

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/370055785>

Цифрова картографія / Digital Cartography

Book · April 2023

CITATIONS

0

READS

177

1 author:



[Eduard Bondarenko](#)

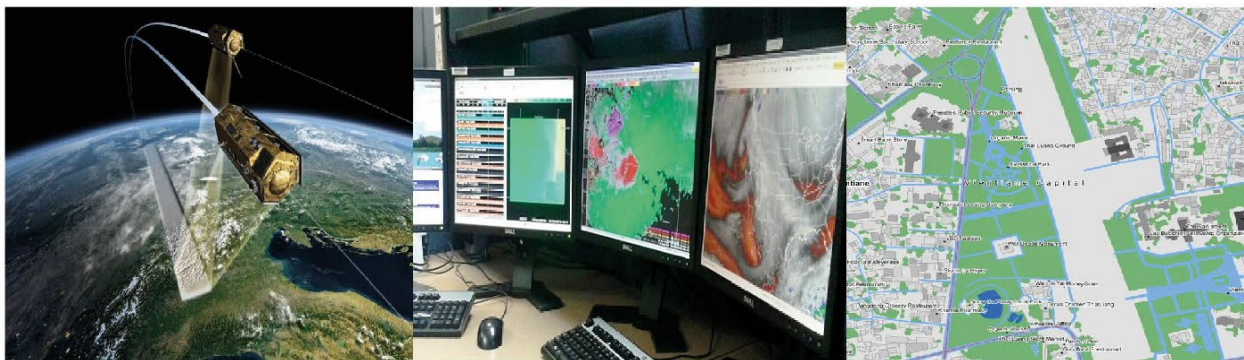
Taras Shevchenko National University of Kyiv

91 PUBLICATIONS 154 CITATIONS

SEE PROFILE

Е. Л. Бондаренко

ЦИФРОВА КАРТОГРАФІЯ



Конспект лекцій

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

“ЦИФРОВА КАРТОГРАФІЯ”

Галузь знань – 19 “Архітектура та будівництво”

Спеціальність – 193 “Геодезія та землеустрій”

Спеціалізація – “Геодезія”

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Для студентів денної форми навчання

Київ–2023

Цифрова картографія (конспект лекцій з навчальної дисципліни для студентів денної форми навчання спеціальності “Геодезія та землеустрій”, спеціалізації “Геодезія”). – К.: Редакційно-видавничий відділ НТУ, 2023. – 61 с.

Розробник: **Бондаренко Едуард Леонідович**, професор кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, доктор географічних наук, професор.

Видання друге.

Рецензенти:

Павлюк Д. О., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою (Національний транспортний університет);

Козаченко Т. І., доктор географічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу картографії (Інститут географії Національної академії наук України).

Рекомендовано до друку на засіданні кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, протокол № 7 від 25 лютого 2015 року.

© Бондаренко Е. Л., 2016, 2023

© Національний транспортний університет, 2016, 2023

Конспект лекцій з дисципліни “**Цифрова картографія**” складається з двох частин: розширеної програми курсу, тексту лекцій за окремими темами. До програми курсу входить перелік питань для підготовки до форм поточного і підсумкового контролю, список рекомендованої літератури. Після текстової частини кожної лекції подаються посилання на рекомендовану літературу для закріплення теоретичного матеріалу з відповідної теми, а також для самостійної підготовки.

I. РОЗШИРЕНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ.

1. ВСТУП.

Кінець ХХ століття в історії є новою інформаційною революцією, викликаною бурхливим розвитком персональних комп'ютерів та Інтернету. Комп'ютерні технології увійшли до всіх сфер людської діяльності. Не виключенням стала і картографія, де одержали розвиток нові її розділи – цифрова картографія та географічні інформаційні системи (ГІС), які підвищили якість та оперативність обробки даних і картографування, а ГІС-по-Інтернет (програмний продукт, який виник внаслідок злиття ГІС та Інтернет) значно розширив коло учасників картографічного моделювання і споживачів його результатів. Цифровою просторовою основою роботи в комп'ютерному середовищі є цифрові та електронні карти, створення і функціонування яких вивчає цифрова картографія.

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.

2.1. Мета навчальної дисципліни – дати студентам базові знання з теорії, методології і методики створення, функціонування та використання цифрових і електронних карт, а також сформувати належні практичні навички.

2.2. Основні завдання навчальної дисципліни:

- ознайомлення із сучасними технічними і програмними засобами автоматизації в картографії;
- вивчення питань реєстрації, введення, систематизації та зберігання даних в комп'ютерному середовищі, зокрема, оволодіння основними способами цифрування в сучасному програмному забезпеченні;
- формування вміння застосування системного підходу до вивчення основних теоретичних положень курсу.

2.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати:

- сучасний поняттєво-термінологічний апарат цифрової картографії;

- етапи історії розвитку світової та вітчизняної цифрової картографії;
- класифікацію цифрових карт, види джерел даних для їх розробки;
- основні вимоги до створення / використання цифрових карт, змісту і структури цифрового опису картографічної інформації у складі цифрових карт;
- головні правила цифрового опису картографічної інформації;
- картографічні проекції цифрових карт, їх перетворення;
- способи введення картографічної інформації до пам'яті комп'ютера, їх властивості та чинники вибору;
- характеристику пристроїв і складові алгоритму введення картографічної інформації в комп'ютерне середовище;
- групи програмних продуктів за функціональними особливостями з можливостями цифрування картографічних матеріалів;
- основні напрями, проблеми та перспективи розвитку цифрової картографії в Україні;

вміти:

- вільно оперувати сучасним поняттєво-термінологічним апаратом цифрової картографії;
- аналізувати джерела даних з метою їх придатності для створення цифрових карт;
- дотримуватись вимог до створення / використання цифрових карт відповідно до головних правил цифрового опису картографічної інформації;
- змінювати базовий масштаб цифрових карт, проводити трансформацію картографічних проекцій, інші операції відповідно до функціональних можливостей прикладних програмних продуктів;
- застосовувати сучасні способи введення картографічної інформації до пам'яті комп'ютера та відповідне програмне і технічне забезпечення;
- використовувати системний підхід при вивченні основних теоретичних положень курсу.

Об'єктом курсу є реальна дійсність, яка вивчається шляхом створення / використання цифрових, електронних та комп'ютерних карт із застосуванням сучасних програмних і технічних засобів.

Предметом – вивчення принципів і методів картографічного відображення об'єктів та явищ в системі автоматизованої обробки просторової інформації.

В структурно-логічній схемі підготовки фахівців спеціальності “Геодезія, та землеустрій” даний курс знаходиться у варіативній частині циклу дисциплін самостійного вибору навчального закладу.

“Цифрова картографія” розвивається в тісному зв'язку з такими науками,

галузями знань та навчальними дисциплінами як: інформатика, геоінформатика, математика, природничі науки, геоінформаційне картографування, ГІС і бази даних, веб-картографія, геоіконіка, дистанційне зондування Землі та ін.

На вивчення навчальної дисципліни “Цифрова картографія” протягом 6 та 7 навчальних семестрів (3, 4 курс бакалаврату) відводиться 81 година / 2.25 кредитів ЄКТС (Європейської кредитно-трансферної системи). Зокрема: лекцій – 17 год., лабораторних – 36 год.

3. КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ І РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ.

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1–3, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) – теми 4–6.

Обов’язковими умовами для допуску до складання заліку (в кожному семестрі) є: відвідування лекційних та лабораторних занять; самостійне своєчасне виконання лабораторних робіт, написання усіх контрольних робіт (КР), написання самостійних робіт (СР), зарахування вказаних видів робіт з мінімальним позитивним балом.

Оцінювання за вказаними формами контролю щодо кількості балів представлено таблицею, табл. 1.

Таблиця 1.

Оцінювання за формами контролю.

| Вид контролю | Кількість балів у ЗМ1 | | Кількість балів у ЗМ2 | |
|---|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| | Мінімальна | Максимальна | Мінімальна | Максимальна |
| Лабораторна робота | “3” x 4 = 12 | “5” x 4 = 20 | “3” x 4 = 12 | “5” x 4 = 20 |
| Контрольна робота | “3” x 1 = 3 | “5” x 1 = 5 | “3” x 1 = 3 | “5” x 1 = 5 |
| Самостійна робота | “4” x 1 = 4 | “6” x 1 = 6 | | |
| Відвідування занять | | | “1” x 1 = 1 | “4” x 1 = 4 |
| Всього балів | 19 | 31 | 16 | 29 |
| Цифра в лапках – оцінка за певний вид контролю. | | | | |

Для студентів, які набрали сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум – **35** балів, для допуску до заліку необхідно обов’язково повторно вивчити дисципліну.

У випадку відсутності студента з поважних причин, відпрацювання та перескладання КР здійснюються у відповідності до “Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному транспортному університеті” від 29 листопада 2018 року.

Підсумковий контроль у формі заліку (в кожному семестрі) передбачає одержання максимум 40 балів і складається з двох компонентів:

- оцінки за знання теорії (максимум 20 балів);
- оцінки за практичну частину заліку (максимум 20 балів).

Фіксація набраного рейтингу у вигляді оцінок у відповідних документах (заліково-екзаменаційних відомостях та залікових книжках) здійснюється за 100-бальною системою з наступним переведенням її до традиційної оцінки (за національною шкалою та шкалою ЄКТС), табл. 2.

Таблиця 2.

Шкала переведення рейтингу до традиційної оцінки.

| Оцінка за 100-бальною системою | Оцінка за національною шкалою | Оцінка за шкалою ЄКТС |
|---------------------------------------|--|------------------------------|
| 90 – 100 | зараховано | A |
| 82 – 89 | | B |
| 74 – 81 | | C |
| 64 – 73 | | D |
| 60 – 63 | | E |
| 35 – 59 | не зараховано (з можливістю повторного складання) | FX |
| 0 – 34 | не зараховано (з обов’язковим повторним вивченням курсу) | F |

4. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.

Вивчення дисципліни включає теоретичну та практичну підготовку. Остання полягає у виконанні лабораторних робіт.

При зазначенні загальної кількості годин за кожною темою при їх розписі за змістовими модулями (подається нижче) враховані лише аудиторні години.

Змістовий модуль 1.

Теоретико-методологічні основи цифрової картографії.

Тема 1. Вступ до цифрової картографії (3 год.).

Мета, основні завдання, об’єкт, предмет та структура курсу, його місце в системі підготовки фахівців у галузі геодезії, картографії та землеустрою.

Поняттєво-термінологічний апарат (основні поняття і терміни). Зв’язок

цифрової картографії з іншими науками та галузями знань.

Коротка історія розвитку вітчизняної цифрової картографії.

Лабораторна робота 1. Вивчення історії розвитку вітчизняної цифрової картографії (за основними періодами та результатами) (4 год.).

Лабораторна робота 2. Аналіз еволюції поняттєво-термінологічного апарату цифрової картографії (за основними періодами розвитку) (4 год.).

Тема 2. Зміст цифрових карт та вимоги, що пред'являються до них (2 год.).

Зміст та класифікація цифрових карт. Джерела даних для створення цифрових карт, їх огляд та характеристика.

Основні вимоги до створення та використання цифрових карт: повнота інформації, сучасність, точність, узгодження інформації, вимоги до програмного та інформаційного забезпечення.

Лабораторна робота 3. Вивчення інформаційного забезпечення створення цифрових карт (4 год.).

Тема 3. Цифровий опис картографічної інформації та основні правила його здійснення (2 год.).

Сутність основних понять; вимоги до змісту і структури цифрового опису картографічної інформації в складі цифрових карт.

Головні правила цифрового опису картографічної інформації: визначення характеру локалізації об'єктів, представлення метрики об'єктів, представлення семантики об'єктів, цифрового опису просторово-логічних зв'язків об'єктів.

Шкали вимірювання об'єктів цифрових карт (номінальна, порядкова, інтервальна, відношень), їх характеристика та застосування.

Лабораторна робота 4. Підготовка вихідних картографічних матеріалів до цифрування (2 год.).

Змістовий модуль 2.

Методичні основи створення / використання цифрових карт.

Тема 4. Цифрова карта як модель географічних даних (2 год.).

Сутність аналітичної парадигми в картографії, визначення цифрової карти як моделі, процесу її створення як моделювання.

Поняття базового масштабу цифрової карти. Картографічні проєкції цифрових карт, їх перетворення.

Умовність цифрових карт та бази даних.

Лабораторна робота 5. Розробка умовних знаків для бази даних цифрових карт (різних масштабів) (4 год.).

Тема 5. Уведення даних в комп'ютерне середовище (4 год.).

Способи введення картографічної інформації, їх огляд та порівняння. Чинники вибору способу введення графічної інформації.

Пристрої та алгоритм введення картографічної інформації в комп'ютерне середовище: опис, основні складові.

Лабораторна робота 6. Створення цифрової карти за основними елементами змісту з формуванням бази даних (у ГІС) (8 год.).

Лабораторна робота 7. Напівавтоматичне цифрування в середовищі векторизатора MapEdit (4 год.).

Тема 6. Огляд програмного забезпечення для створення / використання цифрових карт і перспективи розвитку цифрової картографії в Україні (4 год.).

Характеристика груп програмних продуктів за функціональними особливостями з можливостями цифрування картографічних матеріалів: ГІС, вузькофункціональні програми, векторні графічні редактори. Порівняння функціональних можливостей груп програмних продуктів.

Основні напрями, проблеми та перспективи розвитку цифрової картографії в Україні.

Лабораторна робота 8. Аналіз сучасних наукових та виробничих досягнень з цифрової картографії (4 год.).

5. ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ.

Навчальним планом передбачені години на самостійне вивчення матеріалу, в процесі якого студенти мають докладніше засвоїти окремі теоретичні питання шляхом підготовки рефератів і доповідей для їх захисту.

Текст реферату набирається в середовищі MS Word лише українською мовою (обсяг від 10 аркушів, шрифт 14 pt, одинарний інтервал), містить обов'язкові посилання на використані літературні та електронні джерела, список яких оформлюється згідно діючого стандарту. Доповідь за обраною темою здійснюється у вигляді презентації, підготовленої у програмі MS PowerPoint.

Орієнтовний перелік тем для підготовки рефератів подається нижче.

1. Сучасний стан розвитку вітчизняної цифрової картографії (теорія, методологія, методика).
2. Створення національної нормативно-правової та нормативно-технічної бази цифрового картографування.
3. Розвиток вітчизняних геоінформаційних ресурсів на базі сучасних

цифрових карт.

4. Огляд сучасних методів одержання цифрової картографічної інформації.

5. Порівняння функціональних можливостей сучасного програмного забезпечення для створення / використання цифрових карт.

6. Дистанційне зондування Землі для забезпечення картографічної діяльності.

7. Розвиток фундаментальних досліджень і прикладних наукових розробок з цифрової картографії.

8. Огляд сучасних проблем розвитку вітчизняної цифрової картографії (організаційних, особистісних, фінансових).

9. Розвиток держаних кадастрів на базі цифрових карт: сучасний стан, проблеми та перспективи.

10. Основні напрями та перспективи розвитку цифрової картографії в Україні.

6. ПИТАННЯ ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ПІДГОТОВКИ ДО ФОРМ ПОТОЧНОГО І ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ.

Змістовий модуль 1.

Теоретико-методологічні основи цифрової картографії.

1. Сформулюйте мету та основні завдання курсу “Цифрова картографія”.

2. Дайте визначення об’єкта та предмета навчальної дисципліни.

3. Вкажіть місце “Цифрової картографії” в системі підготовки фахівців у галузі геодезії, картографії та землеустрою, а також у структурі сучасної картографії.

4. Сформулюйте визначення цифрової картографії, цифрової карти, електронної карти, комп’ютерної карти.

5. Порівняйте властивості цифрової та електронної карти, цифрової та комп’ютерної карти, електронної та комп’ютерної карти.

6. Сформулюйте власне визначення цифрової карти.

7. Дайте визначення растрової та векторної електронної карти.

8. Сформулюйте визначення географічної інформаційної системи.

9. З якими науками та галузями знань пов’язана дисципліна “Цифрова картографія”?

10. Коротко охарактеризуйте історію розвитку вітчизняної цифрової картографії за основними етапами.

11. Назвіть можливі ознаки класифікації цифрових карт.
12. Як класифіковано цифрові карти за змістом?
13. Дайте визначення цифрових загальногеографічних, тематичних та спеціальних карт.
14. Що таке номенклатурний аркуш цифрової загальногеографічної (топографічної) карти?
15. Охарактеризуйте необхідні джерела даних для створення цифрових карт за основними групами.
16. Сформулюйте основні вимоги до створення та використання цифрових карт.
17. З яких елементів змісту формуються цифрові загальногеографічні карти різних масштабів?
18. Що таке ідентифікатор об'єкта цифрової карти?
19. Дайте визначення понять метрики, топології та семантики об'єкта цифрової карти.
20. Назвіть можливі види локалізації об'єкта цифрової карти.
21. Що характеризує собою метрична узгодженість об'єктів цифрової карти?
22. Назвіть критерії, що враховуються при оновленні цифрових карт.
23. Охарактеризуйте вимоги до програмного та інформаційного забезпечення створення / використання цифрових карт.
24. Сформулюйте визначення простого та складного об'єктів цифрової карти.
25. Чим відрізняється стандартно-орієнтований об'єкт цифрової карти від нестандартно-орієнтованого?
26. Назвіть вимоги до цифрового опису картографічної інформації у складі цифрової карти.
27. Сформулюйте головні правила цифрового опису картографічної інформації у процесі створення цифрової карти.
28. Дайте визначення поняття атрибута об'єкта цифрової карти.
29. Що таке атрибутування?
30. Навіщо необхідно застосовувати шкали вимірювання об'єктів цифрових карт?

Змістовий модуль 2.

Методичні основи створення / використання цифрових карт.

31. Як аналітична парадигма змінила погляди на предмет і метод

картографії?

32. Чим аналітична парадигма в картографії відрізняється від парадигми повідомлення?

33. Сформулюйте визначення цифрової карти як моделі, а процесу її створення – як моделювання.

34. Дайте визначення поняття базового масштабу цифрової карти.

35. У яких картографічних проекціях доцільно створювати цифрові карти?

36. Як здійснюються перетворення картографічних проекцій цифрових (електронних) карт.

37. Чим пояснюється умовність цифрових карт?

38. Сформулюйте визначення картографічної бази даних.

39. Які моделі баз даних доцільно використовувати для зберігання цифрових карт?

40. Охарактеризуйте способи введення картографічної інформації до пам'яті комп'ютера.

41. Зробіть порівняння ручної та напівавтоматичної векторизації.

42. Вкажіть чинники вибору способу введення графічної інформації в комп'ютерне середовище.

43. Назвіть існуючі пристрої введення картографічної інформації в комп'ютерне середовище, порівняйте їх властивості.

44. Опишіть сучасний алгоритм уведення картографічної інформації до пам'яті комп'ютера.

45. Дайте характеристику основних існуючих груп програмних продуктів за функціональними особливостями щодо можливостей цифрування картографічних матеріалів.

46. В чому перевага ГІС при їх застосуванні для векторизації картографічних матеріалів?

47. Чим пояснюється використання вузькофункціональних програм для створення цифрових карт?

48. В чому недоліки векторних графічних редакторів для створення цифрових карт?

49. Порівняйте функціональні можливості основних груп програмних продуктів, що використовуються для створення цифрових карт.

50. Назвіть основні напрями, проблеми та перспективи розвитку цифрової картографії в Україні.

II. ТЕКСТ ЛЕКЦІЙ ЗА ТЕМАМИ.

Лекція 1.

Тема 1. Вступ до цифрової картографії.

1. *Мета, основні завдання, об'єкт, предмет та структура курсу.*
2. *Основні поняття цифрової картографії.*
3. *Зв'язок цифрової картографії з іншими науками.*
4. *Коротка історія розвитку вітчизняної цифрової картографії.*

1. Ситуація в сучасній картографії зумовлюється її вступом в якісно новий етап розвитку, що знаходиться в авангарді науково-технічного прогресу. З упродовженням в цю науку комп'ютерної техніки з'явилися цифрові та електронні карти, а з розвитком програмного забезпечення став можливим доступ до його основних аналітичних функцій. З 1980-х років програмні продукти, що забезпечують інтеграцію просторових даних з різних джерел та дозволяють проводити їх геоінформаційний аналіз, стали відомі як географічні інформаційні системи (ГІС), в основі роботи яких лежать цифрові карти.

Мета курсу – одержання студентами базових знань з теорії і методології створення, функціонування цифрових карт, інших похідних картографічних моделей (наприклад, електронних, комп'ютерних), а також формування належних практичних навичок.

Відповідно до мети сформульовані основні *завдання* курсу:

- ознайомлення із сучасними технічними і програмними засобами автоматизації картографічних робіт в частині створення, функціонування та використання цифрових, електронних і комп'ютерних карт;
- вивчення питань реєстрації, введення, систематизації та зберігання даних в комп'ютерному середовищі, зокрема, оволодіння основними методами цифрування в сучасному програмному забезпеченні;
- формування вміння застосування системного підходу до вивчення основних теоретичних положень курсу.

Об'єктом курсу є реальна дійсність, яка вивчається шляхом створення / використання цифрових, електронних і комп'ютерних карт із застосуванням сучасних програмних та технічних засобів.

Предметом – вивчення принципів і методів картографічного відображення об'єктів та явищ в системі автоматизованої обробки просторової інформації.

2. До основних понять і термінів, що розглядаються у цьому питанні

відносяться: цифрова картографія, цифрова карта, комп'ютерна карта, електронна карта, растрова та векторна електронні карти, географічна інформаційна система. Інші поняття поступово будуть розглянуті в наступних темах.

Цифрова картографія – розділ картографії, навчальна дисципліна, що охоплюють теорію та методи створення і практичного застосування цифрових карт та інших цифрових просторово-логічних картографічних моделей. Науково-технічна діяльність, що включає виробничий процес зі створення цифрових карт називається *цифровим картографуванням*.

Цифровою називається *карта*, яка створена шляхом цифрування картографічних джерел, фотограмметричної обробки даних дистанційного зондування, цифрової реєстрації даних польових зйомок або іншим способом. Така карта служить основою для створення / функціонування електронних карт, виготовлення комп'ютерних карт (на традиційних носіях), входять до складу сховищ (архівів) картографічних даних, складає один із найважливіших елементів інформаційного забезпечення географічних інформаційних систем і може бути результатом їх функціонування.

Комп'ютерна карта – карта, отримана за допомогою засобів автоматизованого картографування або засобів ГІС за допомогою пристроїв графічного виведення: принтерів, плоттерів на папері, пластику, інших матеріальних носіях (візуалізується невідеоекранними засобами графічного виведення).

Електронна карта – 1. картографічне зображення, візуалізоване на екрані монітору на основі даних цифрових карт чи баз даних ГІС; 2. картографічний твір в безпаперовій формі, що представляє собою цифрові дані, в тому числі цифрові карти чи шари даних ГІС, як правило, в записах на компакт-диску разом з програмними засобами їх візуалізації; 3. векторна чи растрова карта, сформована на машинному носіїві, наприклад, на оптичному диску з використанням програмних і технічних засобів в прийнятій проекції, системі координат, умовних знаках і призначена для відображення, аналізу та моделювання, а також вирішення інформаційних і розрахункових задач за даними про місцевість та ситуацію.

Картографічна база даних – сукупність картографічних даних, організованих за визначеними правилами, що встановлюють загальні принципи опису, збереження і маніпулювання даними.

Растрова електронна карта – картографічне зображення, розподілене на елементи, що називаються пікселями та відображене на екрані монітору з

файлу в растровому форматі.

Векторна електронна карта – картографічне зображення, розподілене на окремі елементи, що характеризують об'єкти місцевості: точкові, лінійні, площинні із зазначенням площинних координат та відображене на екрані монітору з файлу у векторному форматі.

Географічна інформаційна система (ГІС) – інформаційна система, призначена для аналізу даних, які описуються географічно, тобто характеризуються чіткою територіальною прив'язкою. Така система дозволяє проводити збір, збереження, обробку даних, а також представляти результати з метою прийняття рішень.

3. Традиційна картографія забезпечує цифрову картографію, наприклад, вихідними картографічними матеріалами; цифрова картографія забезпечує традиційну картографію, наприклад, комп'ютерними картами. Так, О. М. Берлянт вважає, що взаємозв'язок цифрової картографії з традиційною проявляється в наступних аспектах:

- тематичні та топографічні карти є головним джерелом просторово-часової інформації;

- системи географічних і прямокутних координат та картографічне розграфлення служать основою для координатної прив'язки усієї інформації, яка поступає і зберігається в ГІС;

- карти – основний засіб географічної інтерпретації і організації даних дистанційного зондування та іншої інформації, що використовується в ГІС (наприклад, статистичної);

- картографічний аналіз є одним з найбільш ефективних способів виявлення географічних закономірностей, зв'язків, залежностей при формуванні баз даних, що входять до ГІС;

- математико-картографічне та комп'ютерне картографічне моделювання – головний засіб перетворення інформації в процесі забезпечення прийняття рішень, складання прогнозів розвитку геосистем і т. д.;

- картографічне зображення – зручна форма представлення інформації користувачам, а автоматизоване створення базових та оперативних карт, тривимірних картографічних моделей є однією із функцій ГІС.

Географія та науки про Землю формують знання про природу і її компоненти, а карти, в т. ч. цифрові, є одним із основних засобів пізнання з географії та інших наук про Землю.

Математичні науки цифрова картографія залучає для обґрунтування

картографічних проєкцій, математико-картографічного моделювання, власне автоматизації картографічних процесів.

Інформатика, геоінформатика, комп'ютерна графіка лежать в основі створення цифрових карт.

Геоіконіка вивчає загальні характеристики геозображень усіх типів: традиційних та електронних карт, аерокосмічних знімків тощо.

4. Образно-знакові моделі місцевості у вигляді найрізноманітніших карт та планів на протязі двох тисячоліть відіграють важливу роль в пізнанні та освоєнні оточуючого нас світу. На обмеженому аркуші паперу вони несуть виключно великий обсяг інформації, обумовленої не тільки накресленнями графічних знаків та символів, але і асоціативно-образним сприйняттям знакових поєднань та розміщень в умовно-тривимірному просторі карти.

Проектуванням, складанням, підготовкою до видання цих образно-знакових моделей займається картографія, яка на різних етапах розвитку суспільства завжди відгукувалася на запити і потреби життя. Свої завдання вона вирішувала відповідно до наукових досягнень певної епохи, винайдених технічних засобів, запроваджуваних технічних прийомів виконання картографічних робіт. Розвивалася картографія у тісному зв'язку з іншими галузями знань, особливо з географічними науками. Саме тому карти можна розглядати як своєрідні документи певного часу у житті суспільства.

Враховуючи те, що сучасні цифрові карти є не тільки технічним досягненням, а й результатом напружених теоретичних розробок, історію розвитку вітчизняної цифрової картографії орієнтовно можна розділити на декілька етапів.

– 1973 – кінець 1970-х років – початковий етап.

– 1980 – початок 1990-х років – етап розвитку теорії, методології, методики, технічних засобів.

– з середини 1990-х років до сьогодення – сучасний етап: удосконалення теоретико-методичних положень, впровадження сучасного програмного забезпечення; масове виробництво цифрових карт та їх застосування в усіх сферах суспільного життя.

Постановка питання про створення цифрових карт в країні відбулася у 1973 році. Біля витоків формування вітчизняної школи цифрової картографії стояв великий колектив вчених, виробничників, зокрема: Є. Халугін, Є. Жалковський, М. Жданов та ін. Вони розробили основи теорії цифрової картографії та методологію створення цифрових карт; приймали безпосередню

участь у теоретичних, експериментальних дослідженнях та узагальненні їх результатів, розробки методик випробувань, перевірок, складання технічних завдань, інструкцій, а також супроводження промислового виробництва цифрових карт.

Але теоретико-методичні положення зі створення таких карт були на той час засекреченими, як загалом і вся картографія. Ці положення відкрито не публікувалися, а виробництво цифрових карт було налагоджено лише у військовій сфері. Звичайно, це не сприяло широкому впровадженню нової на той час інформаційної картографічної технології в економіку. Головна відповідальність в організації створення підприємств та їх технічного оснащення була покладена на відповідних спеціалістів (І. Максимов, М. Кошняков).

На початковому етапі розвитку цифрової картографії в розробку технології вітчизняними вченими (Б. Бизов) вкладалась концепція широкопрофільного структурування картографічної інформації, що забезпечувало високий уніфікований рівень запитів, значну адекватність цифрової інформації образно-знаковій, незалежність цифрового опису об'єктів місцевості від методів отримання та стану вихідної інформації. Це давало можливість нарощування засобів автоматизації створення цифрових карт з урахуванням перспектив розвитку нової інформаційної технології, включаючи розвиток баз та банків картографічних даних.

Перші цифрові карти на терені колишнього СРСР, які були створені за традиційними вихідними картографічними матеріалами та з використанням вітчизняного програмно-технічного забезпечення і розробленої технології, виготовлені в кінці 1970-х років.

На *другому етапі* розвитку цифрової картографії, що розпочався в країні на початку 1980-х років, для створення цифрових топографічних карт за вихідними картографічними матеріалами були розроблені та впроваджені у виробництво два варіанти технології.

Перший варіант був заснований на використанні одномашинного автономного комплексу технічних та програмних засобів – автоматизованого робочого місця картографа (АРМК), який включив СМ ЕОМ (СМ 3, СМ 4, СМ 1420), засоби цифрування, інші периферійні пристрої та використовувався при виробництві невеликих партій цифрових карт. Другий – базувався на використанні багатомашинного комплексу технічних і програмних засобів, тобто основні технологічні процеси виконувалися на різних спеціалізованих модулях. Цифрування метричної інформації та отримання її проміжних масивів

відбувалося на комплексах АРМК. Цифрування семантичної інформації відбувалося на пристроях підготовки даних ЕС-7920. Злиття метричної та семантичної інформації, її обробка та програмний контроль, формування номенклатурних аркушів цифрових карт здійснювалася на ЕС ЕОМ. В даному випадку остання використовувалася також для автоматичного обліку створених цифрових карт, ведення інформаційного архіву, ревізії та видачі цифрової картографічної інформації за запитами користувачів. Цей варіант технології застосовувався при виробництві великих партій цифрових карт.

Комплекс АРМК був організований як відкрита система із закладеними в ній можливостями розвитку технічних і програмних засобів. Програмне забезпечення комплексу АРМК включало базове програмне забезпечення та комплекс програм технічного обслуговування. До складу базового програмного забезпечення входили: операційна система та пакети допоміжних програм. Прикладами такого комплексу слугували система Response 280 міжнаціональної корпорації “Скайтекс”, а також система Syscan німецької фірми “Мессершмідт Бельков Блом”. Остання включила наступні компоненти: накопичувач на магнітній стрічці, скануючий пристрій, кольоровий інтерактивний растровий дисплей, ЕОМ з периферійними пристроями, алфавітно-цифровий дисплей, графопобудувач, пристрій для введення команд (клавіатура).

Процес створення цифрових топографічних карт забезпечувався на той час відповідним програмним забезпеченням, до складу якого увійшла загальна керівна програма, а також програми, які забезпечували цифрування картографічних умовних знаків (картографічного зображення), що відображують об’єкти з різним ступенем локалізації: лінійні, точкові та площинні.

Координати, що зчитувалися за допомогою програм зв’язку з дигітайзерами (планшетами для цифрування), записувалися до файлів у залежності від ступеня локалізації об’єкта, до якого вони відносяться. Точкові об’єкти записувалися до свого файлу. При відображенні таких об’єктів використовувалася керівна підпрограма NOSC. Між лінійними та площинними об’єктами поділ не відбувався. Площинні об’єкти розглядалися як лінійні з початковою та кінцевою точкою, що співпадали. Для їх відображення застосовувалася керівна підпрограма CURVE. Окремо використовувалося програмне забезпечення для відображення написів.

До програмного забезпечення входили також програми виведення картографічної інформації, контролю, редагування та коригування інформації,

що цифрувалася.

Особливістю створення цифрових топографічних карт на перших двох етапах розвитку цифрової картографії було те, що для підвищення ефективності робіт при цифруванні та обробці метричної, семантичної та службово-довідкової інформації відбувалася ручна підготовка вихідних картографічних матеріалів до цифрування.

При цьому в процесі підготовчих робіт виготовлялись спеціальні графічні та текстово-табличні документи (відомості кодування (ВК)), які стали прообразом сучасної реляційної бази даних, що регламентували роботу операторів при цифруванні картографічної інформації.

Підготовка вихідних картографічних матеріалів включала наступні процеси:

- заповнення формуляра цифрової карти вихідними даними;
- виготовлення оригіналів службової інформації (ОСІ);
- заповнення ВК.

Формуляр цифрової (топографічної) карти – документ, який вівся в процесі створення карти та відображав весь процес робіт з її виготовлення. В ньому давались витяги з редакційно-технічних вказівок на район виготовлення цифрової карти щодо створюваного аркуша, оброблялись схеми розташування вихідного картографічного матеріалу і точок перетворення метричної інформації в задану систему координат та обліку деформації, заносились розміри вихідного картографічного матеріалу, заповнювалась таблиця вихідних даних необхідними для подальшої обробки відомостями про аркуш топографічної карти.

За службову інформацію приймались коди та номери об'єктів і ділянок зображення, мітки, стрілки, що вказували напрям зчитування картографічного зображення та інша додаткова інформація, яка забезпечувала процес зчитування зображення. Розміри оригінала службової інформації забезпечували закріплення його на планшеті дигітайзера та цифрування картографічного матеріалу за допомогою візира. На ОСІ наносилися кути внутрішньої рамки для суміщення його з картою.

Оригінали службової інформації виготовлялися на прозорому пластику і призначалися для забезпечення певної послідовності цифрування вихідного картографічного матеріалу оператором. ОСІ стали прообразом сучасних шарів геоінформаційних систем. Число ОСІ для кожного номенклатурного аркуша могло бути різним. Воно визначалося кількістю елементів змісту карти, їх складністю та характером локалізації. Наприклад, при підготовці до

цифрування топографічних карт масштабів 1:25 000, 1:50 000 та 1:100 000 готувались ОСІ за такими складовими, які називались сегментами:

1. Математичні елементи, елементи планової і висотної основи.
2. Рельєф суходолу (рельєф, що виражається горизонталями).
- 2а. Рельєф суходолу (форми рельєфу, які не виражаються горизонталями).
3. Гідрографія та гідротехнічні споруди.
4. Населені пункти.
5. Промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти.
6. Мережа шляхів та споруди при них.
7. Рослинний покрив та ґрунти.
8. Кордони, межі, огорожі та окремі природні явища.

Відомості кодування були призначені для формалізованого запису семантичної інформації про об'єкти з метою зручності її цифрування та подальшої обробки з метричною інформацією. Вони заповнювалися на кожен ОСІ після процесу їх виготовлення. Надалі з плином часу виявилось, що користуватися паперовими відомостями кодування ставало не дуже зручно.

Процес ручної підготовки вихідних картографічних матеріалів до цифрування завершувався зведенням ОСІ по всіх сторонах рамки з ОСІ суміжних аркушів.

Сучасний етап розвитку цифрової картографії, який розпочався приблизно з середини 1990-х років, характеризується подальшим розвитком технічного, програмного забезпечення, удосконалення теорії та методики цифрування, можливістю залучення сучасних комп'ютерних технологій розвинених країн.

На цьому етапі здійснено перехід від ручної дигіталізації вихідних картографічних матеріалів до растроскануючих технологій відомих фірм "Intergraph" (США), "Easy Trace", "Інтелвек", "Резидент" (Росія) та ін. Точність цифрових карт на цьому етапі забезпечується використанням розчленованих видавничих оригіналів на спеціальних пластиках та застосуванням високоточних алгоритмів цифрування, які враховують деформації вихідних картографічних матеріалів.

Використання сучасних растроскануючих технологій забезпечує топологічну цілісність різних топографічних об'єктів, наприклад, примикання лінійних об'єктів до лінійних, лінійних до площинних, площинних до площинних, узгодження топографічних об'єктів різних шарів, зшивання топографічних об'єктів.

З 1995 року підприємствами Укргеодезкартографії, базовим серед яких є Науково-дослідний Інститут геодезії і картографії, розробляється

автоматизована картографічна система, яка об'єднала комплекс технічних, програмних та інформаційних засобів, призначених для автоматизованого складання та оновлення традиційних і цифрових карт, обробки та зберігання цифрової картографічної інформації, виготовлення цифрових карт та на їх основі видавничих оригіналів.

Головною метою створення цифрових картографічних матеріалів на цьому етапі є:

- забезпечення задач ведення кадастрів різних видів;
- побудова геоінформаційних систем екологічного, геологічного та інших видів моніторингу;
- розробка інформаційних систем управління територіями, транспортом, засобами зв'язку та комунікацій тощо.

Головна риса, що характеризує сучасну цифрову карту, є представлення її як інформаційної бази даних. Це сприяє багатоцільовому використанню цифрової карти, в залежності від чого проектується її інформаційна структура з певною кількістю шарів (елементів змісту).

Сучасний стан виробництва цифрових топографічних карт характеризується переходом від простих векторних моделей до більш складних векторно-топологічних, представлення їх в різних обмінних форматах для використання в сучасних геоінформаційних програмних продуктах, наприклад: ArcINFO, ArcGIS, ArcView GIS – у форматі shape-файлів; MapInfo – mif; AutoCad – dxf; Intergraph – dgn та ін.

На створення правових, організаційних, економічних та матеріально-технічних умов для ефективного забезпечення економіки, оборони, науки картографічною продукцією, в т. ч. цифровими картами, спрямовані Програми топографо-геодезичного та картографічного забезпечення України, затверджені на урядовому рівні.

Рекомендована література для закріплення теоретичного матеріалу та самостійної підготовки [1–5].

Лекція 2.

Тема 2. Зміст цифрових карт та вимоги, що пред'являються до них.

- 1. Зміст та класифікація цифрових карт.*
- 2. Джерела даних для створення цифрових карт.*
- 3. Основні вимоги до створення (оновлення) цифрових карт.*

1. *Зміст цифрової карти* – сукупність елементів, які сформовані із об'єктів, що комплексно характеризують показники картографування.

Елементи змісту цифрової карти можуть бути записані до одного або декількох файлів. В теорії цифрової картографії, геоінформаційного картографування такі елементи називаються *шарами* або *темами*.

До кожного шару (теми) відповідно до способу введення графічної інформації до пам'яті комп'ютера (осередки растру; точки, лінії, полігони) можуть бути включені об'єкти однієї або декількох розмірностей, до яких прив'язуються графічні змінні, що формують умовні знаки.

Об'єкти, що утворюють зміст цифрових карт називаються *структурними одиницями* цифрової картографічної інформації. Вони повинні відображати відповідно до вимог нормативної документації об'єкти місцевості або іншу інформацію і є обов'язковими в складі цифрової карти. Виконання вимог до змісту цифрових топографічних карт забезпечується системою їхнього редагування, що здійснюється на всіх етапах створення і оновлення цифрових топографічних карт.

Різні за змістом цифрові карти служать основою для формування / використання електронних карт, виготовлення паперових карт (тиражу на матеріальному носіїві) тощо.

Для орієнтування у великому масиві карт, що створені та зберігаються у пам'яті комп'ютера, на іншому електронному інформаційному носіїві, на сервері у мережі Інтернет як цифрові використовується система упорядкування, яка традиційно називається *класифікацією* і ознаками якої щодо цифрових карт можуть бути існуючі ознаки класифікації географічних карт (наприклад, масштаб, територіальне охоплення, зміст).

За *масштабом*, якому в цифровій картографії відповідає поняття базового масштабу, цифрові карти (для території України, інших територій, які мають аналогічну площу) поділяються на: плани (крупніше 1:5 000), крупномасштабні (1:10 000 – 1:25 000), середньомасштабні (1:50 000 – 1:100 000), дрібномасштабні (1:200 000 та дрібніше). При цьому *базовим масштабом цифрової карти* називається масштаб, у якому відбувається її створення відповідно до обраного способу та якому відповідає навантаження елементами змісту відповідно до затверджених редакційно-технічних вказівок на район картографування.

За *територіальним охопленням* найбільшим підрозділом є цифрові карти Сонячної системи та зоряного неба, далі – карти планет, найбільших планетарних структур (для Землі – це карти материків та океанів) з подальшим

поділом, наприклад, за адміністративно-територіальним устроєм, по природних (природно-історичних) районах, економічних районах.

За змістом цифрові карти можуть бути загальногеографічні, тематичні та спеціальні.

Загальногеографічні цифрові карти охоплюють цифрові топографічні (масштабів 1:10 000–1:100 000), оглядово-топографічні (1:200 000–1:1 000 000) та оглядові карти (дрібніше 1:1 000 000), що створюються у відповідних вказаних базових масштабах. Аркуші цифрових топографічних карт в цифровій картографії прийнято називати *номенклатурними аркушами цифрових топографічних карт*, що характеризуються певним позначенням (номенклатурою) відповідно до масштабу за затвердженою системою.

Цифрові тематичні та спеціальні карти – це цифрові картографічні моделі, зміст яких визначений конкретною темою або напрямом використання. Вони створюються з використанням програмного забезпечення (ГІС, вузькофункціонального, програм роботи з векторною графікою) на основі цифрових загальногеографічних карт та баз тематичних і спеціальних даних. Географічними основами цих карт можуть бути окремі шари (теми) цифрових загальногеографічних карт.

2. Джерела даних для створення цифрових карт – це різноманітні матеріали (групи матеріалів), на основі яких вони розробляються відповідно до обраного способу.

До таких джерел, які найчастіше використовуються для створення цифрових загальногеографічних, тематичних та спеціальних карт відносяться матеріали: картографічні, аерокосмічного та інших видів зондування, статистичні. Для уточнення окремих змін на місцевості можуть додатково застосовуватись дані польових досліджень і зйомок, а також текстові матеріали. Кожний із вказаних тип джерела об'єднує генетично однорідну сукупність вихідних матеріалів, які, в свою чергу, можуть розрізнятися за комплексом характеристик, наприклад, за формою створення, зберігання і використання (цифрова або нецифрова), від чого залежать легкість і точність уведення цих даних в комп'ютерне середовище.

Використання існуючих *картографічних матеріалів* як вихідних джерел для створення цифрових карт і формування відповідних структур баз даних у комп'ютерному середовищі зручне і ефективно з таких причин:

- зчитані з карт відомості мають чітку територіальну прив'язку;
- відсутність пропусків в межах території, що зображується;

– картографічні дані в будь-якій своїй формі можливі для запису на машинні носії інформації.

Картографічні джерела за своїм змістом відрізняються великою різноманітністю.

Загальногеографічні карти надають різноманітні відомості про рельєф, гідрографію, ґрунтово-рослинний покрив, населені пункти, шляхи сполучення, кордони та межі, господарські об'єкти. Для автоматизованого створення картографічних творів з політико-адміністративними (адміністративними) одиницями картографування такі карти можуть використовуватися як географічні основи. До цієї ж групи джерел можна віднести фотокарти і космофотокарти – поліграфічні відбитки з фотопланів, складених за результатами космічної зйомки, з нанесеними на них ізогіпсами та іншим картографічним навантаженням. Застосування фотокарт як джерела даних відкриває можливість безпосереднього використання для цієї мети цифрових моделей місцевості, що створюються в процесі фотограмметричної обробки дистанційних зображень.

Тематичні карти включають карти природи, соціально-економічні, еколого-географічні та природно-технічні карти.

Карти природи характеризуються наступними основними блоками:

– геологічної будови і ресурсів надр, серед яких найбільш вживаними є карти глибинної будови земної кори, четвертинних відкладів, тектонічні, корисних копалин тощо;

– метеорологічні і кліматичні, до яких відносяться картографічні моделі кліматоутворюючих чинників, термічного та вітрового режиму, режиму зволоження, атмосферних явищ та ін.;

– геофізичні, серед яких виділяють карти магнітного поля (магнітних аномалій, вікового ходу елементів геомагнітного поля), гравітаційного поля, сейсмічних явищ і вулканів (сейсмічного районування, землетрусів, цунамі, вулканів) тощо;

– гіпсометричні, геоморфологічні та морфометричні, що включають карти кутів нахилу місцевості, експозиції схилів, горизонтального і вертикального розчленування поверхні, типів рельєфу та ін.;

– поверхневих вод, серед яких виділяються карти водного режиму (річного, сезонного, місячного, максимального і мінімального стоку, розподілу стоку), окремих гідрологічних явищ (повеней, межени, паводків), хімічних та фізичних характеристик стоку тощо;

– ґрунтів і земельних ресурсів (основною є типологічна карта ґрантів, що

відображує їх генетичну характеристику, механічний склад, ґрунтоутворюючі породи, стан та агрокліматичні характеристики ерозії, засолення ґрунтів);

- тваринного та рослинного світу, до яких відносяться карти біо- та зоогеографічні, живих ресурсів, форм їх використання, охорони і збагачення;
- ландшафтні і карти фізико-географічного районування.

Соціально-економічні карти включають блоки карт:

- народонаселення, що відбивають наступні основні характеристики як розміщення населення по території і його щільність, етнографічні та демографічні особливості, механічний рух, соціально-економічні показники;
- економіки з поділом на карти окремих міжгалузевих комплексів (агропромисловий, металургійний, лісопромисловий, машинобудівний, транспортний і т. д.) та їх складових (наприклад, серед карт агропромислового комплексу виділяють карти рослинництва, тваринництва) з відображенням територіальної мережі об'єктів, мінерально-сировинної бази, зв'язків, обсягів виробництва, продуктивності праці тощо;
- соціальної інфраструктури, які подають характеристики культурно-освітнього, побутового, рекреаційного комплексу тощо.

Окремо серед соціально-економічних карт виділено політичні, адміністративні та історичні карти. Слід вказати, що зміст деяких карт характеризується комплексними складними показниками (наприклад, карти науки, підготовки кадрів, медичного обслуговування тощо) і тому їх можна відносити одночасно до різних тематичних груп, а іноді їх виділяють у самостійні. Однозначної класифікації карт у цьому випадку не існує. Такими є еколого-географічні та природно-технічні карти, що формують окрему гіперсферу.

Еколого-географічні карти включають карти факторів дії на навколишнє середовище в цілому та на окремі компоненти, стану навколишнього середовища та його компонентів, результатів і наслідків дії на середовище, умов проживання населення, захисту середовища та забезпечення екологічної безпеки.

Природно-технічні карти включають інженерно-геологічні, інженерно-географічні, агрокліматичні та агровиробничі.

Також потрібно наголосити на особливій ролі серій карт і комплексних атласів, де відомості приводяться в одноманітній, систематизованій, взаємно узгодженій формі (за проекцією, масштабом, ступенем генералізації, повнотою, достовірністю тощо). Вони особливо зручні для створення тематичних баз даних. Наочним прикладом може бути Національний атлас України (2007),

який містить докладні відомості про природні умови та ресурси країни, її економіку та екологічну ситуацію, що представлені в серіях карт різної тематики – розділах атласу.

Спеціальні карти (як правило є картами технічного призначення) об'єднують блоки навігаційних, кадастрових, технічних і проектних карт.

Аерокосмічні матеріали та дані деяких інших видів дистанційного зондування відносяться до неконтактних видів зйомок. Вони об'єднують, в першу чергу, всі типи даних, що отримуються з носіїв космічного (супутників) та авіаційного базування (літаків, вертольотів і мікроавіаційних радіокерованих апаратів). Крім аерокосмічних до неконтактних (дистанційних) методів зйомки відносяться також різноманітні вимірювальні роботи за допомогою систем морського (надводного) і наземного базування, включаючи, наприклад, фототеодолітну зйомку, сейсмо-, електромагніторозвідку та інші методи геофізичного зондування надр, гідроакустичні зйомки рельєфу морського дна за допомогою гідролокаторів бокового огляду, інші способи, засновані на реєстрації власного або відображеного сигналу хвильової природи.

Дистанційне зондування здійснюється спеціальними приладами – датчиками, які розміщені на вказаному обладнанні. В залежності від принципу дії розрізняють два їх різновиди: пасивні та активні. Перші вловлюють відображене природне випромінювання від об'єкта, на основі чого і будується зображення. До таких датчиків відносять оптичні і скануючі пристрої, що працюють в діапазоні відображеного сонячного випромінювання, включаючи ультрафіолетовий, видимий і ближній інфрачервоний діапазони. Другі – працюють за принципом обробки відбитого від об'єктів власного випромінювання. До них відносяться радарні пристрої, скануючі лазери, мікрохвильові радіометри тощо.

Для дистанційного зондування використовуються діапазони хвиль електромагнітного випромінювання:

- ультрафіолетовий з довжиною хвиль від 0.27 до 0.40 мкм;
- видимий (світловий) – 0.40–0.78 мкм;
- ближній (фотографічний), інфрачервоний – 0.7–1.1 мкм (навіть до 2.5 мкм);
- тепловий інфрачервоний – 3.5–5.0 та 8.0–14.0 мкм;
- мікрохвильовий – 0.75–30 см.

Результатом зйомки є фотографічні, телевізійні, сканерні, радіолокаційні, гідролокаційні знімки. Особливого значення для цифрового картографування набуває багатозональна зйомка, сутність якої полягає в одночасному

фотографуванні або скануванні в декількох порівняно вузьких зонах спектра з одержанням синтезованих зображень з найкращим проявом (відображенням) на них об'єктів реальної дійсності.

Фотографічні знімки – це результат покадрової реєстрації власного або відбитого випромінювання земних об'єктів.

Телевізійні знімки – реєстрація зображення на екранах передавальних телевізійних камер.

Сканерні знімки – це результат керованого переміщення променя сканера з метою послідовного відбору будь-якої ділянки та відповідної реєстрації випромінювання об'єктів земної поверхні.

Радіо- та гідролокаційні знімки – одержуються із супутників та літаків, а також при підводній зйомці дна озер, морів, океанів на основі встановлених бортових радіолокаторів бокового огляду.

Останній час широко використовуються портативні приймачі глобальної системи навігації (позиціонування) GPS, які дають можливість отримувати цифрові дані про планово-висотне положення з точністю від декількох метрів до декількох міліметрів, що в поєднанні з портативними комп'ютерами і спеціалізованим програмним забезпеченням обробки даних дозволяє використати їх для польових зйомок в умовах їх оперативного виконання (наприклад, при ліквідації наслідків стихійного лиха і техногенних катастроф).

Статистичні дані представлені, як правило, в цифровій формі і тому зручні для безпосереднього використання при створенні цифрових карт. Серед статистичних матеріалів особливе місце займає державна статистика. Основне її призначення – скласти уявлення про сучасний стан та зміни в економіці, складі населення, рівні його життя, розвитку культури, наявності матеріальних ресурсів і їх використанні, співвідношенні в розвитку різних галузей господарства та ін.

Державна статистика представлена кількома сотнями показників як в цілому по державі, так і по окремих адміністративно-територіальних одиницях. Для її отримання на території країни звичайно використовується єдина методика збору. Крім Державної служби статистики цю роботу проводять також окремі галузеві міністерства, наприклад, Міністерство транспорту.

Статистична звітність розрізняється за періодичністю, вона може бути у вигляді: добової, тижневої, півмісячної, квартальної, піврічної, річної. Крім того, звітність може бути і одноразова. Однією з важливих форм збору статистичних матеріалів є переписи населення.

Статистичні дані використовують не лише безпосередньо у процесі

створення цифрових / електронних карт, але і для розрахунку похідних показників, розробки зведених характеристик та синтетичних оцінок.

Важливими джерелами інформації про стан природних компонентів при створенні цифрових карт є *матеріали відомчих стаціонарних вимірювально-спостережних мереж*. В першу чергу, це гідрологічні і метеорологічні дані, регулярний збір і обробка яких має тривалу історію.

Гідрологічні матеріали містять дані про минулий і поточний (для деяких елементів і про майбутній – прогнозований) стан об'єктів гідрографії. Дані збираються мережею опорних гідрометеорологічних станцій, пунктів, постів і передаються в центри обробки та зберігання різними засобами зв'язку. Існують також телеметричні станції, здатні узагальнювати спостереження і передавати дані в спеціальні центри без участі людини.

До масиву гідрологічних спостережень входять дані: про середні, вищі і нижчі рівні води; про середні місячні витрати води; про максимальні витрати води і шари стоку за повінь; про льодові явища на річках з стійким і нестійким льодоставом; про гранулометричний склад зважених і донних наносів; про середні місячні температури води по басейнах; про дощовий паводковий стік; про витрати зважених наносів і каламутність води тощо.

Метеорологічні спостереження включають синоптичні характеристики біля поверхні землі, показники термобаричного поля у вільній атмосфері (середні місячні значення тиску, геопотенціалу і температури повітря для рівня моря і основних ізобаричних поверхонь); характеристики вітру у вільній атмосфері; норми і аномалії середньої місячної температури повітря; норми місячних сум опадів; місячні суми опадів в процентах від норми і т. д.

Особливість *текстових матеріалів* – звітів експедицій, книг (монографій), статей – полягає в тому, що такі джерела не представлені в спеціально класифікованому вигляді і не забезпечують точну просторову локалізацію даних. Звіти експедицій, монографічні праці, статті містять фактичний матеріал і теоретичні положення, необхідні для тлумачення багатьох інших джерел, що залучаються до процесу створення цифрових карт.

При недостатній забезпеченості та неповноті інших джерел літературні відомості дозволяють виконати картографічну екстраполяцію, а також є корисними для оцінки якості, географічної достовірності і сучасності джерел для цифрового картографування.

3. Оскільки основою для створення цифрових тематичних та спеціальних карт є цифрові загальногеографічні карти, то основні вимоги до цифрових карт

будуть розглянуті на прикладі останніх, які повинні відбивати сучасний стан місцевості з повнотою, точністю та сучасністю відповідно до затверджених масштабів.

Повнота інформації характеризується сукупністю об'єктів цифрових карт, які повинні належати одному з їх наступних елементів змісту:

- математична основа, опорні пункти і аеронавігаційні дані;
- рельєф суходолу;
- гідрографія і гідротехнічні споруди;
- населені пункти;
- промислові, сільськогосподарські і соціально-культурні об'єкти;
- мережа доріг та споруди при них;
- рослинний покрив і ґрунти;
- кордони, межі та огорожі;
- написи, зарамкове оформлення.

Крім цього по кожному об'єкту цифрової карти у базі даних (явно або в її внутрішній структурі) має бути інформація про: його номер (код); метрику; семантику та топологію. Остання характеристика відноситься до векторно-топологічної моделі даних цифрової карти.

Для виділення даних про конкретний об'єкт із загального масиву інформації, що міститься у базі даних, номер об'єкта цифрової карти у сполученні з його кодом повинен бути унікальним у складі номенклатурного аркуша. Такий унікальний номер називається ідентифікатором.

Метрика об'єкта цифрової карти характеризується частиною інформації в його складі та описує місцеположення і планові обриси. При цьому спосіб формування метрики об'єкта має визначатися характером локалізації, що прийнятий для його опису.

Локалізація об'єкта цифрової карти визначається як спосіб формування його метрики відповідно до заданих правил. Характер локалізації об'єкта може бути лише одним з наступних: дискретний, лінійний, площинний.

Дискретним об'єктом цифрової карти є такий її об'єкт, місце розташування якого описується координатами однієї точки. Лінійним об'єктом – є такий, метрика якого описує положення осі об'єкта. Площинний об'єкт характеризується метрикою, що описує положення його меж.

При створенні та оновленні номенклатурних аркушів цифрових карт повинна бути забезпечена метрична узгодженість об'єктів, що визначається збігом точок координатного опису в місцях взаємних примикань або перетину загальних ділянок будь-яких об'єктів.

Семантика об'єкта цифрової карти – це сукупність характеристик про його кількісні та/або якісні характеристики в обсязі, обумовленому вимогами до представлення цього об'єкта в складі карт відповідного масштабу. Вона має забезпечувати однозначну відповідність об'єкта опису і його цифрового представлення в складі цифрової карти.

Топологія представляє собою опис взаємного положення та підпорядкування об'єктів. Серед таких характеристик важливими є:

- простота (визначається відсутністю самоперетину ліній та “островів” у полігоні);
- розташування на межі, всередині чи ззовні полігону;
- ознака точкового об'єкта, що визначає, чи є він кінцевим для деякої лінії.

Взаємне підпорядкування визначається також додатковими характеристиками, які вказують на головну та другорядну дорогу; головну річку та притоку тощо.

У складі кожного номенклатурного аркуша цифрової карти як окрема структурна одиниця інформації є його паспорт, у якому в обов'язковому порядку повинні бути наявні довідкові дані:

- номенклатура, назва і масштаб аркуша;
- система координат, висот і розграфлення;
- координати кутів рамки в географічній і прямокутній системах координат, а також у системі координат даного номенклатурного аркуша;
- відомості про матеріали, використаних при створенні номенклатурного аркуша;
- дата випуску (приймання) і гриф номенклатурного аркуша;
- підприємство-виробник цифрової карти;
- відомості про зведення даного аркуша із суміжними аркушами;
- дата останнього оновлення.

Точність цифрової карти пов'язана з точністю метрики її об'єктів і повинна відповідати вимогам до загальногеографічних карт тих же масштабів. Аналогічно мають враховуватись вимоги щодо кількісних характеристик об'єктів, а також довідкові дані паспорта номенклатурного аркуша.

Для підтримки цифрових карт на *сучасному* рівні за змістом та формою вони повинні оновлюватися з врахуванням наступних критеріїв:

- ступеня сучасності цифрових карт (характеризується датою останнього оновлення);

- важливості окремих змін на місцевості;
- необхідності перетворення змісту цифрових карт відповідно до зміни стандартів їх обмінного формату, класифікатора (кодів, номерів) і правил цифрового опису картографічної інформації.

Оновлення цифрових карт усіх масштабів має виконуватися на основі використання системи збору, обліку й аналізу матеріалів, що містять усі відомості про сучасний стан місцевості. Підприємства, які виконують оновлення карт, повинні підтримувати довідково-інформаційну систему та відповідне програмне забезпечення. Чергові та довідкові матеріали такої системи використовуються для визначення ступеня сучасності змісту номенклатурного аркуша цифрової карти. У відповідності з цим встановлюється доцільність (необхідність) оновлення, а також визначається його методика.

Програмні продукти для створення / оновлення цифрових карт мають забезпечувати виконання наступних процесів і окремих операцій:

- робота в автоматизованому режимі з використанням різнотипних джерел;
- редагування цифрових карт в автоматичному та інтерактивному режимах, включаючи метричну узгодженість їх об'єктів (побудова топології) і зведення суміжних номенклатурних аркушів;
- автоматичний та інтерактивний контроль готової продукції;
- надання цифрової картографічної інформації користувачам, включаючи добір об'єктного складу, зшивання цифрової картографічної інформації на задану територію, перетворення цифрової картографічної інформації з обмінного формату цифрових карт у заданий формат.

При розробці інформаційного забезпечення повинні бути передбачені способи вирішення наступних задач:

- аналіз ситуацій, що виникають при створенні (оновленні) цифрових карт, що не можуть бути оброблені з використанням їх діючого обмінного формату, класифікатора і правил цифрового опису картографічної інформації;
- періодичне доповнення та уточнення обмінного формату цифрових карт, класифікатора і правил цифрового опису, що використовуються в галузі, а також одночасне запровадження в дію оновленого інформаційного забезпечення на всіх підприємствах галузі;
- розробка методики внесення змін до складу цифрових карт у зв'язку з оновленням інформаційного забезпечення.

Рекомендована література для закріплення теоретичного матеріалу та самостійної підготовки [1, 2, 6].

Лекція 3.

Тема 3. Цифровий опис картографічної інформації та основні правила його здійснення.

- 1. Сутність основних понять.*
- 2. Вимоги до змісту і структури цифрового опису картографічної інформації в складі цифрової карти.*
- 3. Правила цифрового опису картографічної інформації.*
- 4. Шкали вимірювання об'єктів цифрової карти.*

1. До основних понять, що розкривають зміст даної теми відносяться визначення об'єктів цифрової карти стандартно- та нестандартно-орієнтованих; їх розподіл на прості та складні; сутність цифрового опису картографічної інформації та правил його здійснення відповідно до затверджених вимог; сутність цифрового опису об'єкта цифрової карти та правил його локалізації. Їх визначення подаються нижче.

Стандартно-орієнтований об'єкт цифрової карти – це такий об'єкт, при візуалізації якого в режимі електронної карти він розташований паралельно південній стороні рамки номенклатурного аркуша. Відповідно відображений в режимі електронної карти розташований не паралельно південній стороні рамки об'єкт є *нестандартно-орієнтованим*.

При цьому розподілені за орієнтуванням щодо південної рамки об'єкти цифрової карти можуть бути простими та складними.

Простий об'єкт цифрової карти – такий, який у складі класифікатора об'єктів описаний на нижньому ступені ієрархії. *Складний об'єкт* – об'єкт цифрової карти, у змісті якого знаходиться інформація про декілька простих об'єктів.

Кінцевий набір літерно-цифрових символів, прийнятих для формалізованого представлення об'єктів цифрових карт, називається *цифровим описом картографічної інформації*, а формалізоване представлення в цифровому вигляді даних про об'єкт карти, що містить у собі цифровий опис просторового поширення об'єкта (метрику об'єкта цифрової карти), його змісту (семантику) і просторово-логічних зв'язків об'єкта (топологію) складає поняття *цифрового опису об'єкта цифрової карти*.

Затверджений перелік розпоряджень, що регламентують дії по формуванню метрики об'єкта цифрової карти з урахуванням розмірів об'єкта і масштабу цифрової карти характеризує собою *правила локалізації* об'єкта цифрової карти.

2. Вимоги до змісту і структури цифрового опису картографічної інформації в складі цифрових карт сформульовані у нормативних документах по їх створенню, відповідно до чого цифровий опис має:

- забезпечувати можливість представлення в цифровій формі будь-якої інформації, що міститься на аналогових картах відповідних масштабів;
- визначати структуру і зміст картографічної інформації, що включається до складу цифрових карт;
- включати до бази даних об'єктів цифрової карти інформацію про їхнє розташування, планові обриси та характеристики з точністю, повнотою і достовірністю, що відповідають вимогам стандарту галузі;
- забезпечувати однозначність в інтерпретації цифрової картографічної інформації при її обробці;
- реалізовувати представлення об'єктів карти в об'єктно-орієнтованій формі;
- забезпечувати інтерактивне формування комп'ютерних записів про об'єкти, передбачені в структурі та складі цифрової карти.

Існуючі затверджені правила цифрового опису картографічної інформації об'єднані у наступні групи:

1. Правила визначення характеру локалізації.
2. Правила представлення метрики об'єктів (спосіб формування метрики визначається характером локалізації).
3. Правила представлення семантики об'єктів (якісні та/або кількісні характеристики).
4. Правила цифрового опису просторово-логічних зв'язків об'єктів (топологічні відношення).

Структурною одиницею цифрового опису картографічної інформації в складі цифрової карти є її об'єкт. Склад об'єктів, які підлягають цифровому опису, визначається вимогами стандарту галузі. При цьому допускається включення до складу цифрових карт цифрової картографічної інформації, обумовленої особливостями її відображення в графічній формі.

За *характером локалізації* об'єкти цифрової карти можуть бути дискретними, лінійними, площинними. За *складністю формування цифрового*

опису об'єкти бувають простими та складними. За характером орієнтування щодо системи координат, яка використовується при графічному відображенні номенклатурного аркуша, об'єкти повинні розділятися на стандартно-орієнтовані та нестандартно-орієнтовані.

Цифровий опис кожного конкретного об'єкта цифрової карти в обов'язковому порядку повинен включати унікальний номер (код, ідентифікатор), метрику та семантику. Факультативним елементом є топологія, що визначає просторово-логічні зв'язки об'єктів.

Специфічним об'єктом цифрової карти, який не містить у своєму цифровому описі метрику і просторово-логічні зв'язки є паспорт номенклатурного аркуша, зміст якого викладений раніше.

3. Відповідно до затверджених груп правил цифрового опису картографічної інформації, що висвітлені у попередньому питанні, необхідно розглянути їх застосування.

При визначенні характеру локалізації об'єктів цифрової карти (перша група правил) як основні параметри повинні використовуватися розміри описуваних об'єктів і масштаб створюваної карти.

У процесі встановлення характеру локалізації складних об'єктів необхідно враховувати виділення в його складі основного об'єкта, локалізація якого визначає характер локалізації складного об'єкта. Наприклад, при визначенні характеру локалізації складного об'єкта “автомобільна дорога”, що складається з опису простого лінійного об'єкта “автомобільна дорога” і декількох простих дискретних об'єктів типу “міст” чи “труба водопропускна”, йому варто надати характер локалізації “лінійний” відповідно до характеру локалізації основного об'єкта “автомобільна дорога”.

Крім цього визначення характеру локалізації об'єктів цифрової карти здійснюється на основі положень, що передбачають необхідність опису:

– декількох об'єктів місцевості одним об'єктом (група кущів, яка описується об'єктом “чагарник”, окремі дерева – об'єктом “рідколісся” і т. д.);

– частин об'єкта місцевості, що мають будь-які характерні риси як єдиний об'єкт (характеристика дороги, окремі ділянки якої проходять по мосту, дамбі і т. д., представляється єдиним об'єктом);

– окремих частин об'єкта місцевості як самостійні об'єкти (річка, одні ділянки якої описуються як лінійні об'єкти, інші – як площинні; суміжні ділянки болота, що повинні описуватися як об'єкти “болото прохідне” і “болото непрохідне”; опис ділянок залізниць самостійними об'єктами при зміні

характеристик: “кількість колій” або “електрифікована / неелектрифікована”).

Також при визначенні характеру локалізації об’єктів необхідно враховувати об’єкти, які на місцевості не мають власного контуру, але введені до складу об’єктів карти, підвищуючи її інформативність. Наприклад, оцінка висоти в перетині доріг, оцінка глибини річки на лінії фарватеру, брід у точці перетину дороги і річки тощо; межі області, району, міста, положення яких співпадає з використанням таких лінійних об’єктів, як “дороги”, “річки” тощо і меж таких площинних об’єктів, як “квартал”, “ліс”, “озеро” тощо.

Друга група правил, що визначає представлення *метрики* об’єктів цифрових карт, вказує на її опис координатами точок у заданій системі координат, які визначають їх розташування та планові обриси з точністю, що задовольняє вимогам до створення карт відповідного масштабу.

Метрика дискретного об’єкта повинна містити у:

- стандартно-орієнтованого – координати розташування його центра;
- нестандартно-орієнтованого – координати двох точок, що спільно задають напрямки, один з яких визначає розташування центра об’єкта, інший – його орієнтування.

Метрика лінійного об’єкта повинна бути представлена масивом координат точок, розташованих на осьовій лінії об’єкта по всій його довжині. Зміст масиву координат точок має передбачати ряд варіантів його формування із:

- співпадаючими або не співпадаючими координатами точок початку і кінця об’єкта;
- щільністю точок, що забезпечує збереження звивистості лінії при подальшому відтворенні об’єкта на електронній карті;
- точками, що фіксують вершини кутів повороту ламаної лінії;
- регламентованим початком цифрового опису метрики;
- довільним початком цифрового опису метрики.

Метрика площинного об’єкта повинна бути представлена масивом координат точок, розташованих на лінії межі об’єкта по всій його довжині з обов’язковою рівністю першої та останньої пар координат. При виділенні площинного об’єкта необхідно враховувати наявність наступних типів об’єктів:

- з чітко обумовленими межами;
- положення меж яких визначається з урахуванням особливостей власне об’єктів.

Зміст масиву координат точок повинен передбачати такі варіанти його формування із:

- щільності точок, що забезпечує збереження звивистості лінії при

наступному відтворенні об'єкта;

- точками, що фіксують вершини кутів повороту ламаної лінії.

Метрика складного об'єкта повинна описувати метрику всіх простих об'єктів, які містяться в його складі.

Метрика об'єктів повинна забезпечувати метричну узгодженість всіх об'єктів. Для задоволення даної вимоги друга група правил передбачає:

- наявність у метриці об'єктів, що примикають, загальних точок (вузлів) при примиканні одного лінійного об'єкта до іншого чи до площинного об'єкта;
- наявність у метриці об'єктів загальних відрізів, що примикають, при примиканні одного площинного об'єкта до іншого;
- розміщення першої та/або останньої точки (вузла) об'єкта на лінії рамки при примиканні лінійного об'єкта до внутрішньої рамки номенклатурного аркуша;
- розміщення частини межі площинного об'єкта на лінії рамки в місці примикання його до рамки номенклатурного аркуша.

Крім цього у цифровому описі об'єктів повинні також визначатись об'єкти з регламентованим і довільним початком представлення метрики. При цьому перша точка метрики нестандартно-орієнтованого дискретного об'єкта повинна знаходитися в геометричному центрі описуваного об'єкта.

У процесі представлення метрики лінійних об'єктів передбачено наступні варіанти вибору початкової точки метрики. Наприклад, при описі об'єктів гідрографії (річки, струмки) така точка повинна забезпечувати опис об'єкта в напрямку “від витоків до гирла”. При описі об'єктів рельєфу природного або штучного походження, пов'язаних з описом напрямку схилу (горизонталі, обриви, яри, кар'єри тощо), вибір першої точки має бути узгоджений з визначенням напрямку схилу. Тобто, якщо напрямок схилу заданий правилом “вправо від лінії об'єкта – униз по схилу”, то першою точкою метрики є та з крайніх точок об'єкта, що задовольняє вищевказаній умові.

Для інших лінійних об'єктів має місце опис метрики з довільним початком – з будь-якої кінцевої.

Положення початкової точки при описі межі площинних об'єктів задається довільно.

Третя група правил описує представлення семантики об'єктів цифрових карт, визначає сутність і властивості об'єкта в обсязі, передбаченому вимогами стандарту галузі і розробленими на їхній основі класифікаторами об'єктів цифрових карт. Відповідно до цього семантика об'єкта включає:

- код об'єкта відповідно до його найменування по класифікатору

об'єктів;

- код характеру локалізації;
- цифровий опис характеристик об'єкта (якісні та/або кількісні властивості: код характеристики відповідно до її найменування по класифікатору об'єктів, значення (при наявності), координати (точок) прив'язки (при необхідності, як правило містяться у внутрішній структурі бази даних).

Значення характеристики у випадку можливого надання декількох значень, повинне відповідати одному із варіантів:

- для кількісних характеристик – їх числове значення;
- для якісних характеристик – код відповідного значення;
- для характеристик типу “власна назва” – найменування об'єкта з використанням символічного типу даних.

Складний об'єкт повинен містити семантику декількох взаємозалежних об'єктів.

Об'єкт “Паспорт номенклатурного аркуша” має включати інформацію, що описує службово-довідкові дані в обсязі, передбаченому вимогами стандарту галузі. Цифровий опис цих даних представляється за допомогою кодів і найменувань по класифікатору картографічної інформації та конкретних числових і текстових значень.

Четверта група правил регламентує цифровий опис просторово-логічних зв'язків (топологічних відношень) об'єктів цифрових карт і містить інформацію про метричну узгодженість об'єктів та інформацію про характер їхніх взаємозв'язків.

Метрична узгодженість повинна забезпечуватися введенням до цифрового опису об'єктів, що стикаються (дискретних, лінійних, площинних) і точок з ідентичними координатами (загальних точок, вузлів), а до цифрового опису суміжних об'єктів (лінійних і площинних) – загальної ділянки метрики.

Цифровий опис характеру взаємозв'язків об'єктів карти має забезпечуватися введенням до нього спеціальних характеристик, що визначають набір відношень описуваного об'єкта з іншими.

4. Геометричні об'єкти, з якими асоційовані набори координат, дозволяють вказати їхнє розташування в просторі. Але картографічні об'єкти містять інформацію не тільки про те, де вони містяться та як займають простір, але і про те, що вони собою представляють і наскільки вони важливі для розгляду. Наприклад, дерево, позначене на карті точковим об'єктом може бути віднесене до визначеного класу на основі таксономічної термінології, тобто дуб, сосна і т.

д. З цієї додаткової інформації тепер відомо, що є не просто деяке дерево, розташоване в певній точці простору, але що це, скажімо, дуб чи береза. Додаткова непросторова інформація, яка допомагає описувати просторові об'єкти, утворює набір атрибутів об'єктів.

Атрибутом (у вузькому розумінні) називається властивість, якісна чи кількісна ознака, що характеризує просторовий об'єкт (але не зв'язана з його місцеположенням) і асоційована з його унікальним номером (ідентифікатором).

Набори значень атрибутів зараз переважно представляються у формі таблиць засобами реляційних систем управління базами даних (СУБД). Докладніше про існуючі моделі баз даних і відповідні їм СУБД буде розглянуто у наступній темі.

У більш широкому змісті під атрибутом розуміється будь-яка просторова та непросторова властивість об'єкта. У цьому випадку доцільно говорити про просторові і непросторові атрибути. Процес присвоєння просторовим об'єктам атрибутів або зв'язування об'єктів з атрибутами називається атрибутуванням. Дані, що містяться в атрибутах можуть належати до цілих, символічних, дійсних та інших типів (перелік типів даних визначається розробником програмного забезпечення).

Порівняння об'єктів цифрових карт на основі аналізу електронних карт здійснюється через *шкали вимірювання даних*, що включають декілька рівнів.

На першому рівні знаходиться *номінальна шкала* (найменувань), з назви якої випливає, що об'єкти розрізняються за найменуваннями. Вона дозволяє робити висновок про те, як називається об'єкт, але не передбачає прямого порівняння одного об'єкта з іншим, за винятком визначення тотожності. Наприклад, можна стверджувати, що в одному місці знаходиться береза, а в іншому – дуб. Хоча таке твердження, безсумнівно, розрізняє ці об'єкти, не можна їх порівнювати, оскільки вони різні за природою. Тобто, не доцільно стверджувати, що, наприклад, церква є кращою або гіршою за пожежну станцію, так само як не можна робити подібних тверджень щодо яблук і апельсинів. Тобто, відповідно до цієї шкали логічно стверджувати лише про місцеположення та характер локалізації об'єктів. Прикладами дискретних (точкових) об'єктів є: місто (на дрібномасштабних електронних картах), вершина, заводська труба та ін.; лінійних – автомобільна дорога, межа, річка (представлена однією лінією); площинних – болото, ліс тощо.

Проведення більш удосконаленого порівняння об'єктів здійснюється за *порядковою (ранговою) шкалою* (другий рівень). Вона заснована на одному аспекті, що дозволяє відобразити один набір умов (по рангу). Прикладами

точкових об'єктів можуть бути: місто велике, місто середнє, місто мале (для дрібномасштабних електронних карт); лінійних – шляхи сполучення загальнодержавні, обласні, місцеві; площинних – забрудненість території: велика, помірна, мала.

Коли об'єкти мають кількісну характеристику, то для їх порівняння використовується *інтервальна шкала* (третій рівень). Прикладом точкових об'єктів є кількість населення у містах з відповідними числовими значеннями (менше 10 000 мешканців, 10 000–50 000, понад 50000 мешканців); лінійних – відмітки горизонталей: 100 м, 110 м, 120 м; площинних – густина сільського населення по районах: менше 50 мешканців на кв. км; 50–75, понад 75.

Якщо порівнюються числові значення об'єктів, які безпосередньо не можуть бути порівняні, то використовують *шкалу відношень* (четвертий рівень), відповідно до якої числові значення об'єктів приводяться до однакових одиниць виміру (наприклад, температура в градусах Цельсія або Кельвіна).

Рекомендована література для закріплення теоретичного матеріалу та самостійної підготовки [1, 2, 6, 8, 9].

Лекція 4.

Тема 4. Цифрова карта як модель географічних даних.

1. Цифрова карта як модель. Існуючі види цифрових моделей. Цифрове моделювання як процес пізнання реальної дійсності за допомогою цифрових моделей. Аналітична парадигма в картографії, її зміст.

2. Масштаб карти в цифровій картографії. Розширення поняття базового масштабу.

3. Картографічні проєкції при створенні / використанні цифрових карт.

4. Умовність карт та бази даних. Моделі баз даних, їх огляд та застосування.

1. В теорії та практиці цифрової картографії (за аналогією до визначення карти як образно-знакової моделі в традиційній картографії) закріпилося поняття *цифрової картографічної моделі*, під якою у загальному розуміють створений за допомогою програмного забезпечення образ (виконаний за допомогою будь-якої знакової (фонетичної, математичної) системи опис) або прообраз (матеріальний зразок) будь-якого об'єкта реальної дійсності (оригіналу даної моделі), який використовується за певних умов як його “замінник”. Відповідно в цьому контексті було сформульоване визначення

цифрової карти як цифрової її моделі, що створюється за математичними законами з урахуванням принципів картографічної генералізації в прийнятих для карт проекції, розграфленні, системі координат і висот.

Аналізуючи приведені визначення цифрової карти як моделі, слід зазначити, що воно стосується розробки загальногеографічних, а точніше топографічних карт, настанови по створенню яких закріплені на загальнодержавному рівні. Логічно, що в їх основі лежать цифрові моделі місцевості та рельєфу, а також створюються цифрові (електронні) тематичні та спеціальні картографічні моделі. При цьому, *цифрова модель місцевості (ЦММ)* є цифровим представленням просторових об'єктів, що відповідає об'єктному складу топографічних карт (планів) та використовується для виробництва цифрових топографічних карт.

Складовою ЦММ, тобто її частковим випадком очевидно є *цифрова модель рельєфу (ЦМР)* як засіб цифрового представлення тривимірних просторових об'єктів у вигляді тривимірних даних як сукупності висот або відміток глибин чи інших значень аплікату (величин z) у вузлах регулярної сітки з утворенням матриці висот (глибин), нерегулярної сітки трикутників, або як сукупності записів горизонталей чи будь-яких інших ізоліній.

Процес дослідження об'єктів реальної дійсності за допомогою цифрових (електронних) картографічних моделей називається *цифровим картографічним моделюванням*.

У такий спосіб пізнання об'єкта відбувається двічі: по-перше, під час створення моделі, коли вивчаються загальні та специфічні характерні особливості об'єкта, які дають змогу побудувати відповідну модель, а по-друге, під час вивчення об'єкта за допомогою вже створеної моделі, коли можуть бути виявлені нові, невідомі досі характеристики об'єкта.

Цифрова картографія дає змогу відтворювати реальний світ опосередковано через його матеріальні образи у вигляді цифрових, електронних та комп'ютерних карт, коли відображення об'єкта картографування здійснюється за допомогою системи умовних позначень. Останнє стосується електронної та комп'ютерної картографічних моделей.

Створення цифрової карти (як моделі) передбачає процес формулювання, об'єктного визначення та оформлення знань, які закріплюються в ній. Нові знання можна також отримати опосередковано в результаті логічної обробки інформації, що одержується з карти. З цим пов'язана зміна поглядів людей на карти за останні десятиліття та формулюванням двох підходів до їх використання: традиційного та альтернативного.

Традиційний підхід до карт, який визначається *парадигмою повідомлення*, характеризує карту як кінцевий продукт, покликаний повідомляти про просторові розподіли через використання представлених показників картографування за допомогою відповідних способів картографічного зображення та прийомів картографування. При цьому вихідна некласифікована інформація для користувача є не доступною.

Інший відомий підхід до картографії, що є альтернативним до попереднього та підтримує доступ користувача до вихідних даних для забезпечення можливості наступної подальшої їх класифікації, виробився приблизно у той час, коли виробники карт почали використовувати досягнення комп'ютерної техніки. В цьому підході, який дістав назву *аналітичної парадигми*, вихідні дані для картографування зберігаються у комп'ютерному середовищі та відображаються, виходячи з потреб і класифікацій користувача.

Даний підхід, який виробився задовго до появи цифрової картографії і власне ГІС (У. Тоблер, 1959), сьогодні став набагато гнучкішим у своєму застосуванні, ніж традиційний, оскільки імпульсом для його подальшого розвитку служить думка про те, що сучасна карта повинна дозволяти повідомляти інформацію та аналізувати її безпосередньо в комп'ютерному середовищі, являючись динамічною цифровою інформаційною системою.

2. Карти за своєю сутністю завжди є спрощеним (узагальненим) представленням реальної дійсності. Ступінь спрощення визначається, головним чином, рівнем деталізації, який потрібний для здійснення поставленої мети дослідження. Логічно, що для різних за площею територій необхідний різний ступінь узагальнення.

Відношення, яке показує у скільки разів лінійні розміри на карті зменшені у порівнянні з тими самими розмірами на місцевості, традиційно називається *масштабом карти*.

В цифровій картографії слід застосовувати поняття *базового масштабу цифрової карти* – масштабу, в якому відбувалося цифрування вихідного картографічного матеріалу та якому відповідає обґрунтоване змістове навантаження. Таким чином базовий масштаб цифрової карти співпадає з масштабом традиційної карти. Наприклад, для топографічних карт і планів затверджено масштабний ряд (1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000, 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500). Для створення цифрових тематичних і спеціальних карт використовуються ці та інші базові масштаби.

Переважає більшість програмних продуктів для створення цифрових карт, в тому числі і ГІС, дозволяє дуже легко проводити зміну масштабу електронних карт. Такий масштаб називається *масштабом відображення електронної карти*.

Звичайно, що масштаб вихідних даних може відрізнятися від масштабу відображення результатів. Здатність програмного забезпечення змінювати (перетворювати) масштаб карти може призвести до надмірної довіри до карти, що, в свою чергу, може викликати деякі проблеми при проведенні географічного аналізу, результати якого істотно залежать від якості вихідних даних. Ця надійність залежить від базового масштабу карт. Наприклад, на карті, масштабу 1:100 000 лінія товщиною 1 мм покриває на земній поверхні 100 000 мм, тобто 100 м. При зміні масштабу до 1:1 000, на екрані буде також викреслена лінія товщиною в 1 мм, створюючи враження, що вона з достатньою точністю представляє реальну дійсність. Насправді її положення не таке вже й точне. Тому практичне правило стосовно того, що карту завжди краще зменшувати, ніж збільшувати спрацьовує і в цифровій картографії.

3. Картографічні проекції – математично визначений спосіб зображення поверхні Земної кулі або *еліпсоїда* (чи іншої планети) на площині.

Загальне рівняння картографічних проекцій зв'язує геодезичні широти (B) і довготи (L) із прямокутними координатами x та y на площині:

$$x = f_1(B, L); y = f_2(B, L),$$

де f_1 і f_2 – незалежні, однозначні та кінцеві функції.

Усі без винятку картографічні проекції мають *спотворення*, які виникають при переході від сферичної поверхні до площини.

За характером спотворень картографічні проекції поділяють на:

- *рівнокутові*, що не мають спотворень кутів і напрямків;
- *рівновеликі*, у яких відсутні спотворень площ;
- *рівнопроміжні*, що зберігають без спотворень будь-який один напрямок (по меридіанах чи паралелях);
- *довільні проекції*, які мають спотворення кутів і площ.

Головний масштаб карти показує ступінь зменшення лінійних розмірів еліпсоїда (кулі) при його зображенні на карті. Спотворення масштабу виявляються в наявності *часткового масштабу карти* у будь-якій її точці. Під цим розуміється відношення довжини нескінченно малого відрізка на карті до довжини нескінченно малого відрізка на поверхні еліпсоїда (кулі). Мірою спотворень у картографічній проекції у кожній точці карти служить

нескінченно малий *еліпс спотворень*.

На практиці існують спеціальні карти, які ілюструють розподіл спотворень різних видів за допомогою *ізокол* – ізоліній рівних спотворень.

В залежності від положення сферичних координат картографічні проєкції поділяють на:

- *нормальні проєкції*, у яких вісь сферичних координат збігається з віссю обертання Землі;
- *поперечні проєкції*, у яких вісь сферичних координат лежить у площині екватора;
- *косі проєкції*, коли вісь сферичних координат розташована під кутом до земної осі.

Розходження вимог до карт різного просторового охоплення, тематики і призначення, а також особливості конфігурації території, що картографується і її положення на земній кулі привели до величезного різноманіття картографічних проєкцій.

За виглядом меридіанів і паралелей нормальної сітки розрізняють наступні картографічні проєкції:

- *циліндричні*, в яких меридіани зображені рівновіддаленими рівнобіжними прямими, а паралелі – прямими, перпендикулярними до них;
- *конічні* – з прямими меридіанами, що виходять з однієї точки і паралелями, представленими дугами концентричних кіл;
- *азимутальні*, у яких паралелі зображуються концентричними колами, а меридіани – радіусами, проведеними із загального центра цих кіл;
- *умовні* – з меридіанами і паралелями на карті, що можуть мати різну форму. До цієї групи відносяться *псевдоциліндричні проєкції*, де паралелі представлені рівнобіжними прямими, а меридіани – у вигляді кривих, що збільшують свою кривизну в міру віддалення від прямого центрального меридіана; *псевдоконічні проєкції*, у яких паралелі представлені дугами концентричних кіл, середній меридіан – прямою, а інші меридіани – кривими; *поліконічні проєкції*, у яких паралелі зображені ексцентричними колами, центри яких лежать на прямому центральному меридіані, а всі інші – кривими лініями, що збільшують кривизну з видаленням від центрального меридіана;

Для карт, що створюються у вигляді серій аркушів, використовують *багатогранні проєкції*, параметри яких можуть змінюватися від аркуша до аркуша чи групи аркушів.

Комп'ютерні технології дозволяють розраховувати картографічні проєкції будь-якого виду із заздалегідь заданим розподілом спотворень. Перелік

картографічних проєкцій, що підтримує той чи інший програмний продукт (як правило це ГІС) міститься в окремому файлі з певним розширенням (наприклад, у програмі ГІС MapInfo – це *.prj).

4. Масштаб карти обмежує обсяг даних, що можуть бути представлені на одній карті, визначаючи ступінь генералізації об'єктів та їх зміщення щодо точного положення для забезпечення читаності карти. Це необхідно враховувати при перенесенні сукупності картографічних моделей з їх інформаційним змістом, масштабами, способами зображеннями і прийомами картографування у відповідне комп'ютерне представлення.

Сукупність даних, організованих за визначеними правилами, що встановлюють загальні принципи опису, збереження і маніпулювання даними в комп'ютерному середовищі називається *базою даних (БД)*. Зберігання даних у базі забезпечує централізоване управління ними, підтримку стандартів, безпеку та цілісність даних, скорочує їх надмірність та видаляє протиріччя між даними. БД може не залежати від прикладних програм і може бути складовою ГІС або вузькофункціональної програми. БД ГІС містять набори даних про просторові об'єкти, утворюючи просторові БД.

Цифрова картографічна інформація у вигляді сукупності цифрових карт може організовуватись у картографічні БД, візуалізація окремих складових яких здійснюється через режим електронної карти. При цьому графічні змінні, які представляють об'єкти на ній, є умовним представленням реальності. Їх розмір і розміщення часто є наближеними, менш точними, ніж точність пристроїв комп'ютерного введення у визначенні відповідних характеристик.

У процесі переходу від традиційної карти до цифрової картографічної бази даних, необхідно вирішувати, яка саме ділянка точкового, лінійного чи площинного зображувального засобу повинна використовуватися для визначення координат об'єкта, що ним представляється. Якщо, наприклад, положення точкового зображувального засобу фізично зміщено від дійсного положення для подання іншого символу, то при введенні до БД буде одержано точні координати символу, що насправді не відповідають точному положенню об'єкта. Крім цього власне символ займає якусь площу і необхідно вирішувати, чи є, наприклад, центр символу найбільш точним положенням.

З іншого боку, якщо при створенні картографічної бази даних застосовуються геодезичні прилади, виникає протилежна проблема, оскільки їх точність може бути порядку декількох сантиметрів і навіть міліметрів, але комп'ютерне представлення найчастіше не може так точно фіксувати цю

інформацію.

Вперше поняття “база даних” з’явилося на початку 1960-х років. Дані в той час представлялися у вигляді простих послідовних файлів на магнітній стрічці і залежали від програм обробки. У випадку зміни організації даних або типу запам’ятовуючого пристрою, програмісту доводилося заново переписувати програму. Існували численні версії одного і того ж файлу, більшість з них застосовувалася тільки для одного програмного продукту. Коли ж з’являлася необхідність у інших, досить часто ті самі дані використовувалися в другій формі: створювався новий файл з аналогічною інформацією. Це призводило до дуже високої міри дублювання даних, так званої надмірності. Наявність величезної кількості копій швидко зменшувала машинну пам’ять і породжувала ряд специфічних проблем, однією з яких була, наприклад, необхідність одночасного оновлення даних, що дублюються, без чого виникали різні версії однієї і тієї ж інформації, що давало протиріччя в системі.

Істотний внесок в зміну підходів до обробки інформації внесли СУБД, які призначені для маніпулювання текстовими, графічними (картографічними) і числовими даними за допомогою вбудованих алгоритмів та ресурсів комп’ютера. Вони виконують функції пошуку, сортування, коригування та формування їх необхідних наборів (файлів).

Основні принципи побудови СУБД засновані на тому, що для роботи з текстовими, числовими і графічними (картографічними) даними досить реалізувати обмежену кількість функцій, які досить часто використовуються та визначити послідовність їх виконання.

Для пошуку даних і роботи з ними в СУБД використовують три типи моделей даних: *ієрархічні, мережеві та реляційні*.

Ієрархічні моделі набули широкого поширення на початку 1960-х років одночасно з появою БД. Вони характеризуються деревовидною структурою, кожна з них пов’язана з одним записом, що знаходиться на більш високому рівні ієрархії. Доступ до будь-якого із записів здійснюється шляхом проходження по певному ланцюжку вузлів дерева з подальшим переглядом відповідних записів.

Для досить простих задач ієрархічна система ефективна, але вона практично непридатна для використання в складних системах з оперативною обробкою запитів і розподіленою архітектурою. Ієрархічна організація важко кодується і тому не може забезпечити швидкодію, необхідну для роботи в умовах одночасного модифікування файлів декількома прикладними системами.

Мережеві моделі покликані були усунути деякі з недоліків ієрархічних моделей. Перші з них розроблені в кінці 1960-х років. Згодом мережева модель була прийнята Асоціацією по мовах програмування як основна і визначена стандартом СУБД в середині 1970-х. У мережевій моделі кожен із вузлів складається з декількох, а відповідні записи складаються з покажчиків, що визначають місцеположення інших записів, пов'язаних з ними. Така модель дозволила прискорити доступ до даних, але одна важлива задача залишилася невирішеною – зміна структури бази як і раніше вимагала значних зусиль і часу.

Недоліки вказаних моделей визначаються тим, що для пошуку окремого запису в їх структурі програміст повинен спочатку визначити шлях доступу, а потім переглянути всі записи, що знаходяться на цьому шляху. При цьому на кожному кроці оператору доводилось визначати індивідуальні керуючі команди і умови, за допомогою яких оброблялись виняткові ситуації (наприклад, виявлення кінця набору записів, що переглядаються).

Концепція *реляційної* моделі даних була висунута ще в 1950-ті роки на теоретико-методологічному рівні, перші практичні реалізації з'явилися в 1970-х, а широку популярність ця модель завоювала лише у 1980-ті. СУБД реляційного типу звільняє користувача від усіх обмежень, пов'язаних з організацією зберігання даних і специфікою апаратури. Зміна структури бази даних не впливає на працездатність прикладних програм, які працюють з нею.

Сучасні реляційні СУБД надають користувачеві потужні засоби роботи з даними і автоматично виконують такі системні функції як: відновлення після збою; одночасний доступ до інформації декількох користувачів. Такий підхід позбавляє користувача від необхідності знати формати зберігання даних, методи доступу та управління пам'яттю.

Переваги реляційних моделей даних полягають в наступному:

- в розпорядження користувача надається проста структура даних у вигляді таблиць, колонки яких називаються полями, а рядки – записами;
- користувач може не знати, яким чином його дані структуровані в базі – це забезпечує незалежність даних;
- можливе використання простих непроцедурних мов запитів.

Недоліком реляційної моделі даних є складність організації роботи з БД із-за відсутності способів швидкого доступу користувача до даних. Однак він усувається шляхом застосування спеціалізованих апаратних засобів і використанням допоміжних описів шляхів доступу завдяки організації індексації.

Реляційні БД включають механізм блокування, що запобігає переходу системи в суперечливий стан внаслідок одночасного доступу двох або більше запитів до одного і того ж елемента даних.

Маніпулювання даними здійснюється за допомогою операцій з таблицями. Користувач може:

- модифікувати (додавати, видаляти, редагувати) дані;
- додавати / видаляти рядки / стовпці до створених таблиць;
- створювати / знищувати таблиці;
- створювати / знищувати індекси та ін.

Рекомендована література для закріплення теоретичного матеріалу та самостійної підготовки [1, 3, 9–12].

Лекція 5.

Тема 5. Уведення даних в комп'ютерне середовище.

1. *Способи введення картографічної інформації до пам'яті комп'ютера.*
2. *Вибір способу введення картографічної інформації.*
3. *Пристрої та алгоритм введення картографічної інформації в комп'ютерне середовище.*

1. Уведення картографічної інформації до пам'яті комп'ютера – початковий і важливий процес створення окремої карти на протязі більш ніж двох десятиліть розвитку картографії як науки, техніки та виробництва. Засоби автоматизації картографічних робіт передбачали та передбачають зараз кілька таких способів.

На перших етапах розвитку цифрової картографії застосовувалось цифрування по точках і потоком, в результаті чого отримувались векторні цифрові та на їх основі – векторні електронні карти. Це ставало можливим завдяки цифруванню паперової карти.

При *цифруванні по точках* застосовувався електронний планшет (дигітайзер, цифрувач), у процесі використання якого виконавець (оператор) обводив його курсором точки, лінії та контури на закріпленій на ньому карті, натискаючи при цьому необхідні кнопки. При кожному натисненні до пам'яті комп'ютера надсилався код кнопки та/або координати перетину ниток курсору. Зображення точок, ліній та/або полігонів з'являлись на екрані монітора. Цей спосіб не вимагав застосування спеціалізованої апаратури (крім дигітайзера) і складного програмного забезпечення, однак, вважався надзвичайно

трудомістким. При цифруванні по точках помилки з боку оператора були практично неминучі.

У процесі *цифрування потоком* відмінністю був інший режим роботи дигітайзера, при якому з електронного планшета сигнал подавався не при натисненні на клавішу курсору, а при перетині курсором ліній сітки, що була складовою планшета. Це позбавляло оператора від необхідності постійно натискати на клавішу, але в той же час викликало незручність зберігання великої кількості, можливо, зайвих координат, що одержувались при перетині ліній сітки. Такий режим цифрування дозволяв реалізувати більшість поширених дигітайзерів, таких як Altek, CalComp, Mutoh, Nuroonics, Summagraphics.

З удосконаленням технічних і програмних засобів з функціями цифрування з'явилися *ручна, напівавтоматична векторизація по "підкладинці" та автоматичне цифрування*, що застосовуються і на сучасному етапі розвитку цифрової картографії. Ці способи називають також цифруванням на екрані. Вони вимагають спеціалізованого, більш складного програмного забезпечення та потужнішого обладнання, оскільки для цього необхідні велика швидкодія комп'ютера і значні обсяги пам'яті.

Сутність цих способів полягає в тому, що вихідний картографічний матеріал сканується з високою роздільною здатністю (більше 300 точок на дюйм) та зберігається в одному з растрових форматів. Далі зображення з файлу (растрова цифрова карта) виводиться на екран монітора, реєструється за контрольними точками у відповідній системі координат і картографічній проекції, а цифрування здійснюється по растровому зображенню, яке називається "підкладинкою", звичайно за допомогою "миші". При цьому кожний об'єкт, як і в традиційному цифруванні, оператор повинен "обвести", тільки не на планшеті, а на екрані. При ручній векторизації всі операції виконує сам оператор, а при напівавтоматичній – частина операцій проводиться автоматично. Так, наприклад, при векторизації горизонталей досить задати початкову точку і напрямки відстеження ліній. Далі програма-векторизатор самостійно простежить цю лінію доти, поки на шляху не зустрінуться невизначені ситуації (розгалуження або розрив лінії). Оператор "допомагає" програмі вирішити невизначеність даної ситуації і векторизація продовжується до появи нової перешкоди. В основу способу розробниками закладено "уміння" програми розпізнавати напрямок "обведення" об'єкта в його поточковому зображенні. Більшість таких програм, які працюють в інтерактивному режимі, мають можливість налаштування на подолання невизначених ситуацій, що

дозволяє векторизувати, наприклад, пунктирні лінії (напівгоризонталі, допоміжні горизонталі), горизонталі з бергштрихами і т. д. Можливості інтерактивної векторизації безпосередньо пов'язані з якістю вихідного матеріалу і складністю карти. Незважаючи на трудомісткість, ці способи дозволяють добитися більшої точності, ніж при звичайному цифруванні за допомогою дигітайзера, оскільки лінії проводяться прямо по лініях, отриманих зі сканера, а зображення на екрані може бути збільшене до необхідних розмірів.

Для проведення векторизації по “підкладинці” в ручному та інтерактивному режимах застосовуються недорогі продукти, наприклад, Autovect, додаток під AutoCAD фірми “Autodesk”; CAD-Overlay (також додаток під AutoCAD), Spotlight Pro – гібридний (растрово-векторний) редактор (містить попередню підготовку растрового зображення, засоби селекції та редагування растрової, векторної та гібридної графіки, розпізнавання текстів, експорт / імпорт векторних даних); RasterDesk Pro версії Spotlight, реалізовані під AutoCAD.

Автоматичне цифрування передбачає дуже невелике в порівнянні з іншими розглянутими способами втручання оператора в роботу системи. Вихідна карта спочатку сканується, зберігається як растрова, а потім автоматично переводиться до векторного формату. Таке створення векторної картографічної інформації характеризується етапами: попереднього редагування, безпосереднього переведення з растрового формату до векторного і остаточного редагування. Деякі програмні продукти, що реалізують цей спосіб (наприклад, Profession Conversion Series фірми Gtx Corp., Phoenix, Aris, USA), здатні корегувати різні перешкоди (плями, бруд та ін.) з використанням спеціальних модулів. Ці системи за закладеними в них зразками розпізнають символи, лінії, кола тощо.

Остаточне редагування проводиться після створення векторних об'єктів. Воно є необхідним, оскільки навіть найбільш витончена програма може невірно розпізнати створений об'єкт, прийняти, наприклад, символ за групу точок, визначити площу як набір ліній і т. д. Кожний програмний продукт характеризується різними функціональними можливостями корегування таких помилок. Наприклад, SRV Drawing Conversion System фірми Scorpion Technologies Inc. (San Jose, California, USA) був забезпечений (на момент застосування): штрихуванням ліній, корегуванням пропусків, визначенням кіл і проведенням ліній по двох точках.

Автоматичне переведення з растрового формату до векторного найбільш зручне в тому випадку, коли в роботі знаходиться велика кількість однотипних

простих карт. Такі програми дуже дорогі, їх купівля ставала вигідною тільки при постійних великих обсягах однотипних робіт.

Поряд із платними програмними продуктами для векторизації існують безкоштовні онлайн-версії. Vectorizer – онлайн-трасувальник, який можна порівняти за якістю перетворення з платними програмами та сервісами. Для отримання миттєвого результату без реєстрації та інсталяції програмного забезпечення необхідно просто у браузері (<https://vectorizer.com/uk/>) завантажити зображення. При цьому висока якість результату є однією з головних переваг продукту. Іншими перевагами є: простота використання (не потрібно володіти спеціальними знаннями або вчитися використовувати сучасні графічні редактори і цілі пакети (Corel Draw / Adobe Illustrator) для роботи з векторною графікою); швидкість отримання результату у форматі SVG (швидкісний інтернет, що дозволяє швидко закачати зображення визначить результат векторизації за кілька секунд (але варто враховувати розмір і складність растрового зображення)). SVG (з англ. Scalable Vector Graphics) – масштабована векторна графіка, що є специфікацією мови розмітки, яка базується на розширеній мові XML, а також формат файлів для двовимірної векторної графіки (статичної, анімованої інтерактивної).

Але використання зазначеного продукту практично не робить прогресу при створенні векторних карт, оскільки результат потребує дуже суттєвого доопрацювання.

2. Вибираючи потрібну технологію і спосіб створення цифрових карт, необхідно враховувати низку головних чинників, до яких відносяться:

- мета роботи;
- кількість картографічних матеріалів;
- якість матеріалів, що зазнають обробки;
- вартість програмного продукту;
- трудові витрати.

Найбільш привабливим способом створення векторних цифрових карт виглядає автоматичне цифрування, однак воно досить часто ускладнюється із-за наявності перекриття символів на карті, великої кількості тексту, нестандартної знакової системи (для тематичних і спеціальних карт), значного діапазону масштабів тощо.

Вказані фактори разом з різною якістю вихідних карт часто примушують відмовитися від технології (і способу) автоматичного цифрування та застосуванні ручної і напівавтоматичної векторизації. Тому при плануванні

роботи доцільним є передбачення використання базової технології цифрування, а також додаткової, в залежності від конкретних умов.

Переваги і недоліки різних способів цифрування подані в табл. 3.

Таблиця 3.

Порівняльний опис способів отримання векторної інформації по растровому зображенню електронної карти.

| Назва способу | Переваги | Недоліки | Найкраще використати |
|-------------------------------|--|--|---|
| Ручна векторизація | Можливість одночасної роботи з растровим і векторним зображеннями, задовільна точність, можливість цифрування карт великого розміру, відсутність проблем зшивання | Середні час і трудові витрати, залежність точності отриманих результатів від кваліфікації оператора і зовнішніх умов, вихідний матеріал повинен бути досить високої якості | Для зображень середньої складності, які необхідно лише частково перевести у векторний формат |
| Напівавтоматична векторизація | Можливість швидкого навчання, відсутність необхідності редагування після векторизації, можливе додання атрибутів і утворення нових елементів змісту в процесі роботи, можлива вибіркова векторизація, відсутність проблем зшивання | Залежність від якості вихідного матеріалу, точність пов'язана з уважністю і кваліфікацією оператора – виконавця робіт | Для підготовки даних до гібридних векторно-растрових додатків, для карт з невеликою кількістю складних об'єктів, для карт, що вимагають введення середньої кількості атрибутів, а також з обмеженим числом шарів при хорошій якості вихідного матеріалу |
| Автоматична векторизація | Ефективна векторизація лінійних даних, можлива пакетна обробка, велика швидкість роботи, відсутність проблем зшивання | Необхідна наявність кваліфікованого оператора, обмежена кількість символів і шрифтів, які розпізнаються, попередня підготовка і редагування векторної інформації; значні труднощі при векторизації тільки частини растрової інформації | При великій кількості нескладних документів, для карт з переважанням лінійних елементів і малюнків з символами, що повторюються, при хорошій якості вихідного матеріалу |

Ціна на програмний продукт відіграє дуже велику роль при виборі потрібного методу роботи, однак орієнтуватися тільки на неї не можна, оскільки, як правило, низька ціна на програмний продукт обертається значними витратами робочого часу і, як наслідок, високими витратами на заробітну плату операторів, яким багато доводиться редагувати в напівавтоматичному режимі або вручну. Дослідження, проведене фірмою INTERGRAPH, показує, що застосування способів цифрування по “підкладинці” при щорічних 3 000 картах може заощадити до 500 000 у. о. в рік.

3. До пристроїв уведення картографічної інформації відносяться підключені до комп’ютера сканери, які дозволяють автоматичне зчитування текстово-графічної інформації в інтерактивному режимі. У цифровій картографії такі пристрої широко використовуються для отримання растрових зображень карт з високою роздільною здатністю та збереженням їх у растровому форматі. Відповідно і сучасна технологія створення цифрових карт називається *растроскануючою*.

Сканер дозволяє створювати електронну копію зображення для подальшої її обробки. Найбільшого розповсюдження зараз отримали *планшетні* сканери, які мають простий принцип роботи. В середині світлонепроникного корпусу вміщується пристрій, що складається з люмінесцентної або спеціальної лампи, яка освітлює зображення, і фотоелемента, що фіксує відображене світло.

Фотоелемент представляє з себе матрицю з тисяч світлочутливих осередків, кожен з яких нагромаджує заряд, величина якого пропорційна енергії поглиненого світла. Потім аналогово-цифровий перетворювач визначає для кожного заряду його цифрове значення (діапазон значень залежить від роздільної здатності перетворювача). У той час як сканер прочитує зображення, інтерфейсна плата передає відповідні дані до комп’ютера, де вони обробляються в прикладному програмному забезпеченні.

Результат сканування представляється у вигляді файлу, який може бути збережений у різних растрових форматах. Найбільш популярні tiff, jpeg. Також можливе подальше використання форматів eps, bmp.

Розміри місця на диску, необхідного для зберігання зображення, залежать від величини зображення, роздільної здатності сканера, а також від кількості відтінків кольору. Наприклад, зображення розміром 10x13 см, відскановане в штриховому режимі з роздільною здатністю 300 точок на дюйм, у форматі tiff займає близько 200 Кб на диску. Те ж зображення, відскановане з 256 відтінками сірого кольору, займає до 1.8 Мб у tiff і ще більше в eps.

Кольорові сканери мають два режими роботи: чорно-білий і кольоровий. Кольорове сканування здійснюється за три проходи: відображене від зображення світло по чергово проходить через три світлофільтри: червоний, зелений і синій. Іноді застосовується альтернативний варіант: послідовне освітлення зображення світлом трьох кольорів. Поєднання результатів дає уявлення про колір.

Програмне забезпечення, написане для сканерів, дозволяє сканувати, редагувати і ретушувати зображення, а також записувати їх в форматі, зручному для подальшої обробки і перетворення. Із зображенням, відсканованим в напівтоновому режимі, можна маніпулювати, наприклад, змінювати його яскравість і контрастність.

На перших двох етапах розвитку цифрової картографії використовувався дигітайзер, що складався з електронного планшета (іноді на ньому було меню) і курсора. Він мав власну систему координат і при пересуванні останнього по планшету координати перехрестя його ниток передавались до пам'яті комп'ютера. Розміри планшета дигітайзера коливались від А4 до А0, при кількості кнопок на курсорі від однієї до сімнадцяти (стандартом вважалась наявність дванадцяти кнопок). Чим більше кнопок мав курсор дигітайзера, тим більше команд при роботі могло бути здійснено натисненням на них. Володіючи 12-ти кнопковим дигітайзером, оператор-картограф міг здійснювати цифрування, практично не вдаючись до допомоги іншого периферійного пристрою введення даних – клавіатури. Випуском дигітайзерів займалися такі фірми як Summagraphics, Aristo Graphics Systeme GmbH та ін.

Сучасний алгоритм цифрування картографічних матеріалів, що базується на основі растрокануючої технології включає наступні етапи:

- підготовку вихідних картографічних матеріалів;
- безпосереднє цифрування у програмному середовищі;
- збереження векторних об'єктів.

Підготовка або попередній етап включає сканування паперових карт, яке по суті є процесом зчитування картографічних даних на паперовій основі по рядках в автоматичному режимі та їх перетворення до растрового формату.

Відскановане зображення зберігається в одному з растрових форматів. Досвід показує, що найбільш оптимальним растровим форматом є формат jpeg (аркуш топографічної карти розміром А4 з середнім змістовим навантаженням займає близько 1 Мб на диску), найпростішим вважається формат bmp, а найбільш стандартизованим і поширеним, який дозволяє зберігати багато додаткових параметрів і займає багато місця на диску є формат tiff.

Безпосереднє цифрування розпочинається з відкриття растрового зображення вихідного картографічного матеріалу, яке обов'язково реєструється у визначеній системі координат і картографічній проекції із зазначенням одиниць вимірювання координат.

Збереження векторних об'єктів здійснюється по елементах змісту з формуванням геометричної, семантичної та топологічної характеристик просторових об'єктів.

Рекомендована література для закріплення теоретичного матеріалу та самостійної підготовки [2, 7, 8].

Лекція 6.

Тема 6. Огляд програмного забезпечення для створення / використання цифрових карт і перспективи розвитку цифрової картографії в Україні.

1. Характеристика основних груп програмних продуктів за функціональними особливостями з можливостями цифрування картографічних матеріалів.

2. Основні напрями, проблеми та перспективи розвитку цифрової картографії в Україні.

1. Виходячи з того, що цифрові карти можуть бути растровими та/або векторними, програмне забезпечення для їх створення поділяється на групи відповідно до існуючих функціональних можливостей: растрові графічні редактори; векторні графічні редактори; програми-векторизатори; ГІС.

Для створення растрових цифрових (електронних) карт використовується будь-який сучасний *растровий редактор*, в якому функціонально закладено підключення сканера та відповідно – процедуру сканування. Для прикладу, такою програмою, що зараз використовується на виробництві, в наукових розробках, в навчальному процесі є програма Adobe Photoshop (Adobe Systems Incorporated, США).

Растрова цифрова карта є первинною цифровою картографічною моделлю, тією “підкладинкою”, на основі якої відповідно до теоретико-методологічних та методичних положень сучасного етапу розвитку цифрової картографії створюються похідні картографічні цифрові моделі – векторні цифрові карти.

Перевагами растрових цифрових карт є: швидкість їх створення; фотографічна якість електронних зображень; відсутність труднощів при виведенні файлів через засоби пасивної машинної графіки. Недоліками – є їх

статичність та великі обсяги растрових файлів, які їх утворюють. Останній вказаний недолік зараз не є суттєвим, оскільки сучасні комп'ютери мають значні обсяги дискової та оперативної пам'яті.

Для одержання векторних зображень, як правило, використовуються *програми ілюстративної графіки* (CorelDraw, Adobe Illustrator, Adobe FreeHand MX), що широко застосовуються крім картографії в галузі дизайну, технічного креслення, а також для оформлювальних робіт.

Вказані програми надають у розпорядження користувача набір інструментів і команд, за допомогою яких створюються векторні зображення. Одночасно з процесом їх створення спеціальне програмне забезпечення формує векторні команди, що відповідають об'єктам, з яких вони створюються. Ймовірніше за все, що користувач такої програми ніколи не побачить векторних команд. Однак знання про те, як описуються векторні рисунки, допомагають зрозуміти переваги та недоліки векторної графіки.

Основними перевагами векторних карт є: простота масштабування зображення електронної карти без втрати якості та необхідність мінімуму ресурсів пам'яті комп'ютера для зберігання векторної інформації. Серед недоліків – унеможливлення одержання зображень фотографічної якості; можливість виникнення певних труднощів при виведенні векторних файлів через засоби пасивної машинної графіки.

Векторні зображення одержуються за допомогою *програм-векторизаторів*. Відповідно до класифікації програмного забезпечення, що використовується в цифровій картографії вказані програми входять до класу вузькофункціональних продуктів.

Inkscape (вільне кросплатформове програмне забезпечення) – потужний та багатофункціональний редактор векторної графіки. Програма дозволяє працювати з контурами, фігурами, текстом, маркерами тощо. Inkscape дає можливість зберігати створені графічні проекти у різних форматах. Також програма підтримує роботу з SVG-форматом, що дає можливість використовувати градієнти, змінювати розташування шарів, створювати ілюстрації різного типу, застосовувати фільтри та ефекти. Inkscape містить безліч інструментів для налаштування можливостей програми під потреби користувача, зокрема:

- широкі можливості роботи з графікою;
- підтримка SVG-формату;
- велика кількість інструментів;
- можливість зберігати графічні проекти у різних форматах.

WinTopo (SoftSoft Ltd, Велика Британія) – високоякісне програмне забезпечення для перетворення файлів зображень у різних форматах, таких як JPG, PNG, BMP, GIF або TIF, а також відсканованих зображень до форматів файлів векторних зображень, які підходять для програм САПР і ГІС.

Продукт поставляється у двох версіях: Freeware та Pro.

WinTopo Freeware є абсолютно безкоштовним для всіх. Робота в ньому дає кращі результати, ніж більшість комерційних альтернатив, які досить дорогі. Програму використовують понад 10 мільйонів користувачів по всьому світу.

Професійна версія *WinTopo Pro*, має більше можливостей обробки та більш тонкий контроль при перетворенні зображень на вектори або векторизації зображень. Вона включає опції попередньої обробки, які допомагають отримувати оптимальні результати, а також більш просунутий механізм векторизації, створений за роки програмування, проектування та обробки зображень.

Кожна із зазначених версій поставляється з векторизацією в один дотик, розпізнаванням дуг, згладжуванням та зменшенням поліліній, попереднім переглядом у вікнах параметрів, автоматичним масштабуванням, а також різними форматами збереження векторів. Тим не менш, Pro версія має більше функцій, таких як, наприклад, географічна прив'язка, пакетна обробка, параметри негативу та яскравості, заповнення отворів, видалення плям та обрізання.

VectorMagic (VectorMagic.com, США-Швеція-Ізраїль) – одна з найпопулярніших програм для векторизації зображень, яку можна використовувати для швидкого перетворення растрових зображень у векторні та подальшої обробки одержаних результатів.

До програми функціонально влючено інструмент, який дозволяє автоматично конвертувати зображення у формати SVG, EPS, а також PDF-вектори онлайн, завантажуючи їх без необхідності встановлювати програмне забезпечення.

Продукт поставляється з настільною автономним модулем для векторизації зображень з підтримкою форматів файлів та виведення AI або DXF, гнучко поєднуючись з Illustrator, Corel та іншими програмами.

Векторизація відбувається автоматично після завантаження до Vector Magic растрового зображення. Продукт аналізує та надає відповідні налаштування для векторизації, а потім відстежує форми у повному кольорі, після чого можна переглянути результат.

Інші функції включають субпіксельну точність, з якою можна відстежити

кожен біт інформації і точні пікселі зрізу, щоб відтворити вихідне зображення у векторному форматі з коректною кількістю вузлів.

Vector Magic завжди відстежує растрове зображення, ретельно виявляючи фігури, що лежать в його основі і надає векторне зображення з усіма його перевагами.

Професійні векторизатори для цифрової картографії повинні мати можливості створення і редагування цифрових векторних карт у напівавтоматичному режимі, а також інших графічних даних по растрових зображеннях, одержаних в результаті сканування карт, планів, фотознімків з паперових, пластикових та інших матеріальних носіїв. Створені цифрові карти за результатами їхньої роботи, мають відповідати усім сучасним вимогам, які ставляться до векторних цифрових карт існуючими програмними продуктами вищого класу, наприклад, ГІС.

У процесі безкоштовної обробки растрів важливо звернути увагу на існуючі інструменти:

- набір процедур зміни растрового зображення: видалення/заміна кольору, зменшення розмірів полів заданого кольору, згладжування, видалення невеликих точок (плям) заданого кольору;

- зшивання окремих растрових фрагментів у єдине растрове зображення, що впливає з можливості створення растрових зображень на сканерах невеликого формату);

- трансформація (вирівнювання) растру з використанням довільної мережі картографічних реперів;

- збереження перетворених растрових зображень або їхніх фрагментів у кожному зі стандартних растрових форматів.

У програмах з розширеним функціоналом важливим є здійснення фотограмметричної обробки аерокосмічних знімків з можливостями проводити:

- спеціальні перетворення растрових зображень для усунення геометричних і фотометричних перекручувань, обумовлених кривизною Землі, нерівностями рельєфу місцевості, похибками знімальної апаратури тощо, характерних для знімків;

- перетворення, пов'язані з переведенням у задану картографічну проекцію;

- обробку двох видів знімків: звичайного проекційного типу (аерокосмічні знімки) і сканерного типу (космічні знімки);

- використання знімків з частково і неточно заданими параметрами.

Створення, редагування та контроль векторних даних має включати:

- визначення структури векторної карти (поділ об'єктів по шарах і типах);
- визначення структури бази атрибутивних даних, наповнення бази безпосередньо на етапі створення карти;
- ручні процедури редагування об'єктів векторної карти;
- автоматизовані процедури трасування ліній різного типу;
- використання апріорних даних про форму об'єктів (ортогональність, паралельність тощо) в ручних та автоматизованих процедурах векторизації;
- одночасна підтримка двох моделей представлення цифрової карти (лінійно-вузлової та об'єктної);
- повний контроль (автоматичної та інтерактивної) топологічної коректності карт, виявлення та усунення помилок топології за довільно обраними векторними шарами або їх комбінаціями;
- побудова полігональних об'єктів;
- трансформація (вирівнювання) растра з використанням довільної мережі картографічних реперів;
- зведення векторних карт, що створюються по окремих планшетах, для одержання єдиної векторної карти території.

Важливим моментом, на який слід звертати увагу при виборі векторизаторів, є підтримка прямокутних і географічних систем координат, а також стандартних картографічних проєкцій з можливістю зміни їхніх параметрів.

Створення цифрових карт входить і до переліку функціональних можливостей повно- та багатофункціональних ГІС.

До класу повнофункціональних ГІС відносяться програми, які дозволяють вирішувати найскладніші задачі геоінформаційного аналізу і моделювання, створювати та обробляти великі масиви географічних даних, реалізовувати всі відомі в картографії способи картографічного зображення для представлення даних просторово. Програми даного класу виконують усі описані функції геоінформаційних систем. Вони можуть використовуватись для створення, наприклад, тематичної геоінформаційної системи та здійснювати збір, зберігання, обробку і поширення даних для неї. Прикладами програмного забезпечення цього класу є ГІС: ArcGIS (фірма-розробник ESRI, Інститут досліджень навколишнього середовища, США), MGE (Intergraph, США), SmallWorld GIS (SmallWorld, Велика Британія) та ін.

Клас багатофункціональних ГІС включає програми, які дозволяють вирішувати складні задачі геоінформаційного аналізу та мають достатні

обчислювальні можливості для вирішення прикладних задач просторового моделювання: ArcView (ESRI), MapInfo Professional (Pitney Bowes, США), MicroStation (Bentley, США), WinGIS (PROGIS, Австрія) та ін. З удосконаленням версій програмного забезпечення цього класу сьогодні воно за функціональними можливостями вже майже не відрізняється від програмного забезпечення першого названого класу. Виконуючи майже всі функції ГІС, вказані програми дозволяють створювати карти, будувати графіки і діаграми, вирішують окремі задачі мережного аналізу, тривимірного моделювання тощо та мають механізми зв'язку з системами управління базами даних типу Oracle, Informix, DB2, а також можуть працювати як клієнти серверів таких СУБД.

Логічно, що за структурою ГІС цього класу створені як модульні, тобто містять базовий програмний пакет (він і визначає функціональність), який називається ядром і виконує ключові функції ГІС.

2. Виконання загальнодержавних програм топографо-геодезичного та картографічного забезпечення України на базі цифрових технологій протягом останніх років, зокрема, з 1998 до 2018 року дало змогу досягти певних зрушень у топографо-геодезичній діяльності та національному картографуванні.

Програми узгоджувались із Концепцією плану економічного і соціального розвитку країни у певний період та супроводжувались інтеграцією з технологіями проведення відповідних видів робіт для проведення в життя політики у сфері геодезії, картографії та кадастру. Вони були спрямовані на подальше здійснення структурної перебудови картографічного виробництва в нових умовах з метою нарощування випуску, зокрема, сучасної якісної цифрової картографічної продукції для господарських та оборонних потреб держави.

З 2018 року в нашій країні загальнодержавних програм топографо-геодезичного та картографічного забезпечення на затвердження не подпвалось, натомість усі зусилля були спрямовані на формування законодавчої бази з розроблення національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД). І у 2020 році такий закон було прийнято Верховною радою з відтермінуванням введення в дію з 1.01.2021 року.

В умовах подальшого розвитку науково-технічного прогресу важливими умовами його прискорення в даній сфері є подальший розвиток геоінформаційних технологій, які забезпечують автоматизоване зберігання, оброблення та аналіз масивів цифрової просторової інформації про регіони різних територіальних рівнів, а також моделювання і прогнозування розвитку

об'єктів, явищ, процесів на основі електронних карт.

Для широкого впровадження сучасних геоінформаційних технологій на базі цифрових карт у контексті виконання завдань зі створення базових наборів даних НІГД необхідно вирішити широкий комплекс наукових, технічних та організаційних проблем. Це, передусім, перетворення існуючих фондів картографічної, топографо-геодезичної та аерокосмічної інформації в якісно новий, цифровий формат і створення ефективних засобів використання таких даних у ГІС. Логічно це передбачає:

- подальше удосконалення виробничої структури для реалізації відповідних завдань;
- створення сучасної індустрії виготовлення цифрових та електронних карт;
- формування єдиного державного фонду цифрової картографічної інформації багатocільового призначення;
- подальше забезпечення всіх зацікавлених користувачів, в першу чергу державних органів, необхідною цифровою картографічною інформацією.

Координацію робіт, відповідальність за їхню практичну реалізацію покладається на національну картографо-геодезичну службу країни – державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр).

Удосконалення виробничої структури для реалізації завдань з цифрового картографування передбачає створення вузькопрофільних виробничих підрозділів на існуючих аерогеодезичних підприємствах, у науково-виробничих інститутах, центрах і лабораторіях; впровадження нових технологій цифрового картографування та цифрового оновлення карт за даними дистанційного зондування Землі аерокосмічними засобами; фізичне формування і функціонування НІГД; удосконалення (моніторинг) нормативно-правової бази, підготовка та перепідготовка кадрів, зокрема, підготовка інженерів зі спеціалізації “Геоінформаційні системи і технології” у рамках актуальних спеціальностей: науки про Землю; геодезія та землеустрій.

Сучасна індустрія виготовлення / оновлення цифрових та електронних карт має базуватись на останніх досягненнях світової науки, техніки і технологій для швидкого подолання відставання від провідних країн. Для виконання цього завдання зараз функціонує виробничий і науковий потенціал, що базується на структурі Держгеокадастру, яка складається із аерогеодезичних підприємств та їхніх експедицій, науково-дослідного інституту і його відділень, науково-виробничого картографічного підприємства, галузевих науково-дослідних лабораторій, утворених спільно із зацікавленими міністерствами.

Обсяги робіт визначаються потребами галузей і відомств України в цифрових картах, а також прискоренням темпів повного переходу топографо-геодезичного і картографічного виробництва на цифрові методи картографування.

Цифрові карти масштабів 1:1 000 000–1:200 000 на всю територію країни створюються шляхом векторизації відсканованих з високою роздільною здатністю оригіналів карт, а також технологій з використанням пристроїв і методів автоматичної структуризації та виготовлення цифрових карт з використанням фотограмметричних методів обробки аерокосмосзнімків.

Цифрові карти масштабів 1:100 000–1:10 000 створюються на основі цифрових фотограмметричних методів, що дозволило поєднати процес їх створення з топографічним зніманням, виключаючи необхідність цифрування графічного оригіналу.

За відповідними завданнями та запитам користувачів відбувається створення цифрових планів міст, тематичних і спеціальних карт.

Єдиний державний фонд цифрової картографічної інформації багатоцільового призначення має бути заснований на функціонуванні НІГД як сукупності стандартизованих наборів цифрової просторової та атрибутивної інформації, збереженої в комп'ютерному середовищі для вільного доступу до них з боку різних суб'єктів господарювання, пересічних громадян; зручності взаємодії між розробниками даних та їх користувачами.

Оскільки картографічні роботи відносяться до робіт, що мають загальнодержавне значення і багатофункціональне призначення, є національним надбанням і забезпечуються державою, фінансування програми цифрового картографування України повинно здійснюватися з державного бюджету.

Рекомендована література для закріплення теоретичного матеріалу та самостійної підготовки [3, 8, 9].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Blokdyk, G. (2020). Digital Mapping. A Complete Guide. 5STARCOOKS. 303 p.
2. Bondarenko, E. L. (2011). Geographical information systems. Kyiv: Publishing house "Bavok". 160 p. [In Ukrainian].
3. Bondarenko, E. L. (2011). Geoinformation scheme of mapping. Journal of Cartography. No 1. P. 70–77.
4. Бондаренко, Е. Л. (2014). ГІС і бази даних: конспект лекцій. Київ: РВВ НТУ. 144 с.
5. Бондаренко, Е. Л. (2001). Розвиток цифрової картографії в Україні. Картографія та вища школа: зб. наук. пр. Вип. 6. С. 25–30.
6. Бондаренко, Е. Л., Дончук, С. В., Шевченко, В. О. (2002). Вимоги до створення цифрових карт. Картографія та вища школа: зб. наук. пр. Вип. 7. С. 4–8.
7. Бондаренко, Е. Л. (2003). Аналіз функціональних можливостей програмного продукту Surfer для створення цифрових моделей рельєфу. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія: наук. збірник. Том. 5. С. 359–364.
8. Bondarenko, E., Pysarenko, R. (2018). The quality of digital spatial data as a determining composition of information support of modern general-geographical maps. Bulletin of Taras Shevchenko Kyiv National University. Military special sciences. № 2 (39). P. 3–10.
9. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи і напрями розвитку. (2011). За редакцією Л. Г. Руденка. Київ: НВП "Видавництво "Наукова думка" НАН України". 102 с.
10. DeMers, Michael N. (2008). Fundamentals of geographic information systems. 4th Edition. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, Weinheim: John Wiley & Sons, Inc. 464 p.
11. Самойленко, В. М. (2010). Геоінформаційні системи та технології: підручник. Київ: Ніка-Центр. 448 с.
12. Світличний, О. О., Плотницький, С. В. (2006). Основи геоінформатики: навчальний посібник; за ред. О. О. Світличного. Суми: ВТД "Університетська книга". 295 с.

Навчальне видання

Едуард Леонідович Бондаренко

Конспект лекцій

з навчальної дисципліни

“ЦИФРОВА КАРТОГРАФІЯ”

Підписано до друку 02.03.2016. Формат 60x84 1/16.

Перевидання 02.03.2023

Папір офсетний № 1. Гарнітура Times New Roman.

Вк. 2. Наклад 50 прим.

01103, м. Київ, вул. Кіквідзе, 39

Редакційно-видавничий відділ НТУ, тел. +380 44 284-26-26