



УДК 528.486

COMPARATIVE ANALYSIS OF GEOSPATIAL DATA COLLECTION METHODS FOR THE CONSTRUCTION OF DIGITAL MODELS OF THE LOCATION**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗБОРУ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ МІСЦЕВОСТІ****Dorozhko Y.V. / Дорожко Є.В.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2894-2131

Onyshchenko O.S. / Онищенко О.С.*assist. / асист.**Kharkiv National Automobile and Highway University,**Kharkiv, Yaroslava Mudroho str, 25, 61002**Харківський національний автомобільно-дорожній університет,**Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25, 61002*

Анотація. В роботі розглядається обґрунтування доцільності розробки цифрових моделей місцевості лінійних об'єктів на прикладі автомобільних доріг. Основними факторами, що спонукають розвиток цифрового моделювання місцевості на сьогоднішній день є: стрімкий розвиток різноманітних систем автоматизованого проектування конструкцій, що в своїй основі використовують цифрові моделі місцевості, зручність та швидкість передачі інформації про рельєф та ситуацію місцевості в цифровому форматі між користувачами, зручність зберігання та редагування інформації про рельєф місцевості в цифровому форматі. Розглянуті джерела геопросторових даних для створення цифрових моделей місцевості, дистанційні та наземні методи знімання.

Ключові слова: автоматизоване проектування, геопросторові дані, методи геодезичного знімання, цифрова модель місцевості.

Вступ.

Основними факторами успіху у сучасному будівництві та експлуатації автомобільних доріг є скорочення терміну виконання проєктних та будівельних робіт, зниження вартості проєктних та будівельних робіт та підвищення якості їх виконання. До числа найбільш ефективних технологій, що дозволяють виконати зазначені вимоги, належать використання автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань та використання систем автоматизовано проектування транспортних споруд при проектуванні капітального ремонту автомобільних доріг та нового будівництва. Основними факторами, що спонукають розвиток цифрового моделювання місцевості на сьогоднішній день є [1, 2]:

- 1) стрімкий розвиток різноманітних систем автоматизованого проектування конструкцій, що в своїй основі використовують цифрові моделі місцевості;
- 2) зручність та швидкість передачі інформації про рельєф та ситуацію місцевості в цифровому форматі між користувачами;
- 3) зручність зберігання та редагування інформації про рельєф місцевості в цифровому форматі.

Системи автоматизованого проектування дозволяють суттєво збільшити якість та швидкість розробки проєктних рішень, спрощують роботу



проектувальника. Системи автоматизованого проектування здебільшого вимагають вихідних даних у вигляді цифрових моделей, наприклад при проектуванні водовідведення з поверхні ділянки місцевості тощо. Головним недоліком використання паперової картографічної інформації є витрата значної кількості часу, у порівнянні з витратою часу на опрацювання цієї інформації машиною, що є серйозним бар'єром розвитку автоматизованих високоефективних технологій [2]. Для вирішення цієї проблеми, що полягає в обмеженні можливості успішного застосування сучасних засобів автоматизації, необхідно застосовувати цифрові моделі місцевості, які задовольняють вимогу прямого введення й опрацювання топографічної інформації на сучасних комп'ютерах.

Представлення результатів інженерно-геодезичних вишукувань в цифровій формі забезпечує подальший комп'ютерний аналіз і автоматизовану обробку даних. Нові технічні та технологічні можливості базуються на сучасних методах і засобах збору та комп'ютерної обробки просторових даних [1, 3]. У сучасній галузі інженерно-геодезичних вишукувань існує два основних напрямку щодо автоматизації обробки інформації [1]:

- використання спеціалізованого програмного забезпечення;
- використання універсальних програмних комплексів з метою автоматизації обробки результатів геодезичних вимірювань.

Основний текст.

Джерела геопросторових даних для створення цифрових моделей місцевості.

В сучасних умовах основні тенденції розвитку топографічної та картографічної діяльності обумовлюються розвитком програмних комплексів та геодезичного обладнання.

Основними джерелами вихідної інформації для побудови цифрових моделей місцевості можуть бути [4-6]:

- ✓ результати геодезичних вишукувань, які виконуються переважно електронними тахеометрами та ГНСС приймачами;
- ✓ існуючі паперові картографічні матеріали, які в подальшому оцифровуються;
- ✓ результати наземного лазерного сканування;
- ✓ результати лазерного сканування із повітряного носія;
- ✓ інтерферометричні дані, що отримані за допомогою радара, встановленого на літальному апараті;
- ✓ результати фотограмметричних стерео вимірювань просторової моделі, що будується із стереопари зображень.

Кожен з наведених джерел інформації має свої переваги і недоліки, потребує різного обладнання і програмного забезпечення, але в цілому варто відзначити тенденцію зростання ролі наземного лазерного сканування при створенні цифрових моделей місцевості. Процес оцифрування існуючого картографічного матеріалу – це перетворення в цифровий формат існуючих аналогових даних про рельєф і ситуацію.



При оцифруванні інформація переноситься із паперового варіанту в цифровий формат. Питання перетворення паперового картографічного матеріалу в цифрову модель місцевості на сьогоднішній момент досить актуальна з огляду на наступні фактори [1]:

- проблему швидкого псування паперових носіїв при використанні;
- зручність та швидкість передачі картографічного матеріалу в цифровому форматі між користувачами;
- стрімкий розвиток засобів автоматизованого проектування.

З часом корпоративні та муніципальні фонди картографічних матеріалів, що знаходяться в паперовому вигляді, зтираються, старіють та перетворюються в непридатний стан. Доволі простий і надійний спосіб врятувати часом безцінні картографічні матеріали – це перетворення їх в цифрові моделі місцевості. При оцифруванні існуючого паперового картографічного матеріалу обов'язковою умовою є збереження наступних даних [1]:

- 1) графічна точність – необхідно забезпечити збереження в растровій карті усіх деталей вихідної паперової карти (якщо паперова карта володіє графічною точністю 0,2 мм то сканування доцільно виконувати з розширенням не менше 500 dpi так, щоб розмір пікселю склав приблизно 0,1 мм;
- 2) загальна інформація – назва ділянки карти та розташованих на її площі населених пунктів, номенклатура і легенда карти та ін;
- 3) структурна інформація – опис зв'язків між різноманітними об'єктами;
- 4) метрична інформація – існуючі системи координат та координати точок ситуації;
- 5) синтаксична інформація – опис зв'язків між точками;
- 6) семантична інформація – характеристики властивостей об'єкта.

Перетворення картографічного матеріалу в цифрову модель місцевості, яка відповідатиме наведеним вимогам, можна виконувати за допомогою сучасних програмних комплексів «Autodesk Civil 3D», «Autodesk Map 3D» «MapInfo», «Pythagoras», «Digitals» «GeoniCS», «Topocad» та інших.

Дистанційні методи знімання.

Технології збирання геопросторових даних широко вживані у дистанційних зніманнях, таких як: аерофотограмметрія та космічне знімання з високою роздільною здатністю. Залежно від висоти знімання території вирізняють: космічне, аерознімання та знімання безпілотними літальними апаратами. Зазвичай до дистанційних або аерокосмічних методів відносяться ті методи, що призначені для отримання інформації про об'єкти земної поверхні, явища і процеси з космосу чи повітря. За способом одержання даних методи дистанційного знімання поділяються на: фотографічні знімання, телевізійні знімання, оптико-електронні знімання, оптико-механічні, інфрачервоні (теплові) знімання, радіотеплові знімання. В переважній більшості методи дистанційного знімання застосовуються для складання значних ділянок місцевості за площею та не є зручними для лінійних об'єктів з значною протяжністю. Особливо що стосується автомобільних доріг, то дистанційні методи знімання зазвичай не дозволяють отримати весь комплекс необхідних параметрів штучних споруд для



детального аналізу стану автомобільних доріг та розробки проектних рішень. Тому для лінійних об'єктів більш широко вживаними є методи наземного отримання вихідних даних для побудови цифрових моделей місцевості [1].

Наземні методи знімання.

Залежно від технології проведення робіт та використовуваного обладнання розрізняють декілька видів наземного знімання, а саме [1]:

- горизонтальна та вертикальна зйомка;
- тахеометрична зйомка;
- зйомка за допомогою глобальних навігаційних супутникових систем ГНСС;
- наземна фотограмметрична зйомка;
- лазерне сканування;
- мобільні картографічні системи.

Для проведення горизонтального, вертикального та тахеометричного знімання наразі доступним є широкий вибір сучасних моделей високоточних електронних та роботизованих теодолітів, тахеометрів, нівелірів, функціональні можливості яких дозволяють виконувати кутові вимірювання з точністю до 0,5", вимірювання відстаней до 1 км на один кілометр та вимірювання перевищень на 1 км подвійного ходу в межах від 0,3 мм до 1 мм. Водночас варто відзначити, що цей спосіб цілком забезпечує сучасні вимоги щодо точності вимірювань, але при використанні вимірювань на лінійних спорудах типу автомобільних доріг потребує значну кількість часу, що може вимірюватись тижнями, в залежності від щільності елементів ситуації, складності рельєфу і протяжності ділянки вишукувань.

Знімання із застосуванням методів ГНСС широко використовується з моменту розвитку глобальних супутникових геодезичних систем типу GPS (США), Compass (Китай), Galileo (Європейський Союз). Застосування систем ГНСС дозволяє визначити положення елементів ситуації у просторі, визначати відстані між об'єктами, задавати напрями при розмічуванні та вимірюванні тощо. Варто відзначити швидкість, зручність та легкість вимірювальних робіт у порівнянні із тахеометричним зніманням, але у якості недоліку варто відмітити обмеження у можливості використання даного методу пов'язаного із необхідністю працювати на відкритій місцевості, що дозволить забезпечити надійний зв'язок із супутниками. Варто відзначити, що розвиток систем автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань спонукав розвиток комбінованого методу топографічного знімання, коли розглянуті методи поєднуються і частина елементів ситуації знімається тахеометричним методом, а частина з використанням методу ГНСС.

Технологія наземної фотограмметричної зйомки, наразі суттєво втрачає вживаність у сучасних умовах розвитку скануючих систем. Методи наземного сканування почали інтенсивно розвиватись з початку 2000-х років і полягають у вимірюванні з високою швидкістю відстаней від сканера до точок об'єкта та реєстрації відповідних напрямків (вертикальних і горизонтальних кутів), тож величини, що вимірюються подібні до тих, що виконуються при тахеометричному зніманні. При цьому на відміну від тахеометричного знімання



результатом вимірювань наземного лазерного сканування є так звана хмара точок, а не окремо виміряні точки об'єкту. Тому в результаті наземного лазерного сканування отримуються надлишкові виміри, для опрацювання і зберігання яких необхідні потужні комп'ютерні ресурси. За способом вимірювань та призначенням існуючі методи наземного лазерного сканування поділяють на: системи рухомого лазерного сканування, які застосовують для сканування лінійних об'єктів (залізниць, автомобільних доріг) та системи статичного лазерного сканування, які використовуються для вирішення завдань переважно у промисловому та цивільному будівництві.

Розвиток методів цифрової фотограмметрії та статичного лазерного сканування призвів до появи та впровадженню наземних лазерних сканерів із вбудованою цифровою камерою та ГНСС системою. Таке обладнання поєднує як технологію наземної фотограмметрії, наземного лазерного сканування, ГНСС так і інерційних навігаційних систем. Сучасні електронні роботизовані тахеометри, лазерні трекери можна вважати простим 3D лазерним сканером, які призначені для вимірювання одиничних точок. Отже, зазначені методи вимірювання можуть бути об'єднані, використовуючи переваги кожного.

Висновки.

Розвиток методів цифрової фотограмметрії та статичного лазерного сканування призвів до появи та впровадженню наземних лазерних сканерів із вбудованою цифровою камерою та ГНСС системою. Таке обладнання поєднує як технологію наземної фотограмметрії, наземного лазерного сканування, ГНСС так і інерційних навігаційних систем. Сучасні електронні роботизовані тахеометри, лазерні трекери можна вважати простим 3D лазерним сканером, які призначені для вимірювання одиничних точок. Отже, зазначені методи вимірювання можуть бути об'єднані, використовуючи переваги кожного.

Література:

1. Сучасні геоінформаційні та комп'ютерно-інноваційні технології геодезичного супроводу дорожньо-будівельної галузі та землевпорядкування / за заг. ред. Дорожко Є.В. Харків. Видавництво: О.А. Мірошніченко, 2023. 342 с.
2. Дорожко Є.В. Особливості побудови цифрової моделі рельєфу за результатами геодезичної зйомки місцевості / Є.В. Дорожко, А.Г. Батракова, В.А. Ємець // Комунальне господарство міст : науково-технічний збірник. Сер.: Технічні науки та архітектура. 2021. Том 1. Вип. 161. С. 104–108.
3. Ратушняк Г.С. Топографія з основами картографії. Навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 208 с.
4. Геоінформаційний аналіз просторових даних: монографія / В.Г. Бурачек, О.О. Железняк, В.І. Зацерковний. Ніжин : ТОВ «Видавництво Аспект-Поліграф». 2011. 440 с.
5. Дорожко Є.В. Перетворення паперового картографічного матеріалу в цифрову модель місцевості / Є.В. Дорожко // Комунальне господарство міст : науково-технічний збірник. Сер.: Технічні науки та архітектура. 2018. Вип. 7 (146). С. 214–217.



6. Карпінський Ю.О, Лазоренко-Гевель Н.Ю. Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного Геодезичного Товариства. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2018. Вип. I (35).С. 204-211.

***Abstract.** The paper considers the justification of the feasibility of developing digital terrain models of linear objects on the example of highways. The main factors driving the development of digital terrain modeling today are: the rapid development of various systems of automated design of structures, which basically use digital models of the terrain, the convenience and speed of transferring information about the terrain and the situation of the terrain in digital format between users, the convenience of storage and editing information about terrain relief in digital format. Sources of geospatial data for creating digital terrain models, remote and ground surveying methods are considered.*

***Key words:** automated design, geospatial data, surveying methods, digital terrain model.*

Стаття відправлена: 24.11.2023 р.

© Дорожко Є.В.

© Онищенко О.С.