Метод -оцінок є одним із сучасних підходів до оброблення геодезичних вимірювань, який належить до класу робастних (стійких) методів оцінювання. Він узагальнює класичний метод найменших квадратів (-оцінка) та дозволяє зменшувати вплив грубих похибок або викидів у даних, що особливо важливо для аналізу реальних геодезичних вимірювань.

Кафедра проєктування доріг, геодезії і землеустрою Харківського національного ав-

томобільно-дорожнього університету періодично проводить геодезичні роботи з застосуванням електронного нівеліра Leica серії Sprinter 100M, забезпечуючи велику базу вимірювань. На ній доцільно апробувати метод оброблення геодезичних вимірювань-оцінок, застосовуючи комп'ютерні технології.

Відповідно до вищезазначеного, визначаємо мету дослідження: застосування комп'ютерних технологій для реалізації методу L_p -оцінок на прикладі оброблення геодезичних вимірювань електронним нівеліром Leica Sprinter з метою формування національної інфраструктури геопросторових даних.

Метод -оцінок

Основою методу оброблення геодезичних вимірювань-оцінок є мінімізація норми залишків (похибок) вимірювань у просторі, де (p) – ступінь норми, що визначає чутливість методу до відхилень. Залишки – це різниці між виміряними величинами та теоретично розрахованими значеннями на основі моделі.

Математично задача формулюється так [9]:

$$S = \sum_{i=1}^n |v_i|^p \rightarrow \min, \quad (1)$$

де v_i – залишок для (i) -го вимірювання:

$$v_i = l_i - \hat{l}_i, \quad (2)$$

де l_i – виміряне значення; $\hat{l}_i$ – оцінка; n – кількість вимірювань; p – параметр, який визначає тип норми (зазвичай $1 \leq p \leq 2$).

Змінюючи значення p , можна регулювати, як метод реагує на викиди [9]:

- $p = 2$: метод найменших квадратів (МНК) – чутливий до великих відхилень;
- $p = 1$: метод найменших модулів – менш чутливий до викидів;
- $1 < p < 2$: проміжні варіанти, які балансують між точністю і стійкістю.

У геодезії часто виникають ситуації, коли деякі вимірювання можуть бути спотворені (наприклад, через погані погодні умови або збій приладу). У таких випадках [9]:

- МНК ($p = 2$) може надати зміщені результати через велику вагу викидів;
- L_p -оцінки з $p < 2$ забезпечують робастність – меншу чутливість до «поганих» вимірювань (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Значення параметра p і його вплив [9]

Значення p	Назва	Характеристика
$p = 2$	Метод найменших квадратів	Найбільш поширений, ефективний за умови нормального розподілу похибок
$p = 1$	Метод найменших модулів	Стійкий до викидів, менш чутливий до великих похибок
$p < 1$	Робастні оцінки	Надзвичайно стійкі до викидів, але важко розв'язуються
$1 < p < 2$	Компромісні	Поєднують точність МНК і стійкість L1

Застосування в геодезії:

– вирівнювання геодезичних мереж: L_1 -норма використовується для мінімізації впливу помилок у мережах з великою кількістю вимірювань;

– деформаційний моніторинг: аналіз зсувів споруд, де окремі точки можуть мати аномальні зміни через зовнішні фактори;

– оброблення даних GNSS: фільтрація шумів у координатах, отриманих із супутникових систем;

– лазерне сканування: видалення «шумових» точок у хмарах даних за допомогою L_1 -оптимізації.

Реалізація методу L_p -оцінок зазвичай вимагає ітераційних чисельних методів, оскільки для $p \neq 2$ розв'язки в аналітичному вигляді відсутні [9]:

– метод ітеративного зваженого найменших квадратів (IWLS) – заміна L_p -задачі на послідовність задач МНК з вагами, що змінюються;

– методи нелінійного програмування – наприклад градієнтні або субградієнтні методи;

– реалізація в MATLAB, Python (scipy.optimize), R та в спеціалізованих геодезичних програмних засобах (ПЗ). Розроблення такого спеціалізованого геодезичного програмного засобу і є метою цього дослідження.

Комп'ютерна реалізація методу -оцінок

Алгоритм програми для методу L_p -оцінок складається з таких пунктів:

- 1) ініціалізація програми;
- 2) завантаження вихідних даних;
- 3) оброблення даних;
- 4) реалізація методу L_p -оцінок FitLineLp;
- 5) візуалізація результатів;
- 6) оновлення в процесі зміни параметра (p).

Розглянемо кожний пункт більш детально.

Ініціалізація програми:

1) створюється вікно програми з назвою «Метод L_p -оцінок» та розмірами 600 на 500 пікселів;

2) додається кнопка «Обробити» для запуску обчислень;

3) додається кнопка «Додати точки» для завантаження вихідних даних;

4) додається елемент керування Numeric Up Down для вибору значення параметра p : діапазон значень від 1 до 10; крок зміни – 0.1; початкове значення – 1.2;

5) ініціалізовується порожній список точок для зберігання даних.

Завантаження вихідних даних:

1) натисканням кнопки «Додати точки» очищується поточний список точок;

2) завантажуються значення вимірювань для кожної точки;

3) перемальовується вікно для відображення завантажених точок.

Оброблення даних:

1) натисканням кнопки «Обробити» перевіряється наявність точки в списку, якщо список порожній, оброблення завершується;

2) отримується поточне значення (p) з методу NumericUpDown;

3) ініціалізуються початкові коефіцієнти функції;

4) викликається метод FitLineLp для обчислення оптимальних коефіцієнтів функції;

5) перемальовується вікно для відображення результатів.

Реалізація методу L_p -оцінок FitLineLp (на прикладі функції пряма):

1) вхідні дані: список точок X_i, Y_i ; значення p (з NumericUpDown); вихідні параметри функції (a) і (b) (коефіцієнти прямої); максимальна кількість ітерацій (20);

2) ініціалізація: $a = 0$, b дорівнює середньому значенню Y_i для всіх точок;

3) здійснюється ітераційний процес (до максимальної кількості ітерацій):

– для кожної точки X_i, Y_i обчислюється відхилення

$$v_i = Y_i - (a \cdot X_i + b) \quad (3)$$

і обчислюється вага

$$w_i = |v_i|^{p-2}; \quad (4)$$

якщо $w_i < 1e-8$, то $w_i = 1e-8$ (для уникнення ділення на нуль);

– обчислюються допоміжні суми:

$$\begin{aligned}
 sumW &= \sum w_i, \\
 sumWX &= \sum w_i \cdot X_i, \\
 sumWY &= \sum w_i \cdot Y_i; \\
 sumWXX &= \sum w_i \cdot X_i^2, \\
 sumWXY &= \sum w_i \cdot X_i \cdot Y_i;
 \end{aligned} \quad (5)$$

– обчислюється знаменник:

$$\begin{aligned}
 denom &= sumW \cdot sumWXX - \\
 &- sumWX \cdot sumWX; \quad (6)
 \end{aligned}$$

– перевіряється умова завершення: якщо $denom < 1e-10$, завершуються ітерації;
– оновлюються коефіцієнти:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{sumW \cdot sumWXY - sumWX \cdot sumWY}{denom}; \\
 b &= \frac{sumWXX \cdot sumWY - sumWX \cdot sumWXY}{denom}; \quad (7)
 \end{aligned}$$

4) повертаються обчислені (a) і (b).

Візуалізація результатів:

1) у методі малювання (OnPaint) налаштовується система координат для зручного відображення даних, малюються осі (X) і (Y) сірим кольором, малюються всі точки зі списку (сині кружечки);

2) якщо список точок не порожній, використовується поточне (p) для обчислення (a) і (b) за методом FitLineLp; малюється червона крива функції (у прикладі – пряма) на графіку.

Оновлення в процесі зміни параметра (p):

– у разі зміни значення в NumericUpDown оновлюється заголовок вікна, додається поточне значення (p);

– перемальовується вікно для відображення оновленої прямої з новим (p).

Цей алгоритм було реалізовано на мові C# із застосуванням Window Forms. Приклад лістинга методу FitLineLp наведено на рисунку 1.

Оброблення геодезичних вимірювань електронним нівеліром Leica Sprinter

Лінійка електронних нівелірів Leica Sprinter була створена компанією Leica Geosystems на початку 2000-х років як бюджетне рішення для швидкого та безпомилкового нівелювання, замінивши традиційне оптичне зчитування з рейки на автоматичне визначення висот за

штрих-кодом. Завдяки простоті «однієї кнопки» та вбудованому бар-код-сканеру Sprinter використав новий стандарт у своїй категорії (рис. 2).

```

// Метод підгонки прямої за методом ЛП-квадратів
private void FitLineLp(List<Point> pts, double p, out double a, out double b,
    int maxIter = 20)
{
    // Кількість точок у списку
    int n = pts.Count;
    // Початкові значення нахилу
    a = 0.0;
    // Початкове значення зсуву (середнє значення y)
    b = pts.Average(pt => pt.Y);

    // Ітеративний процес для мінімізації ЛП-норми
    for (int iter = 0; iter < maxIter; iter++)
    {
        // Ініціалізація сум для обчислення коефіцієнтів
        double sumW = 0, sumWX = 0, sumWY = 0, sumWXX = 0, sumWXY = 0;
        // Обхід усіх точок
        for (int i = 0; i < n; i++)
        {
            double xi = pts[i].X; // x-координата точки
            double yi = pts[i].Y; // y-координата точки
            double vi = yi - (a * xi + b); // відхилення від поточної прямої
            // Обчислення ваги для точки на основі відхилення
            double w = Math.Pow(Math.Max(1e-8, Math.Abs(vi)), p - 2);
            sumW += w; // Сума ваг
            sumWX += w * xi; // Сума вагованих x
            sumWY += w * yi; // Сума вагованих y
            sumWXX += w * xi * xi; // Сума вагованих x^2
            sumWXY += w * xi * yi; // Сума вагованих x*y
        }

        // Обчислення знаменника для оновлення коефіцієнтів
        double denom = sumW * sumWXX - sumWX * sumWX;
        // Перевірка на малий знаменник для уникнення ділення на нуль
        if (Math.Abs(denom) < 1e-10) break;

        // Оновлення коефіцієнтів a і b за формулами
        a = (sumW * sumWXY - sumWX * sumWY) / denom;
        b = (sumWXX * sumWY - sumWX * sumWXY) / denom;
    }
}

```

Рис. 1. Лістинг методу FitLineLp



Рис. 2. Електронний нівелір Leica Sprinter 100M для дослідження осідань гуртожитку ХНАДУ №5
Leica Sprinter призначений для будівельно-

го нівелювання, моніторингу осідань, винесення осей та контролю глибини (висот) відсіпання. Вбудовані програми «розбивка за лінією», «контроль виїмки та насипу», «моніторинг» та «обчислення дельта-висоти» значно прискорюють рутинні геодезичні роботи та мінімізують помилки оператора.

Електронний нівелір Leica Sprinter 100M було використано для дослідження осідань гуртожитку ХНАДУ № 5 2024 року.

Для застосування програми автоматизації методу оброблення геодезичних вимірювань L_p -оцінок було використано вимірювання перевищень нівеліром Leica Sprinter 100M. До них навмисно було додано два грубі промахи у вимірюванні для оцінювання «реакції». Спочатку було застосовано МНК ($p = 2$): ми спостерігаємо, як грубі промахи «віддаляють» функцію вбік і зменшують рівень апроксимації (рис. 3). Потім було використано компромісні оцінки ($p = 1.5$): грубі промахи вже майже не впливають на точність апроксимації (рис. 4).

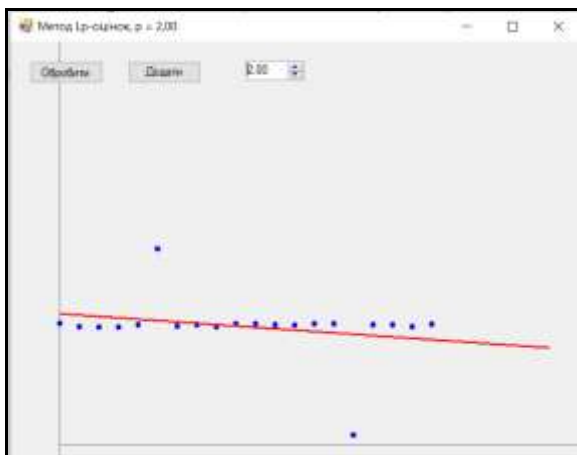


Рис. 3. Приклад застосування методу L_p -оцінок ($p = 2$)

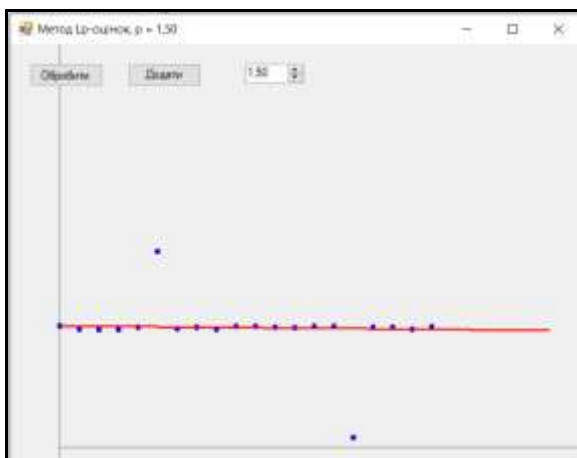


Рис. 4. Приклад застосування методу L_p -оцінок ($p = 1.5$)

Надалі було використано метод най-

менших модулів ($p = 1$): спостерігаємо стійкість до викидів і меншу чутливість до великих похибок (рис. 5).

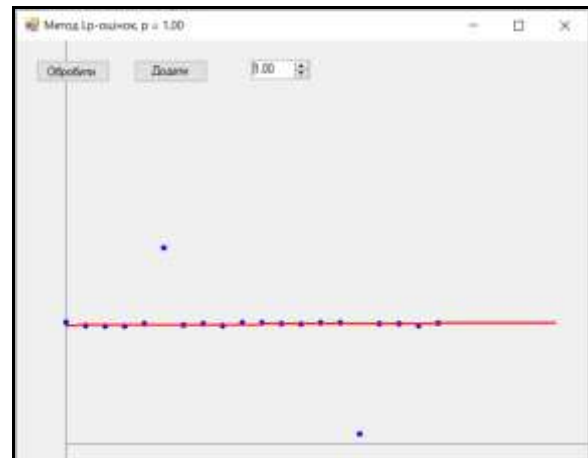


Рис. 5. Приклад застосування методу L_p -оцінок ($p = 1$)

Висновки

Для збільшення точності здійснюють надлишкові геодезичні вимірювання, але процес можуть псувати помилки. Їх виявлення й усунення можливе завдяки використанню методу -оцінок. Метою цього дослідження є розроблення спеціалізованого геодезичного програмного засобу реалізації методу оброблення геодезичних вимірювань -оцінок. Ця мета була реалізована через створення комп'ютерної програми на мові C# із застосуванням Window Forms.

Апробацію здійснено із використанням результатів геодезичних вимірювань електронним нівеліром Leica Sprinter під час дослідження осідань гуртожитку ХНАДУ № 5. В інтерфейсі програми є можливість змінювати параметр p від 1 до 10.

На конкретному прикладі (з грубими помилками вимірювань) ми дослідили, як зміна параметра p допомагає поєднати точність МНК і стійкість до грубих викидів методу L_1 .

Література

1. Про національну інфраструктуру геопросторових даних: Закон України від 13.04.2020. № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text> (дата звернення: 10.05.2025).
2. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних: Постанова Кабінету Міністрів України від 26.05.2021. № 532. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 10.05.2025).

3. Національний геоportal. URL: nsdi.gov.ua (дата звернення: 10.05.2025).
4. JICA website. URL: <https://www.jica.go.jp/english/> (last accessed: 10.05.2025).
5. INSPIRE Geoportal. URL: <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/eng/catalog.search#/home> (last accessed: 10.05.2025).
6. National Spatial Data Infrastructure. URL: <https://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html> (last accessed: 10.05.2025).
7. UN-GGIM. URL: <https://ggim.un.org/> (last accessed: 10.05.2025).
8. Національна інфраструктура геопросторових даних України у світовому вимірі: стан та нагальні завдання розвитку і сталого функціонування / Ю. Карпінський та ін. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2021. Вип. 1 (41). С. 104–112.
9. Amiri-Simkooei A. On the use of two L1 norm minimization methods in geodetic networks. *Earth Observation and Geomatics Engineering*. 2018. № 2(1). P. 1–8. doi: 10.22059/eoge.2018.256034.1021.

References

1. On the National Geospatial Data Infrastructure: Law of Ukraine of 13.04.2020. No. 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text> (accessed: 10.05.2025).
2. On Approval of the Procedure for the Functioning of the National Geospatial Data Infrastructure: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 26.05.2021. No. 532. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text> (accessed on May 10, 2025).
3. National Geoportal. URL: nsdi.gov.ua (accessed on May 10, 2025).
4. JICA website. URL: <https://www.jica.go.jp/english/> (last accessed: 10.05.2025).
5. INSPIRE Geoportal. URL: <https://inspiregeoportal.ec.europa.eu/srv/eng/catalog.search#/home> (last accessed: 10.05.2025).
6. National Spatial Data Infrastructure. URL: <https://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html> (last accessed: 10.05.2025).
7. UN-GGIM. URL: <https://ggim.un.org/> (last accessed: 10.05.2025).
8. National geospatial data infrastructure of Ukraine in the world dimension: state and urgent tasks of development and sustainable functioning / Y. Karpinskyi Yu. et al. Modern achievements of geodetic science and production. 2021. Issue 1 (41). P. 104–112.
9. Amiri-Simkooei, A. (2018). On the use of two L1 norm minimization methods in geodetic networks. *Earth Observation and Geomatics Engineering*. №2(1). P. 1–8. doi: 10.22059/eoge.2018.256034.1021.

Мусієнко Ігор Володимирович¹, к.т.н., доц. каф. проєктування доріг, геодезії і землеустрою, saprad14@gmail.com, тел. +38 050-753-08-85,
Дорошко Євген Вікторович¹, к.т.н., зав. каф. проєктування доріг, геодезії і землеустрою, evgeniy.dorozhko@gmail.com, тел. +38 066-690-63-51,
Наливайко Тарас Антонович¹, к.т.н., доц. каф. проєктування доріг, геодезії і землеустрою, rp@khadi.kharkov.ua, тел. +38 057-707-37-32,
Казаченко Людмила Махайлівна¹, к.т.н., доц. каф. проєктування доріг, геодезії і землеустрою, for.kazachenko@gmail.com, тел. +38 067-309-70-93,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002, Україна.

Application of computer technologies for the realization of the L_p estimation method on the example of processing geodetic measurements using the electronic level Leica Sprinter, with the aim of forming the national geospatial data infrastructure

Abstract. Problem. Topographic surveying of territories is the basis for the formation of the national geospatial data infrastructure, with digital topographic maps being created subsequently. Topographic surveying is based on instrumental measurements, which are subject to error. The L_p estimation method is a modern approach to processing geodetic measurements that belongs to the class of robust (stable) estimation methods. It generalises the classical least squares method (L_2 estimation) and reduces the influence of rough errors or outliers in the data, which is particularly important when analysing real geodetic measurements. **Goal.** To increase the accuracy of geodetic measurements, redundant measurements are used; however, gross errors can compromise the accuracy. Such errors can be detected and eliminated using the L_p -estimates method. This study aims to develop specialised geodetic software for processing geodetic measurements using L_p -estimates. This was achieved by creating a computer program in C# using Windows Forms. **Methodology.** The method for processing geodetic measurements based on L_p -estimates is based on minimising the norm of the measurement residuals (errors) in space. The degree of norm (p) determines the sensitivity of the method to deviations. **Results.** Approval was granted based on the results of geodetic measurements taken using an electronic Leica Sprinter level during the study of KhNADU dormitory No. 5 settlements. In the programme interface, the parameter p can be changed from 1 to 10. Using a specific example involving rough measurement errors, we demonstrated how adjusting the p parameter can combine the accuracy of the LNS with the L_1 method's ability to withstand gross outliers.. **Originali-**

ty. The article presents this program's algorithm, interface and partial code. **Practical value.** As part of the development of a national geospatial data infrastructure, this article presents a method based on L_p -estimates for processing geodetic measurements. This method was implemented using a computer approach involving successive iterations. A computer program in C# was created using Windows Forms.

Key words: computer technologies, L_p -estimation method, processing of geodetic measurements, electronic level, Leica Sprinter, geospatial data infrastructure.

Musiienko Igor¹, Ph., Associate Professor of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, saprad14@gmail.com, tel. +38 050-753-08-85,

Dorozhko Evgeniy Viktorovich¹, Ph., Head of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, evgeniy.dorozhko@gmail.com, tel. +38 066-690-63-51,

Nalivaiko Taras Antonovich¹, Ph., Associate Professor, Department of Road Design, Geodesy and Land Management, rp@khadi.kharkov.ua, tel. +38 057-707-37-32,

Kazachenko Lyudmila Makhailovna¹, Ph., Associate professor, Department of Road Design, Geodesy and Land Management, fop.kazachenko@gmail.com, tel. +38 067-309-70-93,

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, 61002, Yaroslav Mudryi St., 25, Kharkiv, Ukraine.
