

ЛЕКЦІЯ 2-3. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ

1. Загальна характеристика апаратного забезпечення ГІС.
2. Комп'ютер як складова частина ГІС.
 - 2.1. Класифікація комп'ютерів.
 - 2.2. Складові частини ПК та їх характеристики.
3. Пристрої збору і введення інформації.
4. Пристрої візуалізації і подання даних.
5. Тенденції розвитку апаратного забезпечення.

1. Загальна характеристика апаратного забезпечення ГІС

Геоінформаційні системи базуються на певному наборі технічного обладнання, основними функціями якого є забезпечення роботи програмних ГІС-продуктів і допоміжних програм, збереження масивів цифрових даних, забезпечення збору і введення даних, представлення готової інформації. Комплекс електронних і електронно-механічних пристроїв, призначений для технічної підтримки працездатності ГІС, називається *апаратним забезпеченням ГІС*. Апаратне забезпечення (синоніми – апаратні засоби, апаратура, технічні засоби, hardware) – технічне устаткування геоінформаційної системи, що містить власне комп'ютер і інші механічні, магнітні, електричні, електронні й оптичні периферійні пристрої чи аналогічні прилади, що працюють у складі апаратного комплексу або автономно, а також будь-які пристрої, необхідні для функціонування геоінформаційної системи (наприклад, GPS-апаратура, електронні картографічні прилади і геодезичні прилади). Загальна організація взаємозв'язку елементів апаратного забезпечення геоінформаційної системи називається *архітектурою*, сукупність функціональних частин – *конфігурацією* системи.

У наш час різними фірмами виробляються тисячі моделей різних комп'ютерів і периферійних пристроїв, кількість комплектуючих вузлів і деталей обчислюється десятками і сотнями тисяч. При плануванні архітектури ГІС і виборі конфігурації апаратного забезпечення слід орієнтуватися на характер розв'язуваних завдань, вимоги програмного забезпечення, методи обробки й обсяги даних, що циркулюють у системі даних.

Залежно від призначення і масштабу ГІС апаратне забезпечення може мати різні функціональні групи пристроїв. Для простих настільних ГІС кінцевого користувача досить звичайного офісного комп'ютера з принтером, багатофункціональні корпоративні ГІС можуть налічувати десятки робочих місць з різними периферійними пристроями, об'єднаних у єдину обчислювальну мережу з керованим доступом. Для виконання деяких технологічних операцій введення чи представлення даних у середовищі ГІС розробляються унікальні апаратні пристрої вартістю в десятки і сотні тисяч доларів США.

У той самий час основна частина бюджетних ГІС-проектів орієнтована на використання стандартних комп'ютерів і периферійних пристроїв. У зв'язку з особливостями організаційної структури ГІС апаратне забезпечення прийнято поділяти на три основні групи:

- 1) пристрої обробки і збереження даних (власне комп'ютери);
- 2) пристрої збору і введення даних;
- 3) пристрої візуалізації і представлення даних.

Від організації взаємодії і технічних характеристик різних пристроїв залежить ефективність роботи геоінформаційної системи в цілому. Узагалі ГІС характеризуються підвищеними вимогами до технічних характеристик комплектуючих вузлів комп'ютерів і периферійних пристроїв. Зокрема, спеціальні вимоги висувають до апаратної підсистеми збору і введення просторових даних, у якій використовуються спеціалізовані прилади. Особливі вимоги також висуваються до підсистеми виведення даних – необхідність друку великоформатних повнокольорових карт зумовила необхідність створення спеціального класу друкувальних периферійних пристроїв.

2. Комп'ютер як складова частина ГІС

2.1. Класифікація комп'ютерів

Комп'ютери класифікуються за сферою застосування, конструктивним виконанням та іншими критеріями. Наприклад, дотепер використовується така класифікація: суперЕОМ, чи суперкомп'ютери, комп'ютери загального призначення, чи універсальні комп'ютери, або «мейнфрейми» (mainframe), робочі станції, персональні комп'ютери, мобільні комп'ютери. Засновник фірми Microsoft Білл Гейтс, людина, що багато в чому визначає напрямок розвитку комп'ютерної індустрії у світі, ввів таку класифікацію *персональних комп'ютерів*: сервери, настільні, портативні, кишенькові, ПК-кіоски й інтерактивні телевізори.

У наш час практично не існує відмінностей між технічними характеристиками комплектуючих і готових вузлів, з яких складають різні класи комп'ютерів. Основні розбіжності між класами визначаються кількістю, компонуванням і якістю комплектуючих, типом корпусу й екрана, розмірами, енергоспоживанням. Для апаратного забезпечення ГІС можуть використовуватися усі типи комп'ютерів, тобто:

- суперкомп'ютери;
- сервери;
- робочі станції;
- настільні персональні комп'ютери;
- мобільні комп'ютери.

Суперкомп'ютери. Сучасні ЕОМ цього класу характеризуються багатопроцесорною архітектурою і порівняно великими обсягами дискової та оперативної пам'яті. Ці комп'ютери призначені для складних і великих за обсягом наукових розрахунків, зокрема, для тривимірного моделювання різних гідрологічних, атмосферних і геологічних процесів у реальному режимі часу. Основними користувачами такого апаратного забезпечення є великі наукові інститути, що займаються вивченням навколишнього середовища, чи комерційні організації, наприклад, геологорозвідувальні фірми, що аналізують дані сейсмічної або геофізичної розвідки для визначення родовищ корисних копалин.

До складу комплектуючих таких комп'ютерів можуть входити 16-1024 процесорів і до декількох терабайт оперативної пам'яті, які працюють під керуванням спеціальної операційної системи типу UNIX чи SOLARIS. Корпуси суперкомп'ютерів оснащені спеціальними системами енергоживлення й охолодження. Найбільш відомі суперкомп'ютери фірми Cray, які є унікальними виробами вартістю в кілька мільйонів доларів США.

Сьогодні все більшого поширення набувають розширювані (кластерні) обчислювальні системи, у яких над складним обчислювальним процесом під керуванням єдиної ОС одночасно працює кілька комп'ютерів. Для побудови таких кластерних систем розроблений спеціальний тип

конфігурації комп'ютера, у якому немає клавіатури, миші, дисководів, монітора й інших засобів керування (тільки один чи кілька процесорів, оперативна і дискова пам'ять, мережна карта, блок енергопостачання й охолодження), корпус комп'ютера виконаний у вигляді плоского модуля стандартного розміру, що може вмонтовуватися в спеціальну шафу. Кілька десятків потужних комп'ютерів, що в настільному варіанті займали б велику залу, у такому вигляді займають одну-дві шафи. Доступ до такого комп'ютерного кластера можливий тільки по локальній мережі зі спеціальної службової машини, оснащеної монітором, клавіатурою і маніпулятором «миша».

Сервери. Сервер призначений для роботи в складі локальних чи розподілених обчислювальних систем, виконує певні функції для обслуговування інших комп'ютерів. Залежно від призначення сервери оснащуються наборами комплектуючих з різними технічними характеристиками.

Найбільш поширеним типом цього класу є файл-сервер – високопродуктивний комп'ютер, що виконує функції центрального сховища даних будь-якої організації, наприклад, регіональної ГІС. По локальній мережі чи через Internet файл-сервер приймає запити користувачів, робить пошук даних і подає набори даних для обробки безпосередньо на сервери чи на комп'ютері користувача. Особливі вимоги висувають до забезпечення надійності, перешкодозахищеності, багаторазового резервного копіювання. Тут використовуються змінні накопичувачі даних високої ємності на магнітних дисках і стрічках (до 250 Гб), швидкісні мережні й Internet-з'єднання. Для обробки великої кількості запитів, що одночасно надходять, у серверах може одночасно працювати від двох до восьми потужних процесорів. При комплектації серверів використовуються найбільш продуктивні на визначений момент часу процесори, установлюються максимально можливі обсяги оперативної і дискової пам'яті, системи створення резервних копій на оптичних дисках.

Робочі станції. У різні періоди розвитку комп'ютерної техніки під терміном «робоча станція» розуміли різні типи комп'ютерів. У 70-80-ті рр. ХХ ст. робочі станції характеризувалися порівняно з малопотужними першими персональними комп'ютерами наявністю потужних процесорів, великими обсягами дискової й операційної пам'яті, наявністю декількох зовнішніх терміналів і засобів зв'язку з ними, багатозадачними операційними системами типу UNIX, SOLARIS та ін. У наш час під робочою станцією розуміють комп'ютер, конфігурація якого оптимізована для виконання певного класу завдань, наприклад, обробки графічних даних.

Найбільш відомі станції фірм SUN і Silicon Graphics для комп'ютерної графіки, у яких використовуються спеціальні фірмові процесори і відеокarti. Для введення просторових даних фірмою Intergraph у 1980-90-х рр. випускалися спеціалізовані картографічні станції, оснащені двома дисплеями для одночасного відображення картографічних і текстових даних і спеціальних консолей з додатковими функціональними кнопками для виклику програмних функцій введення і редагування картографічних даних.

Більшість сучасних робочих станцій складається зі спеціально підібраних стандартних комплектуючих, готові машини тестуються й оптимізуються для виконання певного набору завдань і програмного забезпечення. Для геоінформаційних систем розроблені типові конфігурації робочих станцій для введення чи виведення даних з різними периферійними пристроями, що містять визначені моделі процесорів, відеокарт, дисплеїв, периферійних пристроїв. Наприклад, сучасна робоча станція для введення картографічних даних зі сканера і їхньої подальшої обробки повинна оснащуватися процесором з тактовою частотою 3-3,8 ГГц, оперативною пам'яттю не менше 512 Мб, спеціальним відеоприскорювачем, дисковою пам'яттю не менше 100 Гб. Розмір монітора, що рекомендується для перегляду і редагування даних, – не менше 19 дюймів. У деяких

випадках конфігурація робочої станції підбирається для роботи з конкретною моделлю сканера, дигітайзера, плотера, стереофотограметричної станції та ін.

Настільні персональні комп'ютери. Комп'ютери настільної конфігурації призначені для роботи користувача в умовах офісу чи будинку. Електронні компоненти комп'ютера складені в єдиному корпусі (системному блоці), кожен комп'ютер оснащений засобами керування, що підключаються (миша, клавіатура, монітор). Фірма Apple поміщає в єдиний моноблок разом з електронними компонентами так само і монітор. Настільні комп'ютери розраховані на роботу переважно одного користувача і допускають різні варіанти настроювання апаратної і програмної конфігурації, підключення периферійних пристроїв, а так само зміни зовнішнього вигляду.

Комп'ютери цього класу розраховані на виконання порівняно нескладних завдань, що не вимагають значних обчислень, побудови складних тривимірних зображень, збереження й обробки великих масивів даних. У той самий час розроблений досить широкий набір програмного ПС-забезпечення, здатного ефективно працювати на комп'ютерах з порівняно невисокими технічними характеристиками. На базі персональних комп'ютерів можливе створення робочих місць для введення текстових чи табличних даних, перегляду готових наборів кінцевих даних, електронних атласів та ін.

Найбільш відомі настільні комп'ютери фірм Hewlett Packard, Compaq, IBM. Значна кількість комп'ютерів складається місцевими невеликими компаніями з наборів комплектуючих деталей на конкретне замовлення користувача.

Мобільні комп'ютери. Перший мобільний комп'ютер був створений ще в 1980 р. і важив 12 кг. Сучасні мобільні комп'ютери мають технічні характеристики, які нічим не поступаються характеристикам настільних моделей при істотно менших розмірах і вазі. Розміри більшості моделей переносних комп'ютерів класу Notebook (записна книжка) не перевищують розмірів великої папки при вазі менше 3 кг. Основними компонентами, що дозволили досягти таких характеристик, є плоскі рідинно-кристалічні екрани розміром 14-15" і високоемні елементи автономного електроживлення. Необхідність економії енергії зумовила випуск спеціальних мобільних версій основних типів процесорів, що при високій тактовій частоті мають знижене енергоспоживання. Для мобільних комп'ютерів розроблені спеціальні моделі портативних твердих магнітних дисків, мікросхем оперативної пам'яті. Багато моделей Notebook оснащені вмонтованими дисководами, модемами, портами для підключення периферійних пристроїв (зовнішніх моніторів, клавіатур, миші). Мобільні комп'ютери відрізняються більш високим ступенем інтегрованості комплектуючих вузлів, і їх складання виробляється тільки на спеціалізованих підприємствах. Найбільш відомі моделі мобільних ПК фірм Toshiba, Compaq, HP, IBM.

Особливим підкласом мобільних комп'ютерів є пристрої, призначені для роботи в особливо складних умовах польових досліджень. У цьому випадку особлива увага приділяється забезпеченню міцності як окремих компонентів, так і всієї системи в цілому. Розроблено спеціальні моделі ударо- і вібростійких рідинно-кристалічних моніторів і твердих дисків, використовуються броньовані водо- і пилонепроникні корпуси з амортизаторами, потужні джерела автономного електроживлення. Такі пристрої можуть працювати більше 10 годин без підзарядки, витримують велику вібрацію чи падіння з висоти 2 м. Ці комп'ютери широко використовуються в польових експедиціях, на будівництві, гірських розробках та ін.

Створення інтегрованих багатофункціональних мікросхем зумовила появу нового класу комп'ютерів – palmtop (надолонні комп'ютери). При розмірах записної книжки і вазі до 150-200 г ці комп'ютери мають багато функцій своїх повнорозмірних аналогів. Останні моделі оснащені

повнокольоровими рідинно-кристалічними моніторами, чуттєвими до натискання, портами для підключення зовнішніх пристроїв збереження даних, засобами зв'язку з настільними комп'ютерами. Ці пристрої можуть бути оснащені процесорами з швидкодією 200-400 МГц і 64 Мб оперативної пам'яті, що дозволяє використовувати полегшену версію операційної системи Windows CE і відповідний набір службових утиліт та офісних програм. Введення інформації здійснюється за допомогою чуттєвого екрана і системи розпізнавання рукописних символів. Деякі моделі оснащуються радіомодемами на основі мобільних телефонів, що дозволяє використовувати електронну пошту і переглядати вміст Web-сторінок.

Цей клас мобільних пристроїв використовується для організації мобільних сервісів ГІС. Зі спеціального сервера користувач може завантажити картографічну базу даних і працювати з нею за допомогою адаптованого для цих апаратних платформ програмного забезпечення. Уже розроблені мобільні версії популярних ГІС-пакетів Mapinfo і Arc View, а так само картографічні бази даних великих міст США і Європи, бази даних автомобільних доріг, за допомогою яких користувач такого пристрою може визначати своє місце розташування, найкоротший маршрут та ін.

2.2. Складові частини ПК та їх характеристики

Основними компонентами, що входять до конфігурації основних типів комп'ютерів, є (рис 1):

- центральний процесор;
- материнська плата;
- оперативна пам'ять;
- накопичувані на твердих магнітних дисках;
- накопичувані на змінних магнітних і оптичних дисках;
- відеокарта чи відеоприскорювач;
- порти для підключення периферійних пристроїв.

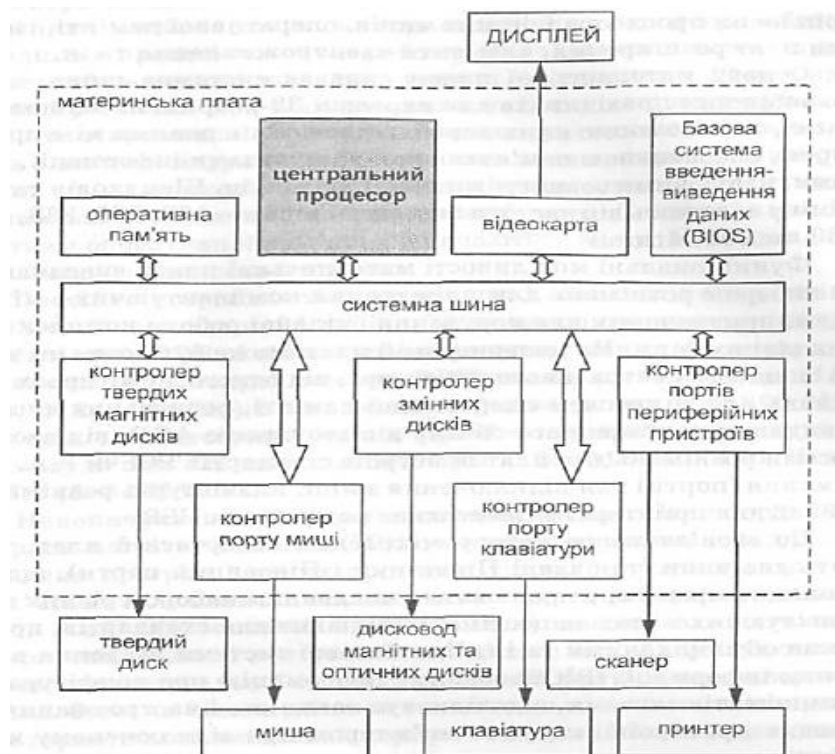


Рис. 1. Конфігурація й основні компоненти персонального комп'ютера

Центральний процесор. Процесор (processor) – функціональна частина обчислювальної машини (комп'ютера), призначена для інтерпретації програм. Саме в процесорі комп'ютерна програма перетворюється в якісь дії – показ на моніторі символів чи зображень; запис чи читання даних із пристроїв збереження; команди периферійним пристроям.

Швидкодія процесора визначається кількістю тактів, що виконуються в одну секунду, тактовою частотою (кількість елементарних операцій в одну секунду, Герц). У сучасних процесорах для підвищення швидкодії застосовуються технологія прогнозування послідовності операцій і відповідно заздалегідь вибудовується черга виконуваних команд.

При високій тактовій частоті процесора на швидкодію починає впливати час, необхідний на обмін даними між процесором і оперативною пам'яттю (відстань близько 5-7 см). У зв'язку з цим розробники поміщують частину оперативної пам'яті безпосередньо на сам процесор (наявна, cash-пам'ять). Ємність такої пам'яті становить 256-512 Кб, деякі моделі процесорів містять надоперативну пам'ять другого рівня.

У наш час (у середині 2005 р.) найбільш поширені центральні процесори двох основних розробників – фірм Intel і AMD (США). Фірма Intel виробляє різні моделі процесорів на основі Pentium 4 з тактовою частотою від 1500 до 3400 МГц, ємністю кеш-пам'яті 512-1024 Кб і різною швидкістю обміну інформацією із системною шиною (333-800 МГц). Для офісних комп'ютерів, що не використовують багато команд для наукових і графічних розрахунків, випускається лінія процесорів Celeron 1000-2500 МГц (без розширеного набору команд і зменшеним до 256 Кб розміром кеш-пам'яті). Для роботи в багатопроцесорних робочих станціях розроблений процесор Хеоп з частотою 2400-3060 МГц і вище і ємністю кеш-пам'яті до 2 Мб.

Фірма AMD випускає процесори, широко використовувані для складання недорогих моделей ПК – Sampron 1200-2200. Процесори G4 і G5 з тактовою частотою 700-2000 МГц виробництва фірми Motorola використовуються для складання ПК фірми Apple. Ці процесори характеризуються розширеним набором команд обробки графіки, тому комп'ютери на їхній основі переважно використовуються як мультимедіа-станції чи графічні станції для відеомонтажу, верстки, тривимірного графічного моделювання і ін.

Материнська плата. Материнська плата (mother board) призначена для кріплення і з'єднання всіх інших вузлів комп'ютера в системному блоці. Являє собою пластину з пластикового ізоляційного матеріалу, на яку напаяні з'єднання і гнізда для кріплення процесора й інших чипів, оперативної пам'яті, гнізда для плат розширення, елементи електроживлення та ін.

Основу материнської плати складає системна шина – ряд рівнобіжних провідників для передачі 32-розрядних машинних чисел, за допомогою яких виробляється обмін даними між процесором, оперативною пам'яттю, накопичувачами інформації, платами, керуючими зовнішніми пристроями і ін. Швидкодія такого обміну залежить від частоти системної шини – 133, 266, 333, 400, 533 чи 800 МГц.

Функціональні можливості материнської плати визначаються набором рознімань для приєднання комплектуючих і мікросхем, призначених для керування спільної роботи комплектуючих різних фірм. На материнській платі може бути одне чи кілька гнізд для центрального процесора, від одного до чотирьох рознімань для мікросхем оперативної пам'яті, рознімання високо-швидкісного графічного обміну з відеокартою AGP, від двох до восьми рознімань для плат пристроїв стандартів PCI чи ISA, рознімання (порти) для підключення миші, клавіатури, рознімання RS232 для принтера, універсальне рознімання USB.

До обов'язкового набору мікросхем на сучасній платі входять два чипи (так звані Північний і Південний порти), що дозволяють процесору працювати з численним набором різних

комплектуючих в умовах постійного відновлення стандартів, протоколів обміну даними та ін. Чип базової системи введення-виведення інформації (BIOS) зберігає інформацію про конфігурацію компонентів системи, відслідковує наявність і налаштування основних пристроїв і керує комп'ютером при відключеному живленні та на початкових етапах завантаження ОС. На деяких моделях материнських плат інтегровано багато функціональних можливостей (звук, відеовихід, керування накопичувачами на твердих і змінних носіях, порти), що раніше могли використовуватися тільки у вигляді змінних плат, що вставляються в рознімання PCI чи ISA.

Материнська плата із закріпленими на ній комплектуючими міститься в корпусі системного блока. Корпус захищає компоненти ПК від зовнішніх механічних впливів. На корпусі закріплений блок живлення з вентилятором охолодження, рознімання для установки змінних накопичувачів (дисководи для магнітних і оптичних дисків), кнопки включення живлення і перезавантаження, індикатори роботи комп'ютера та ін. Корпуси мають різні стандартні розміри й оформлення, що дозволяють розміщати різні набори устаткування залежно від призначення й умов роботи ПК.

Оперативна пам'ять. Оперативна пам'ять призначена для розміщення програм і даних, використовуваних процесором безпосередньо в процесі поточної роботи. Складається з комірок для запису, збереження і зчитування даних, об'єднаних у 32-розрядні адресні регістри. При відключенні живлення дані в оперативній пам'яті стираються. Конструктивно оперативна пам'ять виконана у вигляді модуля з набором спеціальних мікросхем, закріплених на пластиковій платі з контактами, що вставляються в спеціальні рознімання на материнській платі. Технічні характеристики оперативної пам'яті визначаються місткістю і швидкістю обміну із системною шиною.

Постійно розробляються нові типи і стандарти оперативної пам'яті. У наш час найбільш широко використовуються модулі пам'яті типу DDR зі швидкістю перезапису даних у комітках 3-6 наносекунд. Модулі пам'яті DDR мають різну ємність (128, 256, 512, 1024 Мб) і швидкість передачі даних 266-800 МГц. Так само з процесорами ранніх версій можуть використовуватися модулі пам'яті стандартів DIMM (128-512 Мб, 133 МГц) і SIMM (8-64 Мб).

Накопичувачі на твердих магнітних дисках. Накопичувачі на твердих магнітних дисках (HDD, вінчестери) призначені для збереження програм і даних протягом тривалого періоду часу; ця пам'ять не залежить від підключення енергії. Інформація записується у вигляді магнітних плям (міток) на дисках з магнітним покриттям. Запис і зчитування магнітних міток виконуються за допомогою спеціальної голівки, що переміщується над поверхнею диска. Одна чи кілька дискових пластин з голівками поміщуються в герметичний металевий корпус, оснащений електродвигунами обертання дисків і переміщення голівок, системою керування (контролером) і оперативною пам'яттю (буфером) для тимчасового збереження даних при записі чи зчитуванні. *За умовами використання розрізняють:* внутрішні накопичувачі (постійно закріплені в системному блоці), змінні накопичувачі (вставляються в спеціальні рознімання системного блока чи дискового масиву) і зовнішні (в окремому корпусі з блоком електроживлення і системою вентиляції, зв'язок з іншими компонентами підтримується за допомогою високошвидкісних з'єднань SCSI, FireWire чи USB).

Тверді магнітні диски залежно від типу контролера поділяються на три основні типи: IDE, SCSI, RAID. Найбільшого поширення набули накопичувачі типу IDE. Численні моделі цього типу мають швидкість обертання 5400 чи 7200 об/хв; ємність дискової пам'яті від 20 до 250 Гб; ємність буфера обміну 2-8 Мб. Накопичувачі з контролером SCSI характеризуються значно більш високою швидкістю передачі даних за рахунок удосконаленого протоколу обміну і швидкості обертання дисків 10000-15000 об/хв, місткість дискової пам'яті – 20-150 Гб, буфер обміну – до 8

Мб. Контролери типу RAID здатні підтримувати одночасну роботу кількох накопичувачів, забезпечувати дублювання запису на кілька пристроїв, відновлювати інформацію у випадку перебоїв, контролювати якість поверхні дисків, змінювати пристрої без вимикання та ін. Місткість дискових масивів RAID залежить від кількості одночасно підтримуваних пристроїв і може досягати 16 Терабайт. Основними виробниками накопичувачів на твердих магнітних дисках є фірми Samsung, Western Digital, IBM, Maxtor, Seagate.

Накопичувачі на змінних магнітних і оптичних дисках, стрічкові накопичувачі, карти пам'яті. Накопичувачі на змінних магнітних дисках (флорі-диски, гнучкі диски, дискети) призначені для тимчасового чи постійного збереження програм і даних, а також для обміну даними між комп'ютерами. Гнучкий магнітний диск являє собою круглу пластикову пластину діаметром 3,25 дюйма (83 мм) у пластиковому захисному конверті. Стандартна ємність дискети - 1,44 Мб. Дискетами для таких дискет оснащений практично кожен ПК, однак недостатня місткість цього типу пристроїв змушує розробників шукати нові стандарти для їхньої заміни.

Поширені накопичувачі на магнітно-оптичних дисках двох типів: Iomega ZIP місткістю 100 і 250 Мб і Iomega JAZ ємністю 1000 і 2000 Мб.

Значного поширення накопичувачі з оптичним принципом запису і зчитування інформації - оптичні або лазерні диски. Оптичні диски можуть бути надійним засобом збереження архівів і резервних копій даних, розрахунковий термін служби оптичного диска становить до 100 років. У наш час розроблено три типи оптичних дисків ємністю до 700 Мб: CD (тільки читання), CD-R (одноразовий запис і читання), CD-RW (багаторазовий запис-читання). Для кожного типу дисків існують відповідні дисководи, що підтримують необхідні функції. Так само існують комбіновані дисководи, здатні працювати з усіма трьома типами дисків. Технічні характеристики дисководів визначаються швидкістю зчитування/запису даних. Швидкість визначається кратною стосовно першого стандарту CD. Наприклад, типова швидкість сучасних дисководів становить 52x-54x при читанні даних і 24x-32x при записі.

Відносно новим стандартом оптичних накопичувачів є диски стандарту DVD ємністю 4,7 Гб. Для цього стандарту розроблені різні типи дисків і дисководів з можливістю читання і запису даних. Для систем, що використовують операцію постійного резервного копіювання оперативної інформації, використовують стрічкові магнітні накопичувачі (стрімери) з касетами ємністю 24 чи 40 Гб.

У мобільних ПК і багатьох геодезичних електронних приладах використовуються накопичувачі на електромагнітній енергонезалежній пам'яті – flash-карти. Ці пристрої не мають деталей, що рухаються, і зручні для застосування в польових умовах, мають розміри і формат банківської електронної картки, розміри деяких моделей наближаються до розмірів поштової марки. Ємність більшості моделей flash-карт (CompactFlash, Secure Digital, SmartMedia, Memory Stick) різних виробників становить 16, 32, 64, 128, 256, 512 Мб. Для перенесення інформації з flash-карт у ПК останній повинен бути оснащений спеціальним карт-зчитувачем (окремо для кожного типу чи комбінованим).

Відеокарти і відеоприскорювачі. Відеокарти призначені для перетворення сигналів процесора у відеозображення певного стандарту, що через спеціальне рознімання може бути передана на монітор чи інший пристрій візуалізації. Відеокарта виконана на окремій платі, що вставляється у рознімання PCI чи AGP, оснащена спеціальним графічним чипом з необхідним набором команд і відеопам'яттю (1-2 Мб), у який зберігається сформоване відеозображення. Сучасні відеокарти можуть бути настроєні на кілька відеостандартів, що розрізняються за

екранним дозволом і глибиною передачі кольору. Звичайно відеокарта формує, зберігає і віддає на монітор одну-дві сторінки відеозображення (звичайний режим роботи для офісних додатків).

У графічних додатках, зв'язаних із тривимірним моделюванням, накладенням напівтонових текстур на об'єкти, розрахунком освітленості і тіней, рухом та ін., можливостей звичайної відеокарти стає недостатньо.

Для формування і візуалізації динамічної тривимірної графіки використовуються спеціальні відеоприскорювачі з графічними процесорами типу Radeon чи GeForce і відеопам'яттю обсягом 64-128 Мб, що дозволяє розвантажити центральний процесор для виконання основних розрахункових завдань.

Засоби зв'язку. Для зв'язку комп'ютерів і побудови обчислювальних комп'ютерних мереж використовуються різні типи з'єднань. Найбільш поширені локальні мережі на основі кабельних і безкабельних з'єднань, а також вилучені з'єднання за допомогою телефонних ліній.

При побудові локальної мережі в межах однієї кімнати чи будинку використовуються кабельні з'єднання. Кожен комп'ютер оснащується спеціальною мережною картою, що перетворює сигнали процесора й інших пристроїв за спеціальним протоколом TCP-IP у сигнал, який може бути переданий по кабельному з'єднанню. Сучасні мережні карти можуть підтримувати швидкість передачі даних 10, 100 чи 1000 Мбіт/сек. При побудові мереж складної конфігурації в неї можуть включатися спеціальні пристрої, що концентрують і керують потоками даних – Hub-і.

При побудові локальних мереж з мобільними комп'ютерами можна використовувати безкабельні з'єднання: на основі інфрачервоних променів (IrDA) чи ультракороткохвильового радіо (Wi-Fi, Bluetooth), що діють тільки в межах прямої видимості. Кожна мережна карта повинна оснащуватися приймачем-передавачем відповідного типу.

Для сполучення комп'ютерів через телефонну мережу використовуються модеми, які перетворюють сигнали процесора в спеціальний код за певним протоколом (V.90, V.92, V.34 та ін.). Швидкість передачі даних звичайними телефонними лініями становить 36-56 Кбіт/сек, виділеними лініями – до 2,3 Мбіт/сек. Для зв'язування віддалених комп'ютерів використовують модеми різної пропускної здатності, комутатори, маршрутизатори, високошвидкісні оптичні і супутникові лінії зв'язку. Разом зі сховищами каталогізованої інформації і пошукових серверів ці пристрої створюють і підтримують у робочому стані всесвітню павутину мережі INTERNET.

3. Пристрої збору і введення інформації

Стандартними пристроями введення інформації в комп'ютер є клавіатура і графічний маніпулятор «миша». За допомогою *клавіатури* в комп'ютер вводиться цифрова і символна інформація, для чого на клавіатурі розміщені різні клавіші (102 чи 104 клавіші). Маніпулятор «миша» використовується в програмах із графічним інтерфейсом. За допомогою курсора миші користувач указує на різні елементи керування, розміщені на екрані, чи робить оконтурювання об'єктів. Для керування і введення даних застосовують різні типи графічних маніпуляторів: механічні (рух миші передається в комп'ютер за допомогою обертання кульки і системи валиків) і оптичні (світлочутливий елемент зчитує рухи по спеціальній поверхні). Різновидом механічної миші є трекбол – кулька розміщена зверху й обертається рукою користувача. У мобільних комп'ютерах як графічний маніпулятор можуть використовуватися джойстики (рух курсора керується відхиленням спеціальної рукоятки) чи перо, яким надавлюють або пишуть на сенсорному покритті екрана чи графічного планшета.

Для введення великих масивів просторово-розподілених даних у ГІС використовуються спеціальні периферійні пристрої. Для цифрування паперових картографічних матеріалів в умовах офісу призначені дигітайзери (ручне введення даних) і сканери (автоматичне введення даних). При цифруванні за допомогою дигітайзера картографічні об'єкти обводяться по зовнішньому контуру чи осьовій лінії (векторне представлення). Сканер повністю копіює всю поверхню вихідного графічного джерела, площа карти розбивається на окремі елементи певного розміру (растрове представлення), кожному елементу присвоюється код кольору. Скановане зображення може відразу перетворюватися в растрові дані формату якогось ГІС-пакета чи використовуватися для розпізнавання і векторного цифрування об'єктів ручним (екранне дигітизування) або автоматизованим способом (векторизація).

Для збору і просторової прив'язки даних у польових умовах використовуються приймачі GPS і електронні геодезичні прилади. Сучасні моделі цих пристроїв можуть працювати як автономно, обмінюючись даними з ПК за допомогою flash-карт, так і бути прямо підключеними до мобільного ПК.

У спеціальних організаціях, що займаються створенням і відновленням топографічних карт, використовуються периферійні пристрої, які дозволяють розпізнавати й цифрувати рельєф за аерознімками – оптичні або цифрові стереофотограметричні станції.

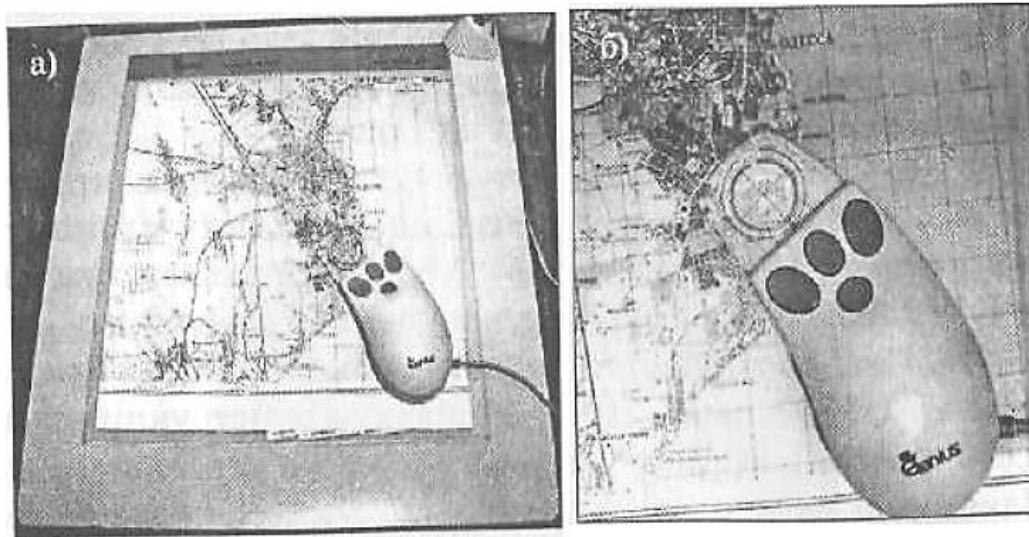
Дигітайзери. *Дигітайзер* (*digitizer, digitiser, tablet, table digitizer, digitizer tablet, digital tablet, graphic tablet*, – синоніми – цифрувач, графічний планшет, графічний пристрій введення даних, графоповторювач – іноді використовуються терміни «сколка», «таблетка») – пристрій для ручного цифрування картографічної і графічної документації у вигляді послідовності точок, положення яких описується прямокутними декартовими координатами площини. Дигітайзер складається з плоскої панелі (tablet) з мережею горизонтальних і вертикальних провідників і магнітно-індукційного курсора. Залежно від призначення може комплектуватися курсорами двох типів: курсором з індукційним кільцем (за розмірами і конфігурацією подібний до курсора миші) для високоточного введення або пером (stylus, pen stylus) – для низькоточного введення координат.

Технічні характеристики дигітайзерів визначаються:

- розмірами робочої області;
- загальними габаритами, приблизно відповідними форматам А4-А0;
- просторовою точністю курсора;
- просторовою точністю поля дигітайзера, закладеною в його конструкцію, тобто величиною мінімального кроку між сусідніми провідникам.

Сумарна точність зчитування координат для більшості моделей дигітайзерів звичайно знаходиться в межах десятих чи сотих часток міліметра. Великоформатні (А1, А0) столи можуть кріпитися на підставці. Робоче поле столу може бути виконане з прозорого матеріалу і мати підсвічування.

Картографічні матеріали, призначені для цифрування, кріпляться на робочу область дигітайзера (**рис. 2**). За допомогою курсора-зчитувача вказується кілька контрольних точок з відомими координатами, після чого установлюється відповідність між координатними системами матеріалів, що цифруються, і дигітайзера. У процесі подальшої роботи всі координати, що зчитуються, будуть автоматично перетворюватися у встановлену систему координат.



**Рис. 2.5. Дигітайзер формату А4 із закріпленим картографічним матеріалом:
а — загальний вигляд; б — курсор дигітайзера**

Ручне дигітизування надає оператору свободи вибору, точності опису картографічних об'єктів. Частота зчитування координат точок залежить від типу об'єкта, звивистості його контурів, вимог проекту, кваліфікації оператора і багатьох інших факторів. При правильному виборі техніки цифрування можна значно скоротити кількість опорних точок, що описують контури об'єкта при збереженні заданої точності. За необхідності можна використовувати режим потокового цифрування, коли задається відстань (звичайно 1-5 мм), через яку курсор автоматично зчитує координати, оператору необхідно тільки вести курсор уздовж заданої лінії. При цій технології цифрування може створюватися надлишкова кількість точок на прямих ділянках, а також можливі помилки на місцях, де вигин лінії менше кроку автоматичного зчитування.

Курсор дигітайзера може бути оснащений різною кількістю функціональних кнопок (звичайно 4 або 16 – рис. 2б). Функції цих кнопок можна програмувати, наприклад, задавати номери кнопок зчитування координат, закінчення об'єкта, замикання полігону чи переходу в потоковий режим за вимогою різних операторів. Багато моделей дигітайзерів оснащуються системою налаштування, що дозволяє їм працювати з різними пакетами ГІС і САПР. У зв'язку зі значною складністю і вартістю (вартість дигітайзерів досягає \$3000-4000) та появою порівняно дешевих сканерів дигітайзерне введення просторових даних сьогодні практично цілком витиснуто технологіями екранного дигітизування. Основним виробником картографічних дигітайзерів залишилася фірма CalComp (лінія моделей DrawingBoard).

Сканери. *Сканер* (scanner) – синонім «скануючий пристрій» – пристрій аналого-цифрового перетворення зображення для його автоматизованого введення в комп'ютер у растровому форматі шляхом сканування (послідовного перегляду і зчитування смуг зображення) у відбитому чи прохідному світлі з непрозорого і прозорого оригіналу (кольорового, монохромного напівтонового, штрихового).

Технічні характеристики й сфери застосування сканерів залежать від виду і технології подачі матеріалу, що сканується, просторового дозволу (визначається кількістю елементів растра на дюйм, звичайно 300-600 dpi і більше), точністю розпізнавання кольору і півтонів (характеризується кількістю біт, що описують кожен елемент растра). Розрізняють планшетні сканери (flatbed scanner), барабанні сканери (drum scanner), роликові сканери (sheet-feed scanner) і

ручні сканери (handheld scanner). Застосування останніх у ГІС обмежене малим форматом сканованого аркуша в додатках щодо розпізнавання тексту.

Основою сканера є лінійка зі світлочутливими елементами, що рухається вздовж документа, який сканується (у планшетних сканерах), або сканований документ протягується вздовж нерухомої лінійки (у барабанних і роликівих сканерах).

Найбільш поширені моделі планшетних сканерів фірм Epson, Canon, AGFA, Mustek, HP, UMAX. У зв'язку з конструкційними особливостями формат планшетних сканерів не перевищує А3. Планшетні сканери можуть сканувати документи з оптичним розділенням до 4800 dpi і глибиною кольору до 42 біт/піксел, оснащуються слайд-пристроями для сканування фотонегативів і спеціалізованим програмним забезпеченням для корекції сканованих матеріалів.

Програмне забезпечення, призначене для планшетних сканерів, дозволяє здійснювати контроль якості і корекцію сканованого матеріалу. Для забезпечення заданої точності сканування використовуються спеціальні контрольні пластини з точно нанесеними мітками. За допомогою спеціального програмного забезпечення порівнюються еталонні характеристики пластини з сканованою копією, визначаються розміри локальних перекручувань і розробляються коригувальні виправлення для кожного сканера.

Для сканування великоформатних картографічних документів розроблені різні моделі роликівих сканерів. Сканери фірм Intergraph і Contex сканують кольорові, чорно-білі карти і плани формату А1-А0, а також рулонні матеріали з роздільною здатністю 400-800 dpi, товщина матеріалу, що сканується, може досягати 15 мм (наприклад, наклеєні на фанеру чи алюмінієві аркуші міські архітектурні плани). Роликіві сканери мають похибку 0,1% на довжину сканованого документа, що для аркуша карти розміром 384x368 мм дасть похибку близько 0,3-0,4 мм. Спеціалізовані планшетні сканери мають кращі характеристики точності – 0,05%, але теж не забезпечують потрібного стандарту. Зазначені вище вимоги задовольняють тільки барабанні сканери, що застосовують для професійного «топографічного» сканування і створення цифрових копій карт.

У таких сканерах особлива увага приділяється мінімізації і повному виключенню можливих перекручувань, що виникають у процесі сканування. Матеріал, який сканується, жорстко кріпиться на спеціальному барабані, при обертанні барабана документ рухається уздовж нерухомої скануючої лінійки. Застосовуються спеціальні електродвигуни для забезпечення рівномірного руху барабана без затримки чи ривків, спеціальні системи стабілізації електроживлення, що виключають впливи коливання напруги, системи амортизації для гасіння вібрацій.

Такі пристрої встановлюються на спеціальній основі, у приміщенні підтримуються стабільні вологість і температура, для керування створене спеціальне програмне забезпечення. Загальна вартість таких програмно-апаратних комплексів може досягати 100000-150000 дол. США. Наприклад, барабанний сканер CCS 500-50 TF (Tangent, USA) з урахуванням програмного забезпечення і налагодження коштує близько 150000 дол. США, аналогічна апаратура російського складання ProfScan 5020С – 14500 дол. США.

GPS-приймачі. GPS-приймачі є користувацьким компонентом системи GPS (Global Positioning System, Глобальна система місцевизначення, система супутникового місцевизначення, система супутникового визначення координат) і призначені для визначення географічних координат і висот щодо координатно-висотної системи WGS-84.

До діючих у наш час систем супутникового місцевизначення відносять системи GPS (NAVSTAR) – США і ГЛОНАСС (GLONASS) – Російська Федерація. Основне розроблення і

розгортання компонентів цих систем проводилися в 70-90-х роках ХХ ст. Система GPS цілком розгорнута в 1993 р.; ГЛОНАСС – у 1996 р. (на орбіту виведені всі супутники).

У складі обох систем місцевизначення виділяють три підсистеми (сегменти):

1) *підсистему наземного контролю і керування (control-segment)* – мережу наземних станцій, що забезпечує супутники точними координатами (ефемеридами) та іншою інформацією;

2) *підсистему комплексу супутників (space-segment)*, що складається з 24 космічних апаратів, оснащених кількома атомними цезієвими стандартами частоти-часу, які постійно передають на частотах L1 і L2 сигнали для вимірювання псевдовідстаней кодовим і фазовим методами, мітки часу й інші повідомлення, необхідні для місцевизначення;

3) *підсистему апаратури користувачів (user-segment)*, яка містить приймачі місцевизначення з антенами, накопичувачами результатів вимірювань, іншим оснащенням і програмним забезпеченням обробки даних.

Визначення координат базується на визначенні відстаней від приймача до 3-6 супутників і побудови геодезичних засічок. Оскільки точне місце розміщення кожного супутника розраховане для кожного моменту часу, відстань до нього визначається за часом запізнення радіосигналу. Існує два види радіокоду, переданого супутниками, військовий (більш точний) і цивільний (менш точний). Для підвищення точності місцевизначення приймачами GPS використовується кілька радіоканалів для прийому сигналу від одного супутника, застосування фазового методу розрахунку дальності, використання роботи двох приймачів одночасно і спеціального програмного забезпечення для камеральної обробки даних польової зйомки. При використанні додаткових методів точність визначення горизонтальних і вертикальних координат на місцевості може досягати 1-3 мм. На точність визначення координат впливає взаєморозміщення супутників на небесній півсфері (супутники повинні знаходитися в різних секторах і по можливості вище 15° над обрієм), радіозатінення деревами і спорудами, радіовідбиття від горизонтальних і вертикальних поверхонь.

Приймачі місцевизначення (GPS receivers, GLONASS receivers, GPS/GLONASS receivers) – електронні пристрої, що приймають сигнали супутників з метою місцевизначення. Приймачі місцевизначення розрізняють, від якого супутника приймається сигнал, розділяють ці сигнали, ведуть спостереження за ними, вимірюють, переводять результати в цифрову форму, попередньо їх обробляють, зберігають та ін. Приймачі бувають послідовного спостереження (1-2 канали) і багатоканальні (multi-channel) рівнобіжного спостереження (6-12 і більше каналів), застосовуючи кодовий метод вимірювання; одночастотні L1 і двочастотні L1 і L2, що вимірюють кодовим і фазовим методами; безкодові, що вимірюють різниці фаз подвоєних частот L1, L2; мініатюрні, ручні, малогабаритні; розраховані на прийом сигналів GPS, ГЛОНАСС чи обох систем. Моделі приймачів GPS поділяються на кілька класів за конструктивними особливостями, функціональними можливостями і точністю визначення координат.

Приймачі навігаційного класу точності визначають координати точки стояння при зупинках і в русі з точністю 100-30 м, розраховують азимут і відстань до заданої точки. Конструктивно приймачі виконані в єдиному корпусі з антеною, дисплеєм, клавіатурою керування, блоком енергоживлення. Розміри і зовнішній вигляд цих пристроїв фірм Gramlin, Magellan порівнянні з мобільними телефонами; на корпусі розміщені рідинно-кристалічний дисплей і клавіатура; передбачені рознімання для зв'язку з ПК (рис 3).

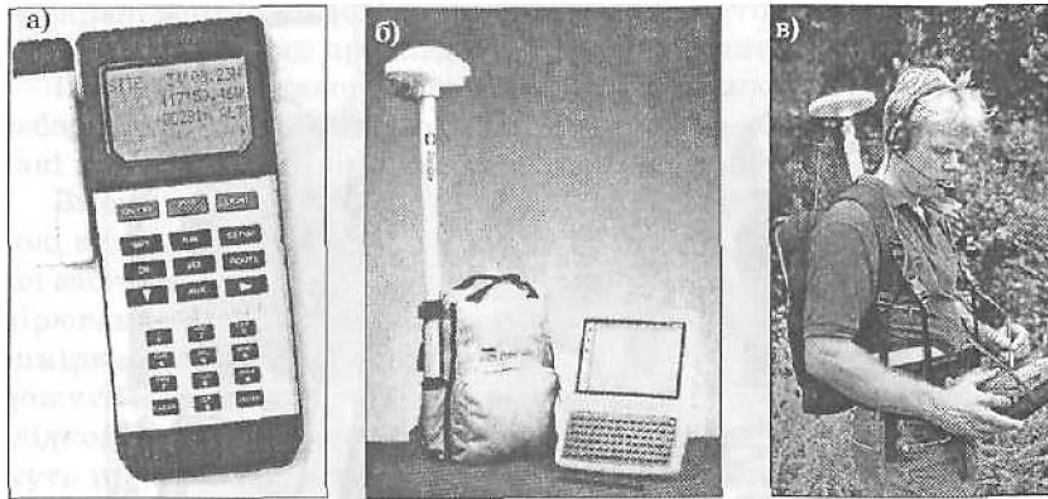


Рис. 3. Приймачі GPS: а) навігаційний приймач GPS Magellan; б) приймач GPS Trimble PathFinder з накопичувачем даних; в) польовий збір даних з використанням приймача GPS

Для ГІС-проектів фірмою Trimble розроблений спеціальний тип приймачів, що містить блок приймача, наріжну антену, блок енергоживлення і блок реєстрації даних. За допомогою таких комплексів можна не тільки визначати координати точок (до 5000 точок з описами), а й ідентифікувати їх з використанням спеціальної бібліотеки описів. Точність визначення координат з використанням таких комплексів становить 0,6-1 м. Передбачено обмінні формати даних з багатьма пакетами ГІС.

Точність геодезичного класу (1-5 мм) досягається при використанні диференціальних станцій – комплексу двох високоточних приймачів. Один із приймачів установлений стаціонарно і постійно вимірює свої координати. Шляхом статистичної обробки численних вимірів координати точки стояння визначаються з дуже високою точністю. Інші приймачі, використовувані в мобільному варіанті, підтримують постійний радіозв'язок з базовою станцією й одержують від неї виправлення для визначення координат. Приймачі геодезичного класу випускають фірми Trimble, Leica, Ashtech, Sokkia, Carl Zeiss. За допомогою таких систем створюються високоточні опорні геодезичні мережі, що потім можуть згущатися за допомогою електронних геодезичних приладів і низькоточних GPS-приймачів.

Електронні геодезичні прилади. Пристроями, призначеними для використання в геодезії, є: теодоліт (theodolite) – для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів; далекомір (distancemeter) – для вимірювання відстаней; нівелір (level) – для визначення перевищень горизонтальною лінією візування; тахеометр (tachemeter) – для виміру горизонтальних і вертикальних кутів, довжин ліній і перевищень (рис. 4).

Сучасні геодезичні прилади вимірюють горизонтальні і вертикальні кути з точністю до 1 кутової секунди. Вмонтовані лазерні далекоміри дозволяють визначати відстані з точністю до 1 см на 1 км на максимальній відстані до 3,5 км. Багато приладів відомих фірм Leica, Sokkia, Carl Zeiss, Trimble мають властивість масштабування функціональних можливостей. На один корпус може міститися різний набір оптико-механічних і електронних компонентів. Прилади початкового рівня оснащуються автоматичними електронними калькуляторами з відображенням на екрані вертикального і горизонтального кутів, похилої відстані, горизонтального прокладення і перевищення. Прилади середнього класу оснащуються мікропроцесорами з набором прикладних програм і пам'яттю, яка дозволяє зберігати дані про вимірювання і ідентифікацію 1000-3000 точок.

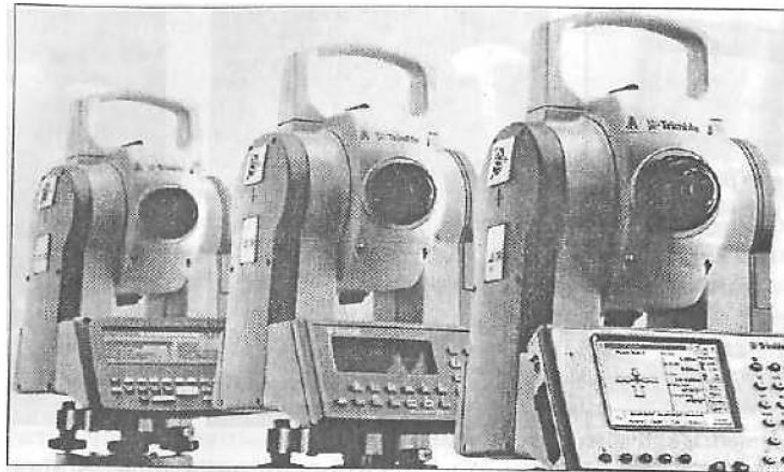


Рис. 4. Електронні геодезичні прилади фірми Trimble

Вмонтоване програмне забезпечення дозволяє безпосередньо в ході вимірювання вирішувати такі завдання: виконання зворотної засічки, спостереження й зрівнювання теодолітного ходу, вимірювання зі зсувами, винесення в природу координат об'єктів, вимірювання площ і об'ємів та ін. Універсальні робочі станції можуть виконувати виміри без участі людини, автоматично відслідковуючи переміщення маркера на місцевості. Ці прилади можуть підключатися прямо до мобільного ПК або обмінюватися даними з комп'ютерами за допомогою flash-карт. До складу багатьох пакетів ГІС входять операції обробки даних геодезичних вимірювань (наприклад, модуль COGO – координатна геометрія, модуль пакету ARC/INFO фірми ESRI).

Стереофотограмметричні станції. Стереофотограмметричні станції призначені для побудови об'ємних зображень рельєфу земної поверхні за двома аерофотознімками поверхні Землі. За конструктивним виконанням і технологією обробки знімків розрізняють аналогові (працюють з негативами чи фотовідбитками) і цифрові (працюють зі сканованими знімками) стереофотограмметричні станції. З використанням спеціальної оптичної системи виконується суміщення стереопари знімків у поле зору оператора і створюється «віртуальна» тривимірна модель. За допомогою спеціальних аналітичних алгоритмів на стереомоделі рельєфу проводяться (цифруються) горизонталі. Ця технологія використовується при масовому створенні і відновленні топографічних карт у спеціалізованих організаціях. Пристрої цього типу виробляються і в Україні – у державному науково-виробничому підприємстві «Геосистема» (м. Вінниця) (рис. 5).

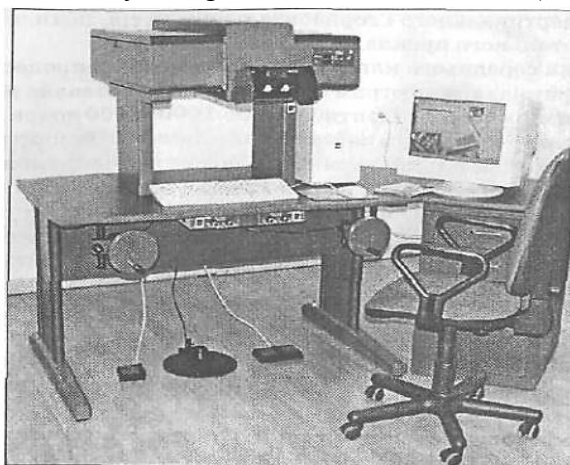


Рис. 5. Аналітична стереофотограмметрична станція «Стереанаграф-6» (Україна)

4. Пристрої візуалізації і подання даних

Візуалізація (visualization, visualisation, viewing, display, displaying, синонім – графічне відтворення, відображення – у ГІС, комп'ютерній графіці і картографії) – проектування і генерація зображень, у тому числі геозображень, картографічних зображень та іншої графіки на пристроях відображення (переважно на екрані дисплея) на основі вихідних цифрових даних і алгоритмів їхнього перетворення.

Крім екрана дисплея, картографічні зображення можуть бути відображені на великих екранах за допомогою проекційної системи чи виведення у вигляді твердої копії на папері, плівці за допомогою принтера чи плотера.

Дисплеї. *Дисплей (display, display device)*, синоніми – пристрій відображення, відеоекран – пристрій (система) виведення, що здійснює візуальне подання чи відображення (display, displaying) виведених даних на екран комп'ютера (screen), монітор. За конструкцією розрізняють дисплеї на основі *електронно-променевих трубок* (ЕПТ-монітор, CRT-display) і *рідинно-кристалічні дисплеї* (ПК-дисплеї, LCD-display), плазмові дисплеї (plasma-panel display). Сучасні комп'ютерні дисплеї характеризуються розміром екрана, підтримуваними стандартами роздільної здатності, швидкістю відновлення зображення на екрані, відповідністю вимогам електробезпечності і відсутності іонізуючого випромінювання, зручністю керування і настроювання.

Дисплеї на основі електронно-променевих трубок є найбільш давньою і поширеною технологією візуалізації цифрових зображень. Зображення формується шляхом опромінення електронним променем плям люмінесцентної речовини на передній стінці вакуумної трубки. Колір формується злиттям трьох близько розміщених плям з різним кольорним світінням – червоним, зеленим і синім (red, green, blue; RGB-модель); інші кольори та їхні півтони формуються шляхом змішування основних кольорів. Зображення формується з окремих зерен (пікселів), що складаються з трьох різнобарвних плям, розмір зерна становить 0,2-0,28 мм. Розмір екранів ЕПТ-дисплеїв складає масштабний ряд 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23 і 24 дюйми по діагоналі. Підтримуються такі стандарти роздільної здатності для відображення інформації: VGA (640x480 пікселів); SVGA (800x600 пікселів); XGA (1024x768 пікселів). Монітори з діагоналлю 17 і більше дюймів можуть підтримувати просторову дрібність 1280x1024; 1600x1200; 1792x1344; 1920x1440; 2048x1536 пікселів (можливість такої роздільної здатності визначається характеристиками і драйверами відеокарти). Для передачі кольору використовуються три основні кольорні RGB-моделі: 8 біт на піксел – 256 кольорів; 16 біт на піксел, High Color – 56 тис. кольорів і відтінків; 24 біт на піксел – True Color, більше 16 млн кольорів і відтінків. На якість сприйняття зображення значно впливає частота відновлення зображення на екрані, при низьких швидкостях (менше 65 Гц) стає помітним мерехтіння екрана. Оптимальною швидкістю відновлення екрана вважається 85-95 Гц. У своїх ЕПТ-дисплеях основні фірми-виробники Samsung, Samtron, LG, NEC, Philips, Sony, Hansol, Mitsubishi застосовують технології створення плоских екранів, зменшення геометричних і яскравих переколювань, зменшення енергоспоживання.

З появою технології *рідинно-кристалічних дисплеїв* почалося поступове збільшення їхніх розмірів і екранного розділення. Пікселі на цьому типі пристроїв формуються зі світлодіодів трьох основних кольорів, видимість чи невидимість світлодіода визначається станом рідкого кристала. Сучасні рідинно-кристалічні дисплеї (на основі TFT-матриці) для настільних комп'ютерів характеризуються розмірами від 15 до 24 дюймів, розмірами піксела 0,28-0,3 мм, підтримкою екранної дрібності 1280x1024; 1600x1200 пікселів. Такі дисплеї мають значно менші розміри порівняно з ЕПТ-аналогами, меншим енергоспоживанням і відсутністю іонізуючого

випромінювання. Рідинно-кристалічні дисплеї розміру 12-15 дюймів і роздільної здатності до 1280x1024 пікселів також використовуються в різних моделях ноутбуків. Повнокольорові дисплеї з діагоналлю 2-3,5 дюйма і роздільною здатністю до 320x240 використовуються в портативних моделях ПК, а також пристроях мобільного зв'язку.

Принтери. *Принтер (printer)*, синонім – друкувальний пристрій – пристрій відображення текстової (алфавітно-цифрової) і графічної інформації, що базується на тому чи іншому принципі друку. Розрізняють друкувальні пристрої: *пелюсткові*, або *ромашкові*, принтери – послідовні шрифтові ударні пристрої типу механічних друкарських машинок (забезпечують тільки алфавітно-символьний друк і практично вийшли чи виходять із використання); *матричні* принтери з генерацією знака у вигляді точок растра шляхом удару голок друкуючої голівки по фарбувальній стрічці (з просторовим розділенням до 300 dpi), *лазерні* принтери, у яких зображення переноситься лазерним променем на папір чи інший матеріал методом ксерографії, забезпечуючи високий просторове розділення (звичайно 300-1200 dpi) і аналогічні їм принтери з перенесенням зображення за допомогою матриці світлодіодних елементів, які називають *світлодіодними* принтерами; *термопринтери* і *принтери з термопереносом*, що базуються на принципі термодруку на термочуттєвому чи звичайному папері відповідно; *струминні* принтери з видавлюванням фарбувальної речовини через сопла форсунок (звичайно до 1200 dpi). За можливостями відтворення кольору принтери поділяються на багатокольорові і монохромні, або чорно-білі, принтери, що забезпечують штриховий і/чи напівтоновий друк.

Принтери переважно призначені для друку сторінкових документів формату А4-А3, до яких входить як текст, так і графіка. Технічні характеристики сучасних принтерів визначаються просторовим дозволом друку, швидкістю виведення чорно-білої чи кольорової сторінки, вартістю друку однієї сторінки, стійкістю зображення під впливом вологи чи світла, розмірами, додатковими функціями.

Фірми HP, Epson, Canon, Lexmark, Samsung, Xerox виробляють широкий спектр пристроїв різного типу і класу. До складу модельних рядів відомих фірм входять як моделі початкового рівня зі швидкістю друку до 10 стор/хв, так і професійні моделі з можливістю друку 25-35 повнокольорових сторінок за хвилину, які здатні працювати в обчислювальній мережі й оснащені власними накопичувачами інформації. Постійно розширюється модельний ряд пристроїв, що мають в одному корпусі функції лазерного або струминного принтера, копіра і сканера.

Для друку великоформатних документів застосовуються технології розбиття на окремі сторінки з подальшим склеюванням. До принтерів також іноді відносять пристрої з технологією струминного друку для рулонних документів шириною до 153 см. Відмінність високопродуктивних великоформатних принтерів з високим просторовим розділенням друку від плотерів (графопобудовників) растрового типу досить умовна.

Плотери. *Плотер (plotter)*, синоніми – графобудівник, автоматичний координатограф – пристрій відображення, призначений для виведення даних у графічній формі на папір, пластик, фоточуттєвий матеріал чи інший носій шляхом креслення, гравіювання чи фотореєстрації іншим способом. Розрізняють *планшетні* плотери (flatbed plotter) з розміщенням носія на плоскій поверхні, *барабанні* плотери (drum plotter) з носієм, що закріплюється на обертовому барабані, *рулонні*, або роликові, плотери (roll-feed plotter) із креслярською голівкою, що переміщується в одному напрямку при одночасному переміщенні носія в перпендикулярному йому напрямку.

За принципом побудови зображення плотери поділяються на векторні і растрові. *Векторні* плотери створюють зображення пером чи олівцем. *Растрові* плотери, успадковуючи конструктивні особливості принтерів, створюють зображення шляхом порядкового відтворення і

за способом друку поділяються на *електростатичні* плотери з електростатичним принципом відтворення, *струминні* – базуються на принципі струминного друку (видавлюванні фарбувальної речовини через сопла форсунок), *лазерні* – відтворюють зображення з використанням світлового променя чи лазера, *світлодіодні* – відрізняються від лазерних плотерів способом перенесення зображення з барабана на папір, *термічні* плотери, *мікрофільм-плотери*, або фотоплотери з фіксацією зображення на світлочутливому матеріалі.

Основні конструктивні та експлуатаційні характеристики плотерів: формат відтвореного зображення-оригіналу, що варіює звичайно від А4 до А0 для плотерів нерулоного типу чи вимірюється робочою довжиною барабана і максимальною довжиною рулону (до декількох десятків метрів) для рулонного типу; розмір робочого поля; точність; просторове розділення растрових плотерів (звичайно в межах 300-2500 dpi); швидкість промальовування або виготовлення одиниці продукції заданого формату; наявність чи відсутність власної пам'яті (буфера); інтерфейс і програмне забезпечення. Деякі моделі плотерів комплектуються або можуть оснащуватися насадками, що доповнюють їх функціями сканера.

У наш час найбільшого поширення набули струминні плотери фірми Hewlett Packard, що дозволяють друкувати повнокольорові картографічні документи формату А4-А0. Такі пристрої оснащуються системою безупинної подачі чорнила, системою моніторингу запасу чорнила й оповіщення про їх можливу недостатку для друку заданого документа, системою відрізання паперу чи нарізання на аркуші певного формату. Оскільки документи, передані на друк, мають растровий формат, обсяг файлу друку може досягати кількох сотень мегабайт. Моделі плотерів, призначені для повнокольорового великоформатного друку, оснащуються високошвидкісними інтерфейсами SCSI, Fire-Wire, USB для обміну даними з комп'ютерами, власними графічними процесорами і дисковими накопичувачами.

5. Тенденції розвитку апаратного забезпечення

Комп'ютерна техніка і пов'язана з нею периферія належать до галузі технології, що найбільш швидко розвивається. За останні 10 років швидкодія комерційних процесорів тільки за тактовою частотою виросла з 33 до 3800 МГц, ємність ОЗУ – з 16 Мб до 1 Гб, значно поліпшилися технічні показники і зменшилася вартість периферійних пристроїв.

Однак більшість фахівців відзначає, що технічні характеристики сучасних чипів наблизилися до своєї фізичної межі. Можливості зменшення розмірів транзисторів і провідників обмежені властивостями хімічних елементів і електричних зарядів. У багатьох лабораторіях тривають інтенсивні дослідження, що вивчають можливості застосування для збереження і зчитування інформації оптичних елементів чи органічних молекул.

Подальше збільшення обчислювальної потужності комп'ютерів пов'язується з переходом на 64-розрядні процесори. Вже випущені в тестову експлуатацію 64-розрядні процесори Intel Itanium і AMD Opteron, однак сфера їх використання поки що обмежена колом 64-розрядних операційних систем і невеликим набором прикладного програмного забезпечення. Необхідне створення нових компіляторів і стандартів для розроблення прикладного програмного забезпечення з послідовним перекладанням усієї маси комерційних пакетів на нову апаратну платформу.

Безупинно збільшується щільність запису на поверхні магнітних дисків – середня ємність таких пристроїв уже становить 100 Гб, з'явилися комерційні моделі з ємністю 1 Тб. Зростає ємність змінних носіїв інформації – оголошено про подвоєння щільності запису на оптичних дисках стандарту DVD, ємність яких тепер може досягати 8,5 Гб. Для передачі зростаючих обсягів

графічної інформації всередині комп'ютера і на периферійні пристрої розробляються нові швидкісні дротові і бездротові інтерфейси, удосконалюються вже існуючі технології.

Ще одна тенденція розвитку пов'язана з підвищенням інтегрування і зменшенням розмірів багатьох класів комплектуючих ПК. Розробляються нові типи мікросхем, що поєднують функції центрального процесора, оперативної пам'яті, контролерів введення-виведення та ін. На основі таких чипів можливе створення мобільних комп'ютерів нового покоління, що виконують функції комунікації.

Уже з'явилися пристрої, які поєднують функції ПК, мобільного телефону і приймача GPS. Такий пристрій здатний визначити свої координати, передати їх у найближчий сервісний центр мережею INTERNET, завантажити з нього відповідну карту місцевості і відобразити її на екрані з розрахунком подальшого маршруту. Для обслуговування таких систем створюються бази даних міст і рекреаційних територій, що можуть поставлятися на flash-картах чи мікровінчестерах ємністю до 4-8 Гб.