

**РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ТА КОРИГУВАННЯ
ПРОСТОРОВИХ КООРДИНАТ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

**DEVELOPMENT A SOFTWARE FOR SPATIAL DATA VERIFICATION FOR ROAD
NETWORK SPATIAL MODELLING**



Дуля Михайло Віталійович, магістр, молодший науковий співробітник відділу розвитку цифровізації, Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»), Київ, Україна, e-mail: mykhailo.dulia@gmail.com,

<https://orcid.org/0000-0002-1916-8642>

Анотація. У статті наведено етапи створення інформаційно-аналітичної системи для перевірки та корегування результатів польових робіт, пов'язаних з визначенням просторових координат та лінійних прив'язок автомобільних доріг. Технічний облік і паспортизація автомобільних доріг проводяться з метою отримання достовірної інформації про наявність доріг і дорожніх споруд та іншої дорожньої інфраструктури, яка знаходиться в межах дорожньої смуги, їх параметрів і технічного стану, що дає можливість обґрунтування та раціонального планування робіт з будівництва, реконструкції, ремонту та утримання доріг.

В процесі виконання роботи на основі попереднього досвіду та проведеного аналізу були сформульовані задачі дослідження. Вирішення поставлених задач пов'язане з автоматизацією процесу векторних побудов на координатній площині, або тривимірних зображень. Для вирішення поставлених задач в процесі створення аналітичної системи, були запрограмовані окремі функції. Для створення головного меню та підменю інтерфейсу програмного забезпечення ці функції були об'єднані в групи.

Запропонований метод та розроблена інформаційно-аналітична система дають можливість забезпечити фахівців дорожньої галузі інструментом для перевіряння та коригування результатів польових робіт, пов'язаних з визначенням просторових координат та лінійних прив'язок (км+); отримати економію бюджетних коштів (за рахунок відмови від придбання ліцензій на закордонні аналоги та витрат на їх модернізацію до вимог чинних нормативних документів); зекономити робочий час (за рахунок автоматизації процесу перевіряння та коригування); запобігти отриманню неякісних послуг з визначення просторових координат при паспортизації автомобільних доріг.

Ключові слова: автомобільна дорога, алгоритм розрахунку, координатна площина, лінійна прив'язка, масштаб відображення, поздовжній профіль, програмне забезпечення, просторові дані, цифрова модель.

Вступ. Доведено що без достовірної інформації щодо протяжності мережі автомобільних доріг та транспортних потоків на них, інформації про всі можливі альтернативи, ймовірності їх настання та їх наслідки, без раціональної системи упорядкування переваг за ступенем їх важливості, негативно позначиться на стані автомобільних доріг.

Метою інформаційного забезпечення дорожньої галузі є систематичне надання актуальної комплексної інформації (даних) про автомобільні дороги, споруди на них, об'єкти дорожнього сервісу,

транспортні потоки, природні та техногенні явища, яка необхідна для планування та проведення робіт, які забезпечать максимально ефективно використання існуючого фінансового ресурсу.

Розроблення варіантів рішень та прийняття раціонального рішення можливо тільки на основі комплексної інформації про стан автомобільної дороги/мережі доріг. Комплексна інформація буде достовірною лише за умови, що початкові дані будуть об'єктивними та актуальними на момент прийняття рішення.

Мережа автомобільних доріг постійно зазнає значних змін, зокрема пов'язаних з будівництвом об'їздів населених пунктів, транспортних розв'язок, реконструювання ділянок, змін титулу автомобільних доріг, зміни балансоутримувачів та уточнення меж утримання автомобільних доріг. Це викликає потребу в регулярному актуалізуванні інформації бази даних географічних координат автомобільних доріг з можливістю забезпечення уніфікації та автоматизації процесів та робіт, пов'язаних з використанням просторових координат автомобільних доріг.

Метою роботи є забезпечення уніфікації та автоматизації процесів та робіт, пов'язаних з використанням просторових координат автомобільних доріг та підвищення ефективності заходів з перевірки та корегування результатів польових робіт, пов'язаних з визначенням просторових координат та лінійних прив'язок (км+).

Виклад основного матеріалу. Старт залученню інформаційних технологій в дорожню галузь був покладений ще у 2001 році згідно [1]. У 2002 була затверджена «Програма створення системи інформаційного забезпечення на автомобільних дорогах загального користування на 2002 – 2010 роки» [2].

Наприкінці 2009 року набуває чинності СОУ 45.2-00018112-038:2009 «Паспорт автомобільної дороги». Період 2010 – 2018 років характеризується майже повною зупинкою паспортизації та поступовим згасанням супутніх аналітичних процесів, яким бракувало актуальних даних про автомобільні дороги та транспортні потоки. Значною мірою причиною цих явищ стали світова фінансова криза, політична нестабільність в Україні, російська агресія, втрата суверенітету над АР Крим та окремими районами Донецької та Луганської областей.

Одним з небагатьох процесів, для фінансування якого в кризових умовах вдавалось віднайти кошти, став процес розроблення та подальшого удосконалення нормативної бази.

У 2016 році набуває чинності оновлений СОУ 42.1-37641918-038:2016 Паспорт автомобільної дороги який запровадив винятково електронний формат документообігу при паспортизації автомобільних доріг та користуванні паспортом автомобільної дороги з використанням єдиного для галузі програмного забезпечення.

Практичне втілення напрацювань було реалізоване у вигляді загальнодержавного проекту з визначення просторових координат на мережі автомобільних доріг міжнародного, національного та регіонального значень в 2016 – 2018 роках та територіального значення в 2020 – 2022 роках, результатом якого було створення бази даних географічних координат автомобільних доріг загального користування.

У 2020 році Агентством відновлення спільно з Міністерством цифрової трансформації та за підтримки проекту USAID/UK aid «Прозорість та підзвітність в державному управлінні та послугах / TAPAS» був розроблений інструмент КМ+ «Дорожній геокалькулятор» (<https://kmplus.restoration.gov.ua/> – доступ до ресурсу обмежений, у зв'язку з воєнним станом), що дозволяє користувачам отримати інформацію стосовно назви та лінійної прив'язки (км+) автомобільних доріг, меж обслуговування балансоутримувачів, а також знаходити лінійну прив'язку (км+) дороги відповідно до просторових координат та навпаки [3].

Виконання цих робіт передувало розроблення фахівцями Державного підприємства «Національний інститут розвитку інфраструктури» (в минулому ДП «ДерждорНДІ») у межах виконання науково-дослідної роботи автоматизованої інформаційної системи перевірки та корегування просторових координат [4], яка в свою чергу базувалась на інтелектуальному продукті співавторів розробки [5] та безпосередньо бази даних просторових координат, яка є основою для

цифрової моделі мережі автомобільних доріг – просторового каркасу для точного позиціонування всієї наявної інформації про автомобільні дороги та транспортні потоки (рис. 1) [6].

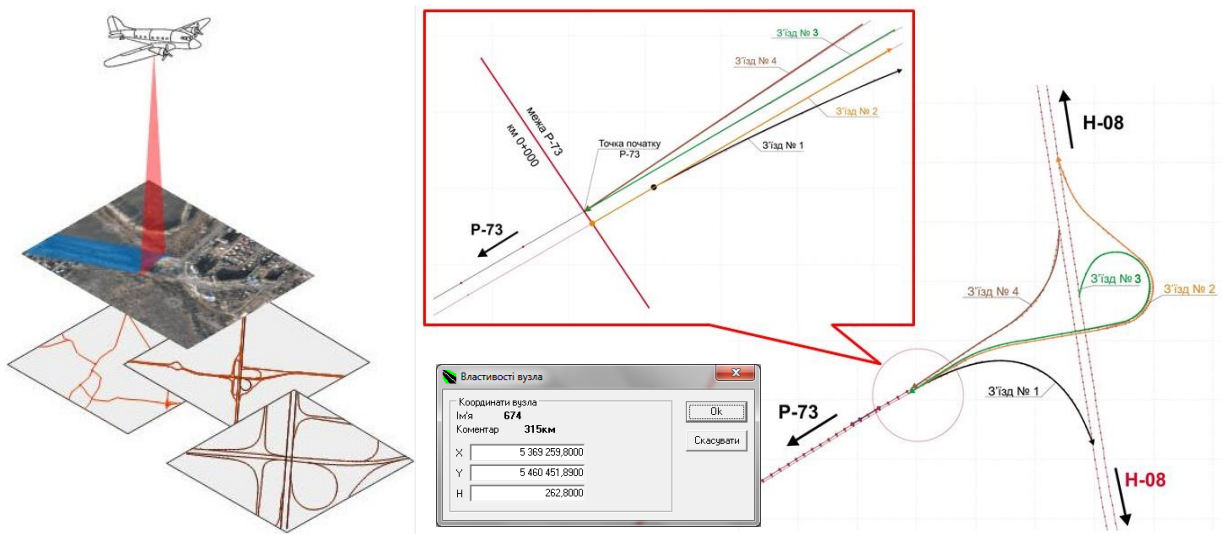


Рисунок 1 – Побудова просторової моделі мережі автомобільних доріг
Figure 1 – Road network spatial modelling

Згідно з [7] початком робіт з інформаційного забезпечення дорожнього господарства є визначення просторових координат осей правих проїздів прямого та зворотного напрямків руху.

В процесі виконання роботи на основі попереднього досвіду та проведеного аналізу були сформульовані задачі дослідження. Перша задача – відображення отриманих треків в плані та в повздовжньому профілі на відповідних координатних площинах оскільки оцінити правильність результатів введення координат можливо тільки візуально. Враховуючи, що існуючі технології визначення просторових координат допускають похибки, сформульовано другу задачу – алгоритмізація та автоматичний пошук «збійних точок». Третя задача – створення інструменту коригування координат в плані і по висоті в режимі «on-line» для можливості коригування виявлених «збійних точок». Четверта задача – розробки алгоритму та створення інструменту (функції) виявлення факту наявності горизонтальної кривої та розрахунку її параметрів оскільки відповідно до вимог [7] необхідно розрахувати горизонтальні криві з визначенням їх початку та кінця (як у вигляді координат, так і у вигляді лінійних прив'язок), напрямку повороту, величинами радіусу та кута повороту. Враховуючи особливості технології визначення просторових координат лінії треку можуть відхилятися від лінії теоретичної кривої що вимагає вирішення п'ятої задачі – створення інструменту (функції) розташування виділеної ділянки треку на шаблонній дузі. Після проведення всіх корекцій, виникає шоста та сьома задачі – розрахунку відкоригованих координат та лінійних прив'язок кожної точки вже «виправленого треку». Зважаючи на те, що роботи з визначення просторових координат автомобільних доріг мають лінійний характер та проводяться в межах окремого регіону (області) виникає восьма задача – урівноваження треків між собою в точках перетину, як в плані, так і по висоті (в межах точності приборів та технологій). Ця задача зводиться до урівноваження отриманих нев'язок (масової пропорційної зміни координат декількох треків) при нівелюванні нев'язок в декількох точках. Враховуючи, що роботи з визначення просторових координат автомобільних доріг проводяться в межах окремого регіону (області), виникає дев'ята задача – об'єднання декількох треків в окремих областях в єдиний трек автомобільної дороги певного титулу та отримання еталонного треку дороги. Десята задача сформульована із умови необхідності лінійної прив'язки зафіксованих просторових координат, що отримані в процесі щорічного моніторингу стану доріг – задача накладення польового

треку на еталонний та отримання еталонного треку з метаданими транспортно-експлуатаційних характеристик. Згідно з [8] кожна з складових об'єктів автомобільної дороги має координатну та лінійну прив'язку, яка визначається як проекція положення об'єкту на вісь правого проїзду прямого напрямку руху. Для автоматизації визначення лінійних прив'язок може бути використаний алгоритм десятої задачі.

Аналізування та порівняння існуючих аналогів програмного забезпечення проводився за функціональними можливостями (або потенційними можливостями – в результаті удосконалення та розширення наявного функціоналу) та здатністю їх виконувати визначений перелік задач. Програма «Track Corrector» [5] показала найкращу пристосованість до виконання поставлених задач під час перевірки результатів робіт з визначення просторових координат мережі автомобільних доріг державного значення загального користування. Дана програма являється власністю фізичних осіб, що свідчить про реальність отримання прав власності та створення на її основі інформаційно-аналітичної системи для перевірки та корегування результатів польових робіт, пов'язаних з визначенням просторових координат та лінійних прив'язок автомобільних доріг.

Вирішення поставлених задач пов'язане з автоматизацією процесу векторних побудов на координатній площині, або тривимірних зображень. Для їх вирішення в процесі створення аналітичної системи, були запрограмовані окремі функції. Для створення головного меню та підменю інтерфейсу програмного забезпечення ці функції були об'єднані в групи, перелік окремих функцій та їх поєднання в групи наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Перелік окремих функцій та їх поєднання в групи

Table 1 – List of individual functions and their combination into groups

Ч.ч.	Назва та опис функції
1	Файлові функції - оперують треком, як єдиним об'єктом
1.1	Завантажити / відкрити трек
1.2	Зберегти трек / зберегти як
1.3	Зберегти виділену частину треку, як окремий трек
1.4	Зміна властивостей треку
1.5	Імпорт треку з Excel
1.6	Експорт всього треку (або виділеної ділянки треку) в Excel
1.7	Закрити трек / треки
2	Функції відображення
2.1	Команда відображення всього треку
2.2	Відображення координатної «сітки» з автоматичним підбором її кроку при масштабуванні треку
2.3	Масштабування треку
2.4	Команда відображення всіх завантажених треків
2.5	Відображення треку в плані
2.6	Відображення повздовжнього профілю треку
2.7	Відображення всіх треків в окремому вікні навігації
3	Аналітичні функції
3.1	Пошук збійних вузлів (похибок трекування)
3.2	Пошук та видалення вузлів, що дублюються
3.3	Автоматичний пошук кривих та побудова шаблонних дуг по цих кривих
4	Функції редагування (корегування) треку
4.1	Виділення одного, декількох або всіх вузлів треку

Кінець таблиці 1
End of Table 1

4.2	Зміна розташування виділених вузлів в плані
4.3	Зміна висоти виділених вузлів в профілі
4.4	Можливість адаптивної зміни розташування / висоти вузлів
4.5	Редагування назви вузла та його коментаря
4.6	Масове редагування коментарів
4.7	Пошук та виділення вузлів по км ⁺
4.8	Пошук та виділення вузлів по частині коментаря та / або назви
4.9	Додавання одного або декількох вузлів після виділеного
4.10	Розташування виділеної ділянки треку на прямій, що проходить через крайні вузли виділеної ділянки
4.11	Додати трек в кінець відкритого треку
4.12	Розташування та рівномірне розподілення виділеної ділянки треку на прямій, що проходить через крайні вузли виділеної ділянки
4.13	Згладжування виділеної ділянки треку шляхом спрямлення послідовних трійок вузлів
4.14	Додавання по виділеній ділянці треку шаблонної дуги, що максимально відповідає виділеній ділянці
4.15	Редагування шаблонної дуги, як частини кола, по трьох точках кола
4.16	Додавання та редагування коментарів до шаблонних дуг
4.17	Додавання окремої шаблонної дуги
4.18	Розташування виділеної ділянки треку на шаблонній дузі
4.19	Об'єднання декількох треків в один
4.20	Просторова корекція треку по двох точках
4.21	Розташування вузлів треку по еталонному треку

В розробленій інформаційно-аналітичній системі реалізовані функції:

- імпорт протоколу вхідних даних у форматі електронної таблиці Microsoft Excel;
- побудова плану та повздовжнього профілю треку на відповідних координатних площинах;
- експорт всього треку (або виділеної ділянки треку) – створення протоколів характеристик треку та вписаних горизонтальних кривих в форматі Microsoft Excel;
- видалення з координатних поверхонь (плану та повздовжнього профілю) активного треку, або всіх треків, відкритих на координатних поверхнях за необхідності;
- відображення треків на координатних площинах плану;
- можливість масштабування треку з автоматичним підбором кроку координатної сітки;
- можливість одночасного відображення всіх треків у вікні;
- можливість візуального переміщення зображень треків, згідно рухів курсору миші при статичному положенні вікна відображення;
- зміна масштабу відображення – візуальне наближення або віддалення місця позначеного курсором миші при статичному положенні вікна зображення;
- відображення всіх треків в окремому вікні навігації для можливості орієнтації вікна відображення при одночасній роботі із значною кількістю треків;
- відображення повздовжнього профілю треків з перерахунком метричних координат відрізків у встановлені екранні координати для повздовжніх профілів;
- пошук та автоматичне видалення вузлів, що дублюються – наявність похибок у вигляді декількох послідовно розташованих точок з однаковими координатами;
- побудова шаблону кривої по виділених вузлах треку в плані – зважаючи на різноманітні деформації поверхні покриття, похибки приладу по визначенню просторових координат та неточність

при визначенні осі проїзду алгоритми побудови кривих є ітераційним процесом та вимагає методів наближеного обчислення;

– функції редагування (корегування) треку – переміщення вузла по координатній площині плану, або по висотній координаті повздожнього профілю, відстеження переміщень вузла у відповідних координатних площинах та у відповідних екранних координатах, зміна атрибутів / коментарів до конкретного вузла, створення додаткових вузлів всередині треку та поза межами треку, як його продовження, запам'ятовування результатів корегування.

- аналітичні функції, що дозволяють алгоритмізувати та автоматизувати виявлення місць, які в подальшому потребують обов'язкового корегування, а саме похибки визначення координат в плані та в повздожньому профілі, які не відповідають вимогам заданої точності зйомки [6], можливим деформаціям поверхні дороги в результаті її деградації під час експлуатації та ділянки горизонтальних кривих. Алгоритм передбачає одночасну перевірку наявності «збійних» вузлів в плані і цих же вузлів в повздожньому профілі.

Враховуючи норматив відстані між точками при роботах по визначенню просторових координат автомобільних доріг [7] та норматив найбільшого повздожнього похилу у 30 проміле [9] — збійним вважається вузол, координати якого не задовольняють вимоги щодо кроку проектування (мінімальної відстані при переламі проектної лінії в плані – не більш ніж на 35°, та профілі – не більш ніж на 12°, зважаючи на відстань між точками в межах 20 м) (рис.2). Вони можуть виникати внаслідок помилки геодезичного обладнання, якості його зв'язку з RTK-станціями для отримання поправок на коригування чи перемикування між ними тощо.

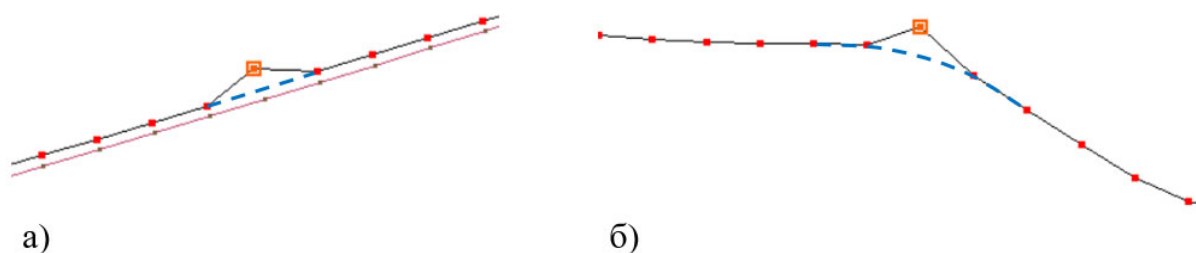


Рисунок 2 – Приклад «збійних» вузлів в плані а) та профілі б)
Figure 2 – Examples of erroneous nodes in plan view a) and profile view b)

На рисунку 3 наведено блок-схему алгоритму забезпечення інтерактивності перевірки та можливості прийняти рішення про корекцію вузла. Алгоритм передбачає одночасну перевірку наявності «збійних» вузлів в плані і цих же вузлів в повздожньому профілі.

Оскільки інтерфейс є головним інструментом інтерактивного спілкування користувача з алгоритмами програмного забезпечення, тому він має бути зрозумілий для інженера-дорожника та простий у використанні. Для вирішення сформульованих задач дослідження, було розроблено наступні інструменти відображення: панелі координатної поверхні плану; панелі координатної поверхні повздожнього профілю; навігаційної панелі треків в плані; навігаційної панелі треків в повздожньому профілі; виконання окремих функцій та інформаційних повідомлень.

Під час впровадження та дослідної експлуатації інформаційно-аналітичної системи передбачалося: створення ІАС моделювання мережі доріг як повномасштабної системи; відпрацювання окремих частин та взаємодію їх, як єдиного цілого; комплексне вдосконалення та введення у дію із забезпеченням доступу до неї користувачів.

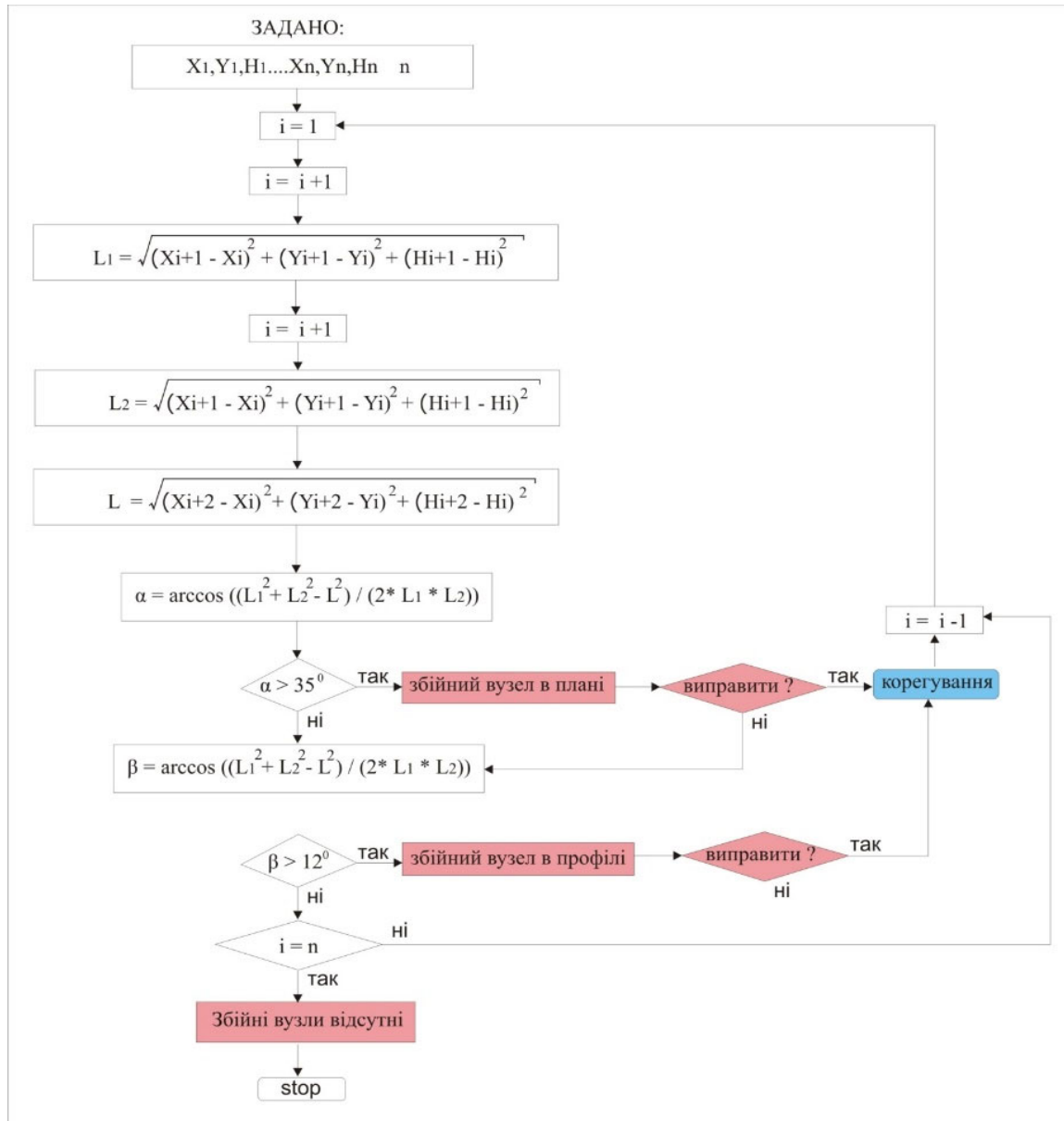


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритму перевірки «збійних» вузлів
 Figure 3 – Flowchart of the algorithm for node checking

Тестова версія Інформаційно-аналітичної системи автоматизованого перевіряння та підготування даних для побудови цифрової моделі автомобільної дороги пройшла дослідну експлуатацію Службами автомобільних доріг у Волинській, Житомирській, Кіровоградській, Миколаївській та Черкаській областях що надало можливість: виявлення та узгодження проектних та експлуатаційних проблем системи; вдосконалення взаємодії системи у цілому з джерелами даних та користувачами; перевірку вірності та ефективності вибраних рішень; забезпечення першочергових потреб користувачів.

В результаті дослідної експлуатації встановлено, що інформаційно-аналітична система працездатна та дозволяє виконувати коригування протоколу координат точок в плані та повздовжньому профілі автомобільної дороги, отриманих за допомогою GPS – приймача.

Висновки. Перелік задач, що вирішуються при інформаційному забезпеченні дорожнього господарства та непристосованість існуючого на ринку програмного забезпечення для вирішення цих задач, визначають актуальність та унікальність розроблення Інформаційної аналітичної системи автоматизованого перевіряння та підготування даних для побудови цифрової моделі автомобільної дороги. Вона надає можливість забезпечення уніфікації та автоматизації процесів та робіт, пов'язаних з використанням просторових координат автомобільних доріг загального користування, як для вже наявних – державного значення, так і тих, для яких роботи з визначення просторових координат ще належить виконати.

В результаті впровадження роботи фахівці дорожньої галузі забезпечені інструментом для перевіряння та коригування результатів польових робіт, пов'язаних з визначенням просторових координат та лінійних прив'язок (км+). Здійснена автоматизація процесу, що дозволяє економити робочий час а також, за рахунок відмови від придбання ліцензій на закордонні аналоги та витрат на їх модернізацію до вимог чинних нормативних документів отримана економія бюджетних коштів.

Перелік посилань

1. Постанова Кабінету Міністрів України №1702 від 18.12.2021 «Про затвердження Порядку формування та виконання галузевої програми і проекту інформатизації».
2. Постанова Кабінету Міністрів України № 586 від 27.04.2002 «Про затвердження Програми створення системи інформаційного забезпечення на автомобільних дорогах загального користування на 2002-2010 роки».
3. Геодані про дороги державного значення тепер доступні у відкритому доступі та у зручному форматі. Режим доступу: <https://www.facebook.com/agency.for.restoration/posts/pfbid02odALAr2phAGASSvxi3mAZ8G6Uf6b6vUkLc3cpsZjPKBdhacYEdhQqoC9E7FQ23dXl>.
4. Печончик Т.І., Мудриченко Н.С. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробити інформаційно-аналітичну систему автоматизованого перевіряння та підготування даних для побудови цифрової моделі автомобільної дороги», Київ: ДерждорНДІ, 2019, 104 с.
5. Локтев А.В., Гуков М.І. Комп'ютерна програма «Track Corrector». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 33408, видане Державним департаментом інтелектуальної власності МОН України від 21.05.2010.
6. Вознюк А. Б. Удосконалення методу прогнозування аварійно-небезпечних ділянок на мережі автомобільних доріг. : дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Вознюк А. Б. – Київ, 2021. – 226 с.
7. СОУ 42.1-37641918-122:2014 Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення (зі Зміною №1).
8. СОУ 42.1-37641918-038:2016 Паспорт автомобільної дороги (зі Зміною №1).
9. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.
10. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів.
11. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних».
12. Закон України «Про захист інформації в автоматизованих системах».

13. Іванченко В.О., Дуля М.В. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу «Узагальнити інформацію щодо просторових координат автомобільних доріг державного значення та розробити базу даних географічних координат з ув'язкою їх в єдину мережу для уточнення протяжності і кілометрової прив'язки», Київ: ДерждорНДІ, 2021, 102 с.

14. Дуля М.В. Гресько І.Л. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу «Узагальнити інформацію щодо просторових координат територіальних автомобільних доріг державного значення та доповнити базу даних географічних координат з ув'язкою їх в єдину мережу для уточнення протяжності і кілометрової прив'язки», Київ: ДерждорНДІ, 2023, 84 с.

DEVELOPMENT A SOFTWARE FOR SPATIAL DATA VERIFICATION FOR ROAD NETWORK SPATIAL MODELLING

Mykhailo Dulia, State enterprise «National Institute for Development of Infrastructure (SE «NIDI»), Junior Researcher Fellow at the Digitalization Development Division, Kyiv, Ukraine, e-mail: mykhailo_dulia@gmail.com, tel.+380939203254, <https://orcid.org/0000-0002-1916-8642>.

Summary. The article describes the stages of creating an information and analytical system for verifying and correcting the results of field work related to the determination of spatial coordinates and linear references of highways. Technical accounting and certification of highways are carried out in order to obtain reliable information on the presence of roads and road structures and other road infrastructure located within the roadway, their parameters and technical condition, which makes it possible to justify and rationally plan the construction, reconstruction, repair and maintenance of roads.

In the course of the work, based on previous experience and analysis, the research objectives were formulated. The solution of the tasks is associated with the automation of the process of vector constructions on the coordinate plane, or three-dimensional images. To solve the tasks in the process of creating an analytical system, separate functions were programmed. To create the main menu and submenus of the software interface, these functions were combined into groups.

The proposed method and the developed information-analytical system make it possible to provide road industry specialists with a tool for checking and correcting the results of field work related to the determination of spatial coordinates and linear references (km+); to obtain budgetary savings (due to the refusal to purchase licenses for foreign analogues and the cost of their modernization to the requirements of current regulatory documents); save working time (by automating the process of verification and correction); prevent low-quality services for determining spatial coordinates during road certification.

Keywords: highway, calculation algorithm, coordinate plane, linear reference, display scale, longitudinal profile, software, spatial data, digital model.

References

1. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1702 of 18.12.2021 «On Approval of the Procedure for the Formation and Implementation of the Sectoral Program and Informatization Project».
2. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 586 of 27.04.2002 «On Approval of the Program for the Creation of an Information Support System on Public Roads for 2002-2010».
3. Geodata on roads of national importance are now available in open access and in a convenient format. Access mode: <https://www.facebook.com/agency.for.restoration/posts/pfbid02odALAr2pHA GASSvxi3mAZ8G6Uf6b6vUkLc3cpsZjPKBdhacYEdhQqoC9E7FQ23dXl>.

4. Pechonchyk T.I., Mudrychenko N.S. et al. Report on research work «Development of information-analytical system for automated verification and preparation of data for building a digital road model», Kyiv: DerzhdorNDI, 2019, 104 p.
5. Loktev A.V., Gukov M.I. Computer program «Track Corrector». Certificate of registration of copyright to the work No. 33408, issued by the State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine on May 21, 2010.
6. Vozniuk A. B. Improvement of the method of forecasting accidentally dangerous sections on the road network: PhD in Technical Sciences: 05.22.01 / Vozniuk AB - Kyiv, 2021. 226 p.
7. SOU 42.1-37641918-122:2014 Roads. Requirements for the complex of works on information support (with Amendment No. 1).
8. DSTU 42.1-37641918-038:2016 Passport of the road (with Amendment No. 1).
9. DNB B.2.3-4: 2015 Roads. Part I. Design. Part II. Construction.
10. DNB B.2.3-5:2018 Streets and roads of settlements.
11. The Law of Ukraine «On National Geospatial Data Infrastructure».
12. The Law of Ukraine «On Protection of Information in Automated Systems».
13. Ivanchenko V.O., Dulia M.V. et al. Report on the research work «Generalize information on spatial coordinates of roads of state importance and develop a database of geographical coordinates with their linking into a single network to clarify the length and kilometer reference», Kyiv: DerzhdorNDI, 2021, 102 p.
14. Dulia M.V. Gresko I.L. et al. Report on the research work «Generalize information on spatial coordinates of territorial roads of state importance and supplement the database of geographical coordinates with their linking into a single network to clarify the length and kilometer reference». Kyiv: DerzhdorNDI, 2023, 84 p.