

4. Shah, S. C., and Carpenter, W. (1987). An Integrated Pavement Data Management and Feedback System, Louisiana Transportation Research Centre.

5. Burrough, P.A., (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University Press, New York. 50 p.

6. Longley, P.A., Goodchild, M.F, Maguire, D.J., and Rhind, D.W., (2005). Geographic Information Systems and Science. John Wiley & Sons, West Sussex, England, 486 p.

7. Mulaku, G. C, Mwea, S. K and Musembi, S. N. (2004). GIS for Highway Engineering in Developing Countries. Journal of Civil Engineering Research and Practice.

## **АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ОБРОБЦІ ДАНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ**

Погуляй О.,

Пономарьов О.

(науковий керівник доц. Арсеньева Н.О.)

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Сьогодні обробка геодезичних даних без використання комп'ютера є неможливою. Це пов'язано не тільки з підвищеним обсягом обчислень, а із загальною автоматизацією геодезичного виробництва, впровадженням автоматизованих технологій збору геодезичної інформації, автоматизованих систем геодезичного контролю за станом споруд. Тому, виникає необхідність вивчення різних прикладних програм для обробки геодезичних вимірювань, а так же програм, що дозволяють використовувати геодезичні дані, для створення ЦММ, ГІС, баз даних і т.п..

Прикладні програми орієнтовані, в першу чергу, на вузький спектр вирішуваних завдань. Іноді, прикладні програми «будуються» з декількох блоків (програмних модулів) і називаються – програмними комплексами. Програмний комплекс представляє собою набір програмних модулів, де вирішують різні завдання, працездатних як в складі комплексу, так і індивідуально і підтримують будь-якій формат, що використовується потім для обміну даними між модулями комплексу.

Сучасне електронне геодезичне обладнання дозволяє виконувати записи всіх польових вимірів пристроями, що запам'ятовують, і передавати їх для обробки відповідним програмним продуктам. Крім того, всі підготовлені вихідні дані передаються з комп'ютера на електронні прилади для виконання геодезичних робіт. Це дає можливість збільшити продуктивність праці, точність виконання робіт, уникаючи впливу грубих погрешностей із-за впливу людського чинника.

Прикладні програми для обробки геодезичних вимірювань можна розділити на два класи: спеціалізовані та загального користування.

Прикладом програми загального користування можна вважати таблиці Excel компанії Microsoft. У цих електронних таблицях можна застосовувати геодезичні розрахунки і обчислення з використанням математичних формул певної складності і будь-якого об'єму даних. Введення формул в елементи таблиці, і заповнення їх початковими і іншими (вимірними) даними, можна отримати кінцевий результат. Звичайно, використання таблиць Excel має напівавтоматичний режим, оскільки вихідні дані вводяться в ручному режимі. За допомогою Excel можна виконувати наступні види обчислювальних робіт [1, 2]:

- пряму геодезичну задачу;
- обернену геодезичну задачу;

- обробку теодолітних ходів;
- обробку нівелірних ходів;
- визначення площ ділянок;
- визначення відхилень від проектних площин;
- визначення обсягів та ін..

Але напіваавтоматичний процес або невірно введений алгоритм іноді можуть привести до деяких погіршень.

До переваг програм загального застосування можна віднести їх поширеність і легке освоєння. Недоліком є необхідність добре знати методи і формули для обробки геодезичних даних. Ще одним недоліком є необхідність коригування розрахункових відомостей (набір формул в таблицях) при зміні кількості оброблюваної інформації. При обробці великої кількості даних необхідно використовувати спеціалізовані програми.

Спеціалізовані програми можна розділити на два види: стандартні і індивідуальні. До стандартних програм відносяться програмні продукти які знайшли широке застосування завдяки набору функцій, якості роботи, комфортному для користувача інтерфейсу і вартості. Цей вид програм містить заздалегідь визначений (розробниками) набір функцій, який не поширюється користувачем, але відмінно працює з обробкою даних. При використанні стандартних програм, знання технології обробки (особливо математичної обробки) не потрібно, необхідно лише дотримуватися встановленого порядку дій для успішного вирішення поставленого завдання.

Для більш надійної обробки обчислень геодезичних вимірів потрібний повністю автоматичний процес і коректна розроблений алгоритм програмного забезпечення. Запропонований на ринку програмних продуктів, широкий вибір таких програм, а при необхідності цілого комплексу програмних продуктів, дає сучасним геодезичним підприємствам і службам можливість забезпечити ефективну і якісну роботу.

На ринку України для обробки геодезичних вимірювань представлена невелика кількість програмних продуктів. Користувачам відомі такі спеціалізовані програмні продукти: «Caddy» фірми Ziegler (Німеччина), «Кредо-діалог» (Білорусія), «Топоград» (Україна), «Торосад» фірми SMT, Datatechnik (Швеція), «FieldWorks» корпорації Intergraph, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D компанії Autodesk (США) і т.п. [3]

В якості характерного прикладу таких програм можна привести програмний комплекс білоруської фірми «Кредо-діалог». Загальна концепція цього програмного продукту полягає в можливості єдиного забезпечення і безперервної обробки усіх технологічних процесів досліджень, основних робіт, різних варіантів проектування, кадастрових, інженерних і маркшейдерських завдань від однієї бази даних. А також можливості використання кожного типу програм окремо.

Призначення геодезичного модулю програмного продукту САПР CREDO III - автоматизація камеральної обробки даних інженерно-геодезичних вишукувань. Для автоматизації процесів обробки і обчислювальних робіт теодолітів, оформленні тахеометричних зйомок і виконанні прикладних геодезичних задач передбачений модуль програми Credo dat. Область застосування модулю: лінійні і майданні інженерні вишукування об'єктів промислового, цивільного і транспортного будівництва, геодезичне забезпечення будівництва, підготовка інформації для кадастрових систем (наземні методи збору інформації), геодезичне забезпечення геофізичних методів розвідки, створення і реконструкція міських, межових, державних опорних мереж [4].

Вихідні дані включають: файли електронних реєстраторів (тахеометрів) і ГНСС, рукописні журнали вимірювання кутів, ліній і перевищень, координати і висоти вихідних точок, робочі схеми мереж і розрахунків, растрові

файли картографічних матеріалів. Основні функції: відсутність обмежень на форми і методи оброблюваних мереж геодезичної опори; імпорт даних, отриманих з електронних реєстраторів і тахеометрів у форматах: Leica (GRE, GSI), Sokkia (SDR2x, 3x), Nikon (RDF), Geodimeter (ARE, JOB), Topcon (GTS6, GTS7), Trimble R4, R5, Rec500, M5), УОМЗ (2ТА5, 3ТА5, 4ТА5), PENTAX (DC1, AUX, CSV); імпорт даних безпосередньо з приладу 3ТА5; імпорт координат (X, Y, Z), даних вимірювань з текстових файлів в довільних форматах, що настроюються користувачем; налаштування і використання декількох класифікаторів, обробка кодових рядків розширеної системи кодування для польової; реєстрація геометричної і атрибутивної інформації про топографічних об'єктах; створення і використання власних систем (наборів кодів) польового кодування; табличне редагування даних, робота з буфером обміну для станцій, ходів і окремих вимірювань, «Відключення/відновлення вимірювань, робота з блоками даних, використання інтерактивних графічних операцій; попередня обробка вимірювань, врахування різних поправок: атмосферних, вплив кривизни землі і рефракції, перехід на поверхню відносності; редукування напрямків та ліній на еліпсоїд, площина в поперечно-циліндричній проекції Гауса (СК42, СК95, UTM і їм подібних) або, з власними значеннями зсуву X, Y і масштабом по осьовому меридіану; виявлення, локалізація і нейтралізація грубих помилок в лінійних і кутових вимірюваннях і нівелюванні автоматично і в діалоговому режимі (трасування); врівноваження планових (лінійно-кутових) і висотних систем і ходів геометричного, тригонометричного нівелювання геодезичних мереж різних форм, можливе виконання спільного зрівнювання вимірювань різної точності і різних методик з розгорнутою оцінкою точності, включає еліпси помилок; перетворення Гельмерта, афінне перетворення координат, перерахунок координат з

прямокутних в геодезичні; обробка тахеометричної зйомки з формуванням топографічних об'єктів та їх атрибутів за даними польового кодування; проектування опорних геодезичних мереж, вибір оптимальної схеми мережі, необхідних і достатніх вимірювань, підбір точності вимірювань; налаштування вихідних документів під стандарти підприємства-користувача, національні стандарти та мови з використанням Генератора звітів; оформлення конструкторських креслень і друк графічних документів і планшетів; розрахунок і друк відомостей геодезичних задач в різних видах; експорт даних в системи MapInfo, ArcView, у відкритий обмінний формат, або в форматі користувача у формат DXF. До особливостей системи можна віднести: відсутність обмежень на обсяг оброблюваної інформації в мережах і при зйомці; відсутність обмежень на форми і методи оброблюваних мереж геодезичної опори; розширена система збору геометричної і атрибутивної інформації; розвинений апарат пошуку і виділення грубих помилок; інтерактивні можливості проектування планових і висотних мереж; обробка вимірів, виконаних різними методами і з різною точністю; графічна ілюстрація процесів обробки; можливість налаштування процедур введення, обробки і створення вихідних документів під стандарти підприємства, національні стандарти та мови [4].

При визначенні висотних відміток і обробці нівелірних ходів, створення або реконструкції висотних мереж, при висотних спостереженнях за осадовими деформаціями споруд застосовується модуль Credo- нівелір і відповідно Credo- розрахунок деформацій. При виконанні інженерних досліджень з метою створення ЦММ, виробництва топографічних планів, лінійних досліджень використовується Credo-Топоплан, а також Credo-лінійні дослідження. При формуванні мереж для конвертації геоцентричних просторових, геодезичних прямокутних

координат застосовуються Credo-Транскор, Credo-GNSS, Credo-dat professional. При виконанні маркшейдерсько-геодезичного забезпечення відкритих гірських, будівельних, ландшафтних і інших робіт, пов'язаних з переміщенням земляних мас, використовується блок Credo - Об'єми [3, 4].

**ТРАНСКОР** призначений для: перетворення прямокутних координат, визначення параметрів трансформації, трансформація геоцентричних і геодезичних координат. Області застосування: створення і реконструкція міських, межових, фрагментів державних опорних мереж, лінійні і площинні інженерні вишукування об'єктів промислового, цивільного і транспортного будівництва, геодезичне забезпечення будівництва, підготовка інформації для кадастрових систем (наземні методи збору).

**CREDO ТОПОПЛАН** використовують для створення цифрової моделі місцевості і випуск топографічних планів, його призначення: створення цифрової моделі місцевості і випуск креслень топографічних планів і планшетів. Області застосування цього модулю: лінійні і площинні інженерні вишукування об'єктів промислового, цивільного і транспортного будівництва, підготовка інформації для кадастрових систем (наземні методи збору), ведення чергових планів, землевпорядні роботи, виконавчі зйомки.

**ЗЕМПЛАН** – формування землевпорядних документів, його призначення: розрахунок площ земельних ділянок, створення і друк графічних і текстових документів при інвентаризації земель. Області застосування: землевпорядні та кадастрові роботи.

**TRANSFORM** – трансформація растрових картографічних матеріалів, його призначення: сканування вихідного картографічного матеріалу, метрически коректна трансформація растрового зображення. Області

застосування: геодезичні, топографічні, картографічні та землевпорядні роботи.

**СИТУАЦІЙНИЙ ПЛАН** – ведення облікових та чергових планів різного призначення, його призначення: створення цифрової моделі ситуації, випуск креслень планів і планшетів. Області застосування: підготовка картографічної основи для кадастрових та геоінформаційних систем, ведення облікових та чергових планів, графо-аналітичні розрахунки червоних ліній і об'єктів будівництва, землевпорядні роботи.

**CREDO ГЕНПЛАН** – проектування генеральних планів. Призначення: проектування генеральних планів об'єктів. Області застосування: проектування, будівництво і експлуатація будівельних об'єктів, кадастрові та геоінформаційні системи.

**НІВЕЛІР**– камеральна обробка геометричного нівелювання. Призначення: камеральна обробка польових вимірювань при геометричному нівелюванні I-IV класів, технічного і високоточного інженерного, який виконують звичайними і цифровими нівелірами. Області застосування: створення висотних державних геодезичних опорних мереж і місцевих висотних мереж, геодезичне забезпечення будівництва, спостереження за вертикальними зміщеннями будівель, споруд та обладнання.

**CREDO конвертер** – обмін даними. Призначення: обмін даними між продуктами на платформі CREDO III і продуктами інших виробників. Області застосування: передача даних, підготовлених в продуктах на платформі CREDO III, для використання в інших програмних продуктах, призначених для проектування, геоінформаційного забезпечення та інших задач.

Найпопулярнішими в геодезичному середовищі являються програмні продукти AutoCAD. Універсальні платформи для забезпечення автоматизації проектування, конструювання, креслення. У зв'язку зі своїми технічними

можливостями, високою точністю побудов і взаємодії з іншими прикладними продуктами програми компанії Autodesk стали широко застосовувати в геодезичній галузі. До таких програм відносяться AutoCAD Civil 3D і AutoCAD Map 3D [3, 5].

Система автоматизованого проектування AutoCAD Civil 3D дозволяє виконувати будь-які стадії проектів будівництва, реконструкції та ремонту автомобільних доріг всіх категорій. Процес проектування за допомогою даної системи можна розбити на наступні етапи:

- підготовка цифрової моделі місцевості (ЦММ);
- визначення траси дороги в плані і профілі;
- тривимірне моделювання автомобільної дороги;
- розрахунок обсягів робіт і створення вихідної документації.

У складі програмного модуля Autocad Civil 3D окрім проектних функцій вбудований чисто геодезичний блок "Зйомка" і інші, застосування землевпоряджувальних робіт, геопросторового аналізу, що дають можливості, геодезичних робіт на будівельних майданчиках і трасах, підрахунку земляних мас. Цифрова модель рельєфу (ЦМР) є базою, на якій будується вся динамічна модель проекту дороги. ЦМР використовується для створення поздовжніх профілів лінійних споруд, є цільовим об'єктом для визначення проектних укосів і профілювання [5, 6]. За допомогою AutoCAD Civil 3D можна імпортувати дані з інших форматів САПР і ГІС: ESRI SHP (ArcGIS), MIF / MID і TAB (MapInfo), DGN (Microstation), LandXML, SDF і ін.

Модуль Autocad Map 3d дозволяє створювати різноманітні види карт, 3d моделей на базі цих топографічних зйомок в системі AutoCAD і здійснювати їх обмін.

Проектно – геодезична платформа GEONICS ґрунтується на розробках компанії Autodesk (AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D) і адаптована до

вітчизняних технологій і стандартів. Її призначенням вважається автоматизація процесу проектування, обчислювальної обробки польових вимірів зйомок, при дослідженнях, будівництві, кадастрових та інших роботах. Комплекс розділений на відповідні модулі. До списку входять GEONICS дослідження, за допомогою яких виконують:

- обробку польових вимірів з електронного обладнання;
- проектування геодезичних мереж;
- визначення помилок планових (висотних) координат;
- обробку тахеометричних зйомок і складання топопланів;
- формування каталогів координат;
- експорт точок зйомки і відповідно імпорт розрахункових даних.

Система GEONICS дозволяє обробку інформації, що отримується при геологічних дослідженнях.

Комплекс GEONICS виконує повністю комплекс автоматизації проектних рішень для будівництва різних об'єктів, трас, мереж. Він складається з окремих однойменних блоків, які призначені для автономного вирішення поставлених незалежних завдань [3].

На даний момент існує безліч програмних і технічних засобів, що дозволяють отримувати, перетворювати, передавати і реєструвати інформацію в електронному вигляді. На теперішній час обробити геодезичні дані не можна без використання комп'ютерних технологій. Збільшується не лише об'єм вимірів, але і підвищується загальна автоматизація геодезичного виробництва, впроваджуються сучасні технології збору геодезичної інформації. У наслідку цього, виникає необхідність вивчення та аналізу різних спеціалізованих програм для обробки геодезичних вимірів і програм, за

допомогою яких можна працювати з геодезичними даними, так як всі вони дозволяють створити проектну документацію, яка необхідна для створення проекту автомобільної дороги.

## Література

1. Кузьмін В.І. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві [Текст] / В.І. Кузьмін, О.А. Білятинський. Київ: Вища школа, 2006. 279 с.
2. Островський А.Л. Геодезія [Текст] / А.Л. Островський, О.І. Мороз, В.Л. Тарнавський. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2012. 564 с.
3. Арсеньєва Н.О. Аналіз геодезичних програм для обробки даних при вишукуванні та проектуванні автомобільних доріг. Харків: Науковий вісник будівництва, Т. 94, №4, 2018. С. 106-110
4. CREDO ДОРОГИ 1.9 [Електронний ресурс]/Программные продукты и технологии CREDO. – Режим доступа:\www/ URL: [https://credo-dialogue.ru/produktu-2/korobochnye-produkty/credo\\_dorogi.html](https://credo-dialogue.ru/produktu-2/korobochnye-produkty/credo_dorogi.html). 2020 р.
5. Эрик Чепел AutoCAD Civil 3D 2014. Официальный учебный курс, ДМК, 2014. 340 с.