

РОЗВІДУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА ПЕРЕХОДІВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

УДК 625.7

Довгополюк Л.О., канд. техн. наук, **Неівестна Н.В.**, канд. техн. наук

ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. В статті узагальнено методи визначення координат, які служать основою для побудови геометричних параметрів дороги, проаналізовано та наведено основні характеристики.

Ключові слова: паспорт автомобільної дороги, координати, зйомка, супутникові карти, GPS-системи, лазерні сканери.

Аннотация. В статье обобщены методы определения координат, которые служат основой для построения геометрических параметров дороги, проанализированы и приведены основные характеристики.

Ключевые слова: паспорт автомобильной дороги, координаты, съемка, спутниковые карты, GPS-системы, лазерные сканеры.

Abstract. The article summarizes methods for determining the coordinates of which are the basis for the construction of road geometric parameters are analyzed and are the main characteristics.

Keywords: passport road, coordinates, photography, satellite maps, GPS-system, laser scanners.

Вступ

Паспорт автомобільної дороги є основним документом, що характеризує її сучасний стан. Він використовується для прийняття рішень щодо ремонту, реконструкції та оцінки умов руху транспортного потоку. Виходячи з цього паспорт автомобільної дороги повинен визначати:

- план дороги із прямокутними координатами X, Y ;
- поздовжній профіль із координатами X, Z ;

– цифрову модель дороги із шириною смуги 100 – 150 м.

Крім того, паспорт автомобільної дороги фіксує:

- координати основних елементів дороги;
- з'їздів та їх параметрів;
- автобусних зупинок;
- розташування дорожніх знаків⁴
- розташування огороження;
- розташування підпірних стінок;
- розташування водопропускних споруд;
- розташування площадок відпочинку;
- розташування АЗС тощо.

Основна частина

Отримані координати використовуються для побудови плану дороги, поздовжнього та поперечних профілів, для визначення радіусів горизонтальних кривих як колових так і перехідних, поздовжніх похилів, радіусів вертикальних кривих, кривих з'їздів.

На основі прямокутних координат будується цифрова модель як дороги, так і прилеглої місцевості із горизонталями січенням 9,5 м та будується зображення дороги у 3D-проекції для визначення просторової видимості.

Отримані дані використовуються:

- для складання проекту капітального ремонту;
- для складання проекту по реконструкції автомобільної дороги;
- для проведення аналізу умов руху транспортного потоку;
- для проведення аналізу по пропускній здатності перехрещень та примикань;
- для проведення аналізу по практичній пропускній здатності ділянки автомобільної дороги;
- для економічних розрахунків із використання графіку швидкості руху, інтенсивності руху та складу транспортного потоку.

Географічні або прямокутні координати необхідні для побудови цифрової моделі дороги та цифрової моделі смуги відводу та визначення геометричних параметрів дороги можна виконати такими методами:

- тахометричною зйомкою;
- за допомогою GPS технологій;

- за допомогою супутникових карт розроблених на основі GPS-технологій;
- за допомогою сканування;
- за допомогою аерофотозйомки.

Тахеометрична зйомка вимагає багато часу та трудових затрат. Вона може бути використана для невеликих ділянок дороги або окремих складних ділянок.

Метод на основі GPS-технологій використовується при визначенні координат окремих кадастрових ділянок та границь землекористування в тому числі і автомобільної дороги та прилеглих земель. Точність замірів залежить від способу використання цього методу (кількість супутників, наявності постійної станції) Цей метод дає результати у прямокутних координатах.

Супутникові карти – це фотографії земної поверхні, отримані із супутника. Завдяки достатньо високій точності та зручності використання супутникові карти знайшли застосування в сільському господарстві, лісовій промисловості, геодезії, геофізиці та ін. Супутникові карти використовують для вивчення місцевості, визначення координат, розрахунку відстаней, вимірювання довжини та площі, визначення рельєфу, вивчення географії, визначення маршрутів для руху по дорогам тощо.

Супутникові карти є інтерактивними, тобто з їх допомогою можна визначати координати в будь якій точці супутникового зображення, що дозволяє розраховувати довжину по карті і відстань між об'єктами, розраховувати площу будівель та форм рельєфу на планеті, відстань по дорозі, вимірювати кути та визначати азимути.

Таким чином, за допомогою супутникових геодезичних карт можна визначити основні елементи автомобільної дороги, такі як ширина проїзної частини, радіуси горизонтальних кривих, поздовжні похили, радіуси вертикальних кривих, пікетажне положення. Кожна точка на карті характеризується географічними координатами X , Y та висотою Z .

Супутникові карти Google (3gplaneta) використовують геодезичну систему координат WGS-84.

Система WGS-84 є правостороння ортогональна система координат, початок якої суміщений з центром мас Землі, точність складає менше 2 см. В WGS-84 нульовим меридіаном вважається опорний меридіан, який проходить в 5,31" до сходу від меридіана Гринвіча. За основу взятий еліпсоїд з великим

радіусом – 6 378 137 м (екваторіальний) та менший – 6 356 752,3142 м (полярний). Вісь X направлена в точку перетину нульового меридіана з площиною екватора, які встановлені Міжнародною службою обертання Землі. Вісь У розміщена в площині екватора під кутом 90° на схід від осі X.

Таблиця 1 – Супутникові дані згідно геодезичної системи координат WGS-84

Дані зі супутникових геодезичних карт				
№ п/п	Пікетажне положення	Координати		
	ПК +	Широта	Довгота	Висота над рівнем моря (м)
0	0 + 00,00	50.9409150059332	31.119527220944292	113,38
1	0 + 24,40	50.94095894896714	31.119205355862505	112,51
2	0 + 43,93	50.94104345468494	31.118958592633135	111,88
3	0 + 79,20	50.94122936672346	31.118529439190752	110,99
4	1 + 20,98	50.9414423195996	31.118025183895952	109,93
5	1 + 78,49	50.94172287507443	31.11735999606026	109,00
6	2 + 25,77	50.94198314791682	31.116737723568804	109,00
7	3 + 10,63	50.94234144321246	31.11587405193859	109,88

Отримані географічні координати задані в градусах довготи та широти переводяться у прямокутну систему координат, яка являє собою три попарно перпендикулярні прямі X, Y, Z з точкою O на перетині цих прямих, що є початком координат, а прямі з вибраними напрямками осями координат. Вісь X називають віссю абсцис, вісь Y – віссю ординат, вісь Z – віссю аплікату. Початок координат розбиває кожну з осей на дві півосі – додатну (яку позначають стрілочкою) і від’ємну. Площини, які проходять відповідно через осі координат X і Y, Y і Z, X і Z називають координатними площинами XY, YZ, XZ. Кожній точці M простору в прямокутній системі координат відповідає впорядкована трійка чисел, а кожній впорядкованій трійці чисел – єдина точка простору. Цю трійку чисел називають координатами точки.

Аерофотозйомка дає такі ж результати як і супутникові карти при дуже великій вартості робіт та подальшій обробці.

Таблиця 2 – Переведені координати в систему координат «WGS 84 / UTM 2N – 30 в. д. - 36 в. д.»

Дані зі супутникових геодезичних карт				
№ п/п	Пікетажне положення	Координати		
	ПК +	Широта	Довгота	Висота над рівнем моря (м)
0	0 + 00,00	5644938.188	367885.325	113,38
1	0 + 24,40	5644943.651	367862.838	112,51
2	0 + 43,93	5644953.489	367845.743	111,88
3	0 + 79,20	5644974.930	367816.122	110,99
4	1 + 20,98	5644999.512	367781.302	109,93
5	1 + 78,49	5645031.899	367735.368	109,00
6	2 + 25,77	5645061.955	367692.393	109,00
7	3 + 10,63	5645103.344	367632.738	109,88

Примітка. Переведення географічних координат за допомогою додатку GeoCalculator із системи координат «Широта-довгота WGS84 – Геодезична (широта – довгота – висота над референт – еліпсоїдом) World Geodetic System 1984» в систему координат «WGS 84 / UTM 2N – 30 в. д. - 36 в. д.».

До сучасних технологій вимірювання відносяться GPS-системи, які є складовою частиною GPS-технологій. Супутникова радіонавігаційна система або, як вона ще називається, глобальна система визначення місця розташування GPS (GlobalPositionSystem) забезпечує високоточне визначення координат і швидкості об'єктів у будь-якій точці земної поверхні, у будь-який час доби, у будь-яку погоду, а також точне визначення часу.

GPS-система складається з спеціально розроблених низькоорбітальних супутників, які служать для визначення точних координат.

Положення об'єкту обчислюється завдяки використанню GPS-приймача, який приймає та обробляє сигнали від супутників, що відносяться до космічного сегменту глобальної системи позиціонування. GPS-система в своєму складі має наземні центри управління для визначення точних параметрів орбіт супутників та їх керування.

Принцип визначення координат полягає в одночасному вимірі відстані до декількох супутників з відомими параметрами їхніх орбіт на кожний момент часу і наступному обчисленні своїх координат.

За допомогою GPS-комплексу для кожної точки отримують три координати X , Y , Z , де X, Y – відносяться до плоских, Z – до вертикальних координат. Дискретність отримання інформації може бути задана і становить від секунди до декількох секунд. Таким чином за допомогою ААК отримуємо план траси автомобільної дороги зафіксованого в координатах X , Y .

Технологія наземного лазерного сканування сьогодні вже досить широко використовується для вирішення цілого ряду завдань. Своєю появою більш ніж 20 років тому вона революційним чином змінила можливості геодезичної зйомки. Принципова відмінність технології лазерного сканування від традиційних методів геодезичних вимірювань полягає в тому, що вона дозволяє збирати величезний обсяг інформації за дуже короткий інтервал часу. При лазерному скануванні за секунду виконується вимірювання від декількох десятків тисяч до понад мільйона точок, залежно від моделі лазерного сканера і режиму вимірювань. Це дозволяє, з одного боку, підвищити продуктивність робіт, а з іншого боку, знизити трудовитрати. На сьогоднішній день не існує іншої технології, яка дозволила б з такою швидкістю, точністю і ступенем детальності збирати величезні масиви геопросторової інформації.

В результаті виконання лазерного сканування виходить хмара точок лазерних віддзеркалень, тобто тих точок, до яких були виконані вимірювання за допомогою лазерного випромінювання. Хмара точок містить інформацію просторових координат кожної виміряної точки, що належить будь-якому об'єкту в зоні роботи сканера – будівлі, щоглі вуличного освітлення, дереву, пам'ятнику архітектури і т.п. Надалі, робота з результатами вимірювань лазерних сканерів проводиться в спеціальному програмному забезпеченні, яке є невід'ємною частиною технологічного рішення. По хмарах точок можна вирішувати безліч завдань, серед яких:

- побудова тривимірних цифрових моделей поверхні виміряних об'єктів;
- побудова різних креслень – планів, профілів, перетинів;
- оцінка поточного стану різних конструкцій в порівнянні з проектною моделлю;
- визначення деформацій об'єкта в результаті порівняння послідовно виконаних вимірювань;
- виконання «віртуальної» топографічної зйомки місцевості в офісі.

Величезними перевагами технології є швидкість зйомки і її детальність. В результаті можна оперативно отримувати інформацію про поточний стан

об'єкту і, в разі необхідності, відстежувати всі зміни майже в реальному часі. Крім того, ніщо не залишиться непоміченим, тобто до результатів вимірювань можна повернутися в будь-який момент, коли буде потрібно якась додаткова інформація про об'єкт. В останньому випадку не буде потрібно повторного виїзду бригади в поле для вимірювань – всі необхідні дані у вас вже є, потрібно просто ними скористатися.

Завдяки перерахованим особливостям технології наземного лазерного сканування, вона може ефективно використовуватися в різних сферах діяльності. Нижче наведено лише кілька прикладів застосування даної технології:

– *геодезія*. Побудова топографічних планів шляхом обробки в офісі хмар точок лазерних віддзеркалень. З масиву даних вибираються точки, що належать різним об'єктам, які підлягають відображенню на топографічному плані – рельєф місцевості, будівлі та споруди, об'єкти інженерної інфраструктури тощо;

– *дорожнє будівництво*. Зйомка дорожньої інфраструктури для оцінки її поточного стану та створення проектів реконструкції.

– *гірничі справи*. Зйомка відкритих розробок для оцінки обсягів видобутку, оперативна зйомка підземних виробок в різних цілях, у тому числі для оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій.

– *архітектура*. Фасадна зйомка будівель і пам'ятників архітектури для цілей паспортизації та підготовки проектів реконструкції.

– *експлуатація інженерних об'єктів*. Моніторинг стану складних інженерних споруд (мости, греблі, і т.п.), тарування резервуарів для зберігання рідин, детальна зйомка інженерних об'єктів (електропідстанцій, виробничих підприємств та ін.) для цілей паспортизації або підготовки проектів реконструкції.

– *обстеження місця події*. Детальна зйомка місць подій за великими втратами – аварії, катастрофи, дорожньо-транспортних пригоди і т.п.

Поява нових моделей лазерних сканерів і програмних продуктів як для управління приладами, так і для обробки даних лазерного сканування говорить про те, що потенціал можливостей даної технології далеко не вичерпаний.

Висновки

Завдяки сучасній комп'ютеризації значно легше виконувати детальну геодезичну зйомку, що значно прискорює темп роботи, зменшує трудові затрати та підвищує якість виконаних робіт. Проте, з розвитком технології вартість програмно-апаратних комплексів стає все більш привабливою, що забезпечує їх більш широке застосування.

Література

1. URL: http://uk.wikipedia.org/wiki/Декартова_система_координат
2. Літнарівич Р.М. Основи космічної геодезії. Лабораторний практикум. – Чернігів, 2002. – 90 с.
3. URL: <http://gis-lab.info/qa/photomod-geocalc.html>
4. Шумаков Ф.Т. Супутникова геодезія. Конспект лекцій. – Харків, 2009. – 87 с.
5. URL: <http://cities-bлаго.ru/uchebnoe-posobie-po-inzhenernoj-geodezii /271-detalnaya-razbivka-krivykh.html>

Рецензенти:

Угненко Є.Б., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Балашова Юлія Борисівна, канд. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

Uhlenko E.B., Dr. Tech. Sci., Kharkov National Automobile and Highway University.

Balashova Yu.B., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Стаття надійшла до редакції: **10.06.2016 р.**