



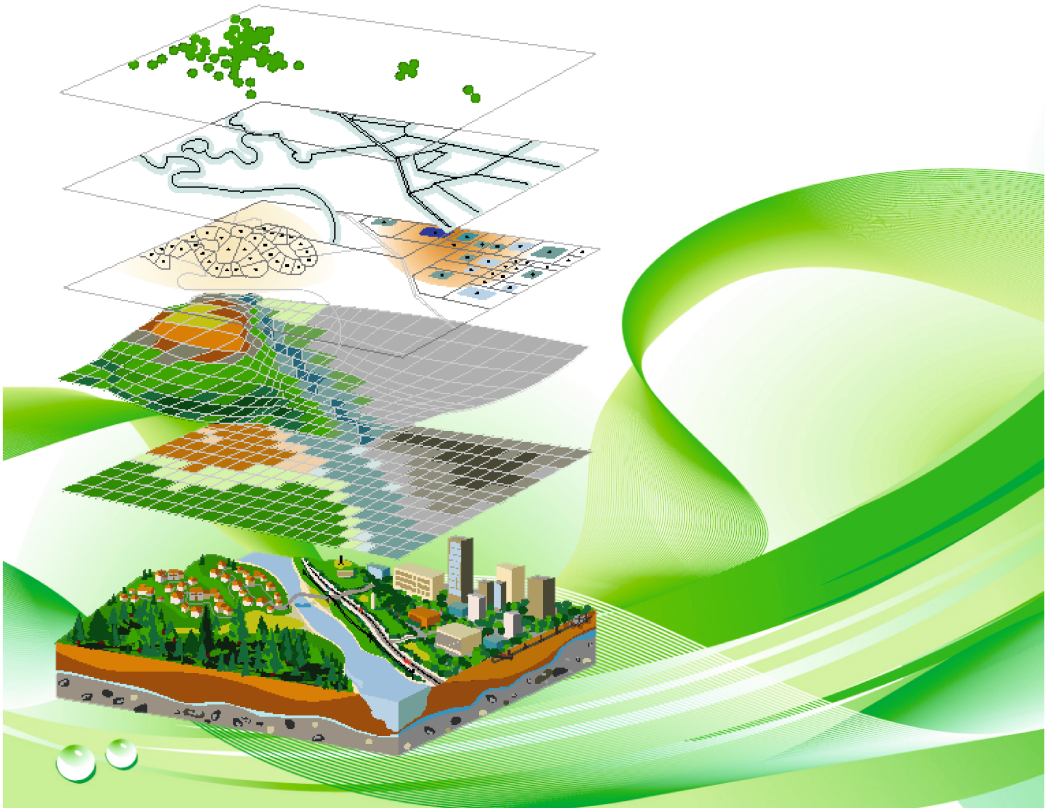
WWF

ПОСІБНИК

2015

Ю. М. Андрейчук  
Т. С. Ямелинець

# ГІС В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ТА ПРИРОДООХОРОННІЙ СПРАВІ



**Всесвітній фонд природи (WWF)  
Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет імені Івана Франка**

**Ю. М. Андрейчук,  
Т. С. Ямелинець**

## **ГІС В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ТА ПРИРОДООХОРОННІЙ СПРАВІ**

**Підготовка навчального посібника підтримана Німецькою інвестиційною корпорацією (DEG - Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft mbH) та компанією ІКЕА у рамках проекту “Підтримка відповідального управління лісовим господарством для сталого розвитку в Українських Карпатах” (2012–2015).**

**Львів – 2015**

УДК 911.3:004.94](075.8)  
ББК Д8.в641я73+Б1.в641я73  
А65

Рекомендовано до друку Вченою Радою географічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка.  
(Протокол № 6 від 16 вересня 2015 р.)

**Андрейчук Ю. М.**

**А 65** ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі [Текст] : навч. посіб. / Ю. М. Андрейчук, Т. С. Ямелинець. — Львів : “Простір-М”, 2015. — 284 с. — ISBN 978-617-7363-00-1

В навчальному посібнику висвітлюються загальні принципи організації і функціонування географічних інформаційних технологій (ГІС) та основні можливості використання методів ГІС в природоохоронній справі та у дослідженні екологічних проблем. Велику увагу звернено на теоретичні основи геоінформаційного моделювання та картографування, а також їх прикладного застосування. В посібнику також наведено можливості інтеграції даних, що поступають з різних джерел моніторингу стану навколишнього природного середовища. Актуальність навчального посібника визначається детальним аналізом сучасних напрямків та методологічних підходів до вивчення компонентів навколишнього природного середовища, їх комплексного аналізу засобами ГІС-технологій. Основним прикладним завданням посібника є здобуття знань та навиків у роботі студентів з геоінформаційними програмними продуктами та можливість їх практичного застосування в екологічних дослідженнях. Головна увага спрямована на застосування програмного пакету ESRI ArcGIS Desktop.

Навчальний посібник рекомендується для працівників охорони природи, лісового господарства, студентів географічних, біологічних, лісінничих та геологічних факультетів за спеціальностями “Географія”, “Екологія і охорона навколишнього середовища”, “Охорона природи” та інших.

#### **Рецензенти:**

**Фесюк В. О.**, д-р геогр. наук, проф., Луцький національний технічний університет;

**Ковальчук І. П.**, д-р геогр. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України;

**Назарук М. М.**, д-р геогр. наук, проф., Львівський національний університет імені Івана Франка.

Керівник проекту: к.б.н, ст. науковий співробітник **Богдан Проць** (Львів, Україна)

ISBN 978-617-7363-00-1

УДК 911.3:004.94](075.8)  
ББК Д8.в641я73+Б1.в641я7

© Андрейчук Ю. М., 2015  
© Ямелинець Т. С., 2015  
© WWF, 2015

**World Wide Fund for Nature (WWF)  
Ministry of Education and Science of Ukraine  
Ivan Franko National University of Lviv**

**Yu. M. Andreichuk,  
T. S. Yamelynets**

**GIS IN ECOLOGY STUDIES AND  
NATURE CONSERVATION**

**This manual was supported by the German Investment and Development Corporation (DEG - Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft mbH) and IKEA company within the frame of the project “Support Responsible Forest Management for a Sustainable Development in the Ukrainian Carpathians”(2012–2015).**

**Lviv – 2015**



**УДК 911.3:004.94](075.8)**  
**ББК Д8.в641я73+Б1.в641я73**  
**А65**

Recommended for publishing by the Scientific Council of the Geography Faculty of  
Ivan Franko National University of Lviv  
(*Protocol № 6, 16th September 2015*)

**Yuriy Andreichuk, Taras Yamelynets**

**A 65** GIS in ecology studies and nature conservation [Text] : Manual / Yu. Andreichuk,  
T. Yamelynets. – Lviv : “Prostir-M”, 2015 — 284 s. — ISBN 978-617-7363-00-1

The main principles of creation and operation of geographic information systems (GIS), the GIS methods in ecology and conservation have being described in the manual. The theoretical basis of the geo-modeling and mapping, as well as its application have been analyzed. The manual also provides approaches to integrating data from different environment monitoring sources. The relevance of the manual is defined by a detailed analysis of current trends and methodological approaches to the study of natural environmental components, its complex analysis using GIS tools. The main applied objective of the manual is providing knowledge and skills to the students and practitioners in the use of GIS for environmental studies. It's focused on the usage of GIS-applications such as ESRI ArcGIS Desktop.

The manual is recommended for nature conservation and forestry managers, students of geography, biology, forestry and geology faculties specialized in “Geography”, “Ecology and Environmental Protection”, “Nature Conservation” etc.

#### **Reviewers:**

**Fesiuk V. O.**, PhD. Dr., Prof., Lutsk National Technical University;

**Kovalchuk I. P.**, PhD., Dr., Prof., National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**Nazaruk M. M.**, PhD. Dr., Prof., Ivan Franko National University of Lviv.

Project manager: **Bohdan Prots**, Associate Professor (Senior Research Scientist),  
(Lviv, Ukraine)

**ISBN 978-617-7363-00-1**

**УДК 911.3:004.94](075.8)**  
**ББК Д8.в641я73+Б1.в641я73**

© Yuriy Andreichuk, 2015  
© Taras Yamelynets, 2015  
© WWF, 2015

## ЗМІСТ

Вступ.....	9
<b>Частина 1. Теорія географічних інформаційних систем (ГІС).....</b>	<b>13</b>
Розділ 1. Загальні принципи організації та функціонування ГІС.....	15
1.1. Головні поняття і терміни.....	17
1.2. Історія виникнення та розвитку географічних інформаційних систем і технологій.....	21
1.3. Структура та функції ГІС.....	27
1.4. Апаратне забезпечення ГІС.....	34
1.5. Програмне забезпечення ГІС.....	36
1.6. Інтеграція ГІС з іншими програмними продуктами.....	41
1.7. Класифікація ГІС.....	43
Розділ 2. Типізація даних у географічних інформаційних системах.....	49
2.1. Моделі просторових баз геоданих.....	49
2.1.1. Ієрархічна модель геоданих.....	50
2.1.2. Мережна модель геоданих.....	51
2.1.3. Реляційна модель даних.....	53
2.1.4. Об'єктно-орієнтована модель геоданих.....	58
2.2. Формалізація геоданих у ГІС.....	60
2.2.1. Растрове подання геоданих.....	62
2.2.2. Векторне подання геоданих.....	65
2.2.3. Представлення у ГІС атрибутивної інформації.....	67
Розділ 3. Введення та представлення даних у ГІС.....	70
3.1. Джерела, стандарти та формати даних.....	70
3.2. Введення, виведення та представлення даних у ГІС.....	74
Розділ 4. Основні методи просторового ГІС-аналізу.....	82
4.1. Просторові взаємозв'язки між об'єктами у ГІС.....	82
4.2. Картометричні операції у ГІС.....	87
4.3. Просторово-часова статистика.....	92
4.4. Оверлейний аналіз у ГІС.....	93
4.5. Моделювання інфраструктури.....	94
Розділ 5. Дистанційне зондування як один із важливих методів екологічних досліджень.....	97
5.1. Типи космічних знімків та їхні якісні характеристики.....	99
5.2. Дешифрування природно-антропогенних об'єктів.....	103
5.3. Система глобального позиціонування GPS.....	109
Розділ 6. Проектування ГІС екологічного спрямування.....	113
6.1. Алгоритм проектування ГІС.....	113
6.2. Приклади проектування ГІС в екології та природоохоронній справі.....	119

## **Частина 2. Практичне застосування ГІС-технологій: засоби ArcGIS Desktop як інструмент моделювання природоохоронних проблем...127**

Практичне застосування ГІС-технологій: засоби ArcGIS Desktop як інструмент моделювання природоохоронних проблем.....	129
1.1. Огляд основних панелей інструментів.....	134
1.1.1. Стандартна панель ( <i>Standard</i> ).....	135
1.1.2. Панель інструментів ( <i>Tools</i> ).....	135
1.1.3. Панель рисування ( <i>Draw</i> ).....	135
1.2. Створення геоінформаційного проекту.....	137
1.2.1. Визначення системи координат.....	139
1.2.2. Додавання геопросторових даних в ArcMap.....	142
1.3. Координатна прив'язка і трансформація геопросторових даних....	145
1.3.1. Географічна прив'язка растрових даних.....	148
1.3.2. Трансформація векторних даних.....	156
1.3.3. Трансформація растрових та векторних даних засобами ArcToolbox.....	164
1.4. Створення та редагування векторних даних.....	165
1.4.1. Огляд основних інструментів редагування.....	175
1.4.2. Огляд додаткових інструментів редагування.....	190
1.4.3. Створення структури та редагування атрибутивної бази даних.....	200
1.4.4. Створення топології геопросторових об'єктів.....	216
1.5. Аналіз геопросторових даних в ArcGIS Desktop.....	225
1.5.1. Створення та аналіз цифрових моделей рельєфу.....	226
1.5.2. Створення та аналіз поверхонь щільності геопросторових об'єктів.....	234
1.6. Створення авторських картографічних моделей.....	238
1.6.1. Відображення геопросторових об'єктів та їх характеристик на картографічних моделях.....	238
1.6.2. Створення макетів карт.....	246
1.6.3. Публікації геопросторових даних в мережі Інтернет.....	253
Анотація англійською.....	259
Словник термінів і визначень.....	261
Список літератури.....	275

# CONTENTS

Introduction.....	9
<b>Part 1. Theory of geographic information systems (GIS).....</b>	<b>13</b>
Chapter 1. General principles of GIS framework and operation.....	15
1.1. Concepts and terms.....	17
1.2. The history of the GIS development.....	21
1.3. GIS structure and functions.....	27
1.4. GIS hardware.....	34
1.5. GIS software.....	36
1.6. GIS integration into other software.....	41
1.7. Classification of GIS.....	43
Chapter 2. Data specification in GIS.....	49
2.1. Models of spatial databases.....	49
2.1.1. The hierarchical model of geodata.....	50
2.1.2. The network model of geodata.....	51
2.1.3. The relation model of geodata.....	53
2.1.4. Object-oriented model of geodata.....	58
2.2. The formalization of geodata in GIS.....	60
2.2.1. Raster representation of geodata.....	62
2.2.2. Vector representation of geodata.....	65
2.2.3. Attribute data in GIS.....	67
Chapter 3. Introduction and presentation of data in GIS.....	70
3.1. Data sources, standards and formats.....	70
3.2. Data input and output.....	74
Chapter 4. The methods of GIS spatial analysis.....	82
4.1. The spatial relationships between objects.....	82
4.2. Cartographic operation.....	87
4.3. Spatial statistic.....	92
4.4. Overlay analysis.....	93
4.5. Infrastructure modelling.....	94
Chapter 5. Remote sensing as one of the important methods for environmental studies.....	97
5.1. Types of satellite images and quality characteristics.....	99
5.2. Decryption of the natural and anthropogenic objects.....	103
5.3. Global Positioning System (GPS).....	109

Chapter 6. Design of GIS Projects in ecology.....	113
6.1. Algorithm of design approach.....	113
6.2. Examples of the GIS Projects in ecology and nature conservation..	119

**Part 2. Applied GIS: ArcGIS Desktop as a tool for spatial modelling of ecological problems.....127**

Applied GIS: ArcGIS Desktop as a tool for spatial modelling of ecological problems.....	129
---	-----

1.1. Overview of main toolbars.....	134
1.1.1. Standard toolbar (Standard).....	135
1.1.2. Tools toolbar (Tools).....	135
1.1.3. The drawing panel (Draw).....	135
1.2. Developing of the GIS project.....	137
1.2.1. The coordinate system.....	139
1.2.2. Geospatial data in ArcMap.....	142
1.3. Data geocoding process and transformation.....	145
1.3.1. Geocoding of raster data.....	148
1.3.2. Geocoding and transformation of vector data.....	156
1.3.3. Transformation of the raster and vector data using Arctoolbox..	164
1.4. Vector data creation and editing.....	165
1.4.1. Overview of the editing tools.....	175
1.4.2. Review of additional editing tools.....	190
1.4.3. Creating the structure and editing the attribute database.....	200
1.4.4. Topology creation for the geospatial objects.....	216
1.5. The analysis of geospatial data in ArcGIS Desktop.....	225
1.5.1. Creation and analysis of digital elevation models.....	226
1.5.2. Creation and analysis of surfaces density of geospatial objects.	234
1.6. The cartographic models creation.....	238
1.6.1. Display of geospatial objects and their characteristics on cartographic models.....	238
1.6.2. Layouts creation.....	246
1.6.3. Publication of geospatial data on the Internet.....	253

Summary in English.....	259
-------------------------	-----

Glossary.....	261
---------------	-----

References.....	275
-----------------	-----

## Вступ

Географічні інформаційні системи (ГІС) усе ширше використовуються у нашому повсякденному житті, хоча часто ми цього не зауважуємо. Навіть звичайній людині, ніяк не пов'язаній із географією, екологією, природоохоронною справою чи інформаційними технологіями, іноді доводиться стикатися із використанням ГІС для візуалізації тієї чи іншої інформації. Приміром, можна назвати відображення Центрвиборчкомом ходу явки виборців і результатів голосування виборів в Україні, прогноз погоди, або ж ефектні заставки в художніх і документальних фільмах зі зміною масштабу відображення місцевості від окремого об'єкта до міста загалом, і навіть вигляду Землі з космосу.

Географічна інформаційна система – це система, що забезпечує збирання, зберігання, опрацювання, доступ, відображення і поширення просторово координованих даних. Інформацію у середовищі ГІС подаються у вигляді електронних карт, які складаються з графічної складової (межі територій або місцерозташування об'єктів) і пов'язаною з ними атрибутивною інформацією (текстовою, числовою та аудіовізуальною).

ГІС-технології останніми роками активно впроваджують в різні галузі господарства, у системи державного і корпоративного управління, в науку і освіту. Це зумовлено тим, що близько 80 % інформації сучасного суспільства має географічну складову (координатне прив'язування до конкретної території або до її моделі – карти). Обсяг такої інформації з кожним роком збільшується, а вимоги до її опрацювання для обґрунтування ухвалення управлінських рішень стають усе жорсткішими. Тому ефективний і оперативний аналіз такої інформації зараз вже неможливий без використання сучасних досягнень геоінформаційних технологій.

Широке використання геоінформаційних технологій для прийняття рішень у сфері управління та охорони природних

ресурсів передбачене Законом України “Про національну програму інформатизації” і Постановою Кабінету Міністрів України “Про заходи по створенню електронної інформаційної системи “Електронний уряд”. Проте це питання нині не досить врегульоване у єдиній інфраструктурі геопросторових даних, порядку використання і обміну інформацією, а головне – у фінансуванні необхідних заходів.

Водночас, у рамках чинного законодавства і наявних ресурсів можливе створення регіональних ГІС і банків геопросторових даних як необхідних інструментів для ефективного вирішення різних прикладних завдань. Для нормативно-методичного забезпечення цих питань можна розробляти свої регіональні порядки організації і ведення роботи.

Найбільш поширеним на сьогодні є застосування ГІС-технологій інвентаризаційного плану. Зокрема, для вирішення завдань ведення земельного кадастру. З огляду на це земельний кадастр – кращий приклад того, що збільшення інформації на тлі недосконалого реформування земельних стосунків, з одного боку, і посилення вимог до оперативності опрацювання інформації для прийняття управлінських рішень, з іншого боку, спонукають до активного впровадження геоінформаційних технологій. Тільки ГІС може забезпечити зручні способи введення, зберігання, пошуку і аналізу інформації, а також оформлення і друку, необхідних текстово-графічних звітних матеріалів.

Прикладом комплексного використання даних “інвентаризаційних” ГІС з інструментальними можливостями геопросторового аналізу може бути геоінформаційне забезпечення робіт із формування регіональної і місцевої екологічної мережі, де потрібний комплексний аналіз інформації, що стосується структури землекористування, видів угідь, рельєфу, розміщення природних і напівприродних територій, природно-заповідних об’єктів і територій, населених пунктів і багатьох інших чинників для формування меж структурних елементів екомережі. Використання геоінформаційних систем дає змогу виконувати одночасний аналіз багатовимірних даних з використанням цифрових карт, спрощує процедури екологічного прогнозу та оцінку комплексного впливу на природне середовище, робить можливим оперативне виявлення аномалій і прийняття необхідних заходів для їх усунення.

Останнім часом спостерігається помітне зростання кількості інформації про екологічний стан тієї чи іншої території, а відповідно і ролі аналітичних і моделюючих функцій ГІС. Однією з причин того, що у наш час аналітичні можливості ГІС не знаходять широкого застосування, є те, що багатьма дані технології ще сприймаються як екзотика. Ті ж, хто став досвідченим користувачем геоінформаційних систем, нині тільки завершують етап організації інформаційної основи ГІС, тобто побудови баз просторових даних.

Інша причина – трудомісткість і громіздкість аналітичного інструментарію перших ГІС. Сьогодні поява доступних і легких в освоєнні графічних інтерфейсів усуває цю перешкоду. Створення модулів Spatial-, 3D-, Network-, Geostatistical Analyst (ESRI) – яскраве тому підтвердження.

Третя причина – багато дослідників не використовують ГІС для аналізу, оскільки не знають, що можна робити за допомогою ГІС, крім відображення просторових даних, або, якщо знають, то не розуміють як це – застосувати.

Саме тому метою навчального посібника є викладення теоретичних основ використання географічних інформаційних систем для моделювання властивостей навколишнього природного середовища, вивчення природоохоронних об'єктів, а також практичних методів реалізації даних функцій засобами геоінформаційних систем.

Навчальний посібник рекомендовано для працівників природоохоронних об'єктів, студентів географічних, геологічних та біологічних факультетів за спеціальностями “Географія” та “Екологія і охорона навколишнього середовища”. Посібник може бути рекомендований для студентів сільськогосподарських вузів та природничих і екологічних коледжів, а також для спеціалістів, які працюють з просторовою інформацією, насамперед для географів, ґрунтознавців, землевпорядників, екологів тощо.







**ТЕОРІЯ ГЕОГРАФІЧНИХ  
ІНФОРМАЦІЙНИХ  
СИСТЕМ (ГІС)**



## **Розділ 1. Загальні принципи організації та функціонування ГІС**

Використання геоінформаційної технології в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі є відносно новим напрямом географічних досліджень. Підставою для використання ГІС є здатність електронної обчислювальної машини до швидкого та якісного перетворення великих масивів цифрових і текстових даних, з якими маємо справу у процесі вивчення стану навколишнього природного середовища. Отримані дані слугують носіями інформації. Перевагою їхнього використання є простота та низький ступінь перетворення. Натомість кінцева інформація, яка є предметом аналізу і прийняття рішень, вимагає швидкого опрацювання вихідних даних, для чого власне і слугують програми ГІС.

Наступною перевагою використання ГІС є те, що географічна інформація має властивість зменшення її вартості із часом або появою конкурентного збирання даних. Темпи зменшення вартості географічних даних залежать від інтенсивності трансформації природного середовища. Простота і швидкість опрацювання вхідних даних та їх актуалізації, яку забезпечують сучасні комп'ютери, привела до того, що вартість географічної інформації підтримується на сталому рівні.

Головною властивістю об'єктів, відображених у геоінформаційних системах, є наявність інформації про них та можливість проведення різних операцій з ними. Всі дані про об'єкти повинні бути систематизовані та структуровані, що вимагає створення банку чи бази даних.

Значні за обсягом масиви інформації і впорядковані дані мають вигляд структурованих систем або систем з реляційними зв'язками. У геоінформаційних системах найчастіше застосовують реляційні бази даних, найпростішим видом яких є таблиці у вигляді матриці. Існує багато програм створення баз даних (dBase, Oracle, Access і тд.), адаптованих до передавання атрибутів геопросторових об'єктів. На особливу увагу заслуговують об'єктно-орієнтовані бази даних, оскільки в них значення

відповідає просторовій одиниці. Відповідно, ці обставини дають змогу говорити про геоінформаційне моделювання, що опирається на бази даних і систему географічних знань. Одні інтегрують цифрові картографічні, аерокосмічні, статистичні та інші геодані, які відображають просторове розміщення, стан і відношення географічних об'єктів, а інші містять сукупності логічних правил, інформації, концепцій, що необхідні для моделювання та прийняття рішень [39].

Геоінформатика сьогодні постає у вигляді системи, що об'єднує науку, техніку і виробництво. Це типова ситуація на сучасному рівні розвитку науково-технічного прогресу, коли спостерігається активна інтеграція науки і виробництва. Геоінформатика, з однієї сторони, передбачає відображення і пізнання явищ природи і суспільства через карти як моделі дійсності, а з іншої – галузь техніки і технологій створення та використання картографічної продукції. Водночас це галузь виробництва, що випускає продукцію (карти, атласи чи глобуси). Те саме можна простежити у сфері дистанційного зондування, яка виступає науковою дисципліною, технологією і водночас галуззю виробництва, яка займається створенням знімальних комплексів. Саме ця триєдність “наука – техніка – виробництво” складає одну з причин інтеграції картографії, дистанційного зондування і геоінформатики як галузей, близьких за своєю структурою. На сучасному етапі ГІС розвиваються на локальному, регіональному, національному і глобальному рівнях [38].

У природоохоронній справі ГІС застосовують при проектуванні і створенні природоохоронних територій та забезпеченні ефективної діяльності (функціонування) створеного природоохоронного об'єкта. Для першого напрямку в Україні існує чітка система нормативно-правових вимог, які передбачають застосування геоінформаційних засобів для розроблення високоякісних картографічних матеріалів, що необхідні для здійснення проектування території, яка охороняється, визначення меж, обґрунтування вилучення земель тощо. ГІС-забезпечення функціонування природоохоронних територій розглядають та реалізують у вигляді: 1) Інтернет-сайта з картами та іншою довідковою інформацією про природоохоронну територію; 2) ГІС-проекту як сукупності взаємоприв'язаних геоінформаційних шарів даних, створених для природоохоронної території; 3) спеціалізованої ГІС як окремого програмного комплексу, призначеного

для виконання сукупності чітко визначених завдань згідно з функціями та специфікою діяльності природоохоронної одиниці [37].

Прикладом сучасного використання ГІС-проекту для геоінформаційного забезпечення вирішення природоохоронних завдань може бути тематична ГІС база даних, розроблена для окремих природоохоронних установ Українських Карпат в рамках міжнародного екологічного проекту WWF “Збереження та стале використання природних ресурсів в Українських Карпатах” (2007 – 2012 рр).

### 1.1. Головні поняття і терміни

Поняттєво-термінологічний апарат ГІС умовно поділимо на дві частини: загальнонаукову та вузькоспеціалізовану геоінформаційну. Відповідно, в них можна виділити групи, які функціонально відповідають за окремі сегменти створення, аналізу та прогнозу геопросторової інформації.

Розпочнемо з розгляду загальнонаукових понять і термінів, які використовують у ГІС. Поняття *інформація* – це дані про об’єкти, процеси та явища, які відбуваються у навколишньому природному середовищі, про події, ситуації, діяльність, що їх сприймає й аналізує дослідник та керуючі машини й інші електронні системи, які дають змогу оцінювати події, моделювати ситуації, відображати отримані результати і приймати управлінські рішення. Відповідно, *екологічна інформація* включає сукупність знань, які відображають поширення, інтенсивність розвитку екологічних процесів чи стани досліджуваних об’єктів, їхні зміни. Джерелами цієї інформації можуть бути: 1) польові дослідження; 2) результати лабораторних досліджень та камеральних робіт; 3) опрацьована статистична інформація, яку збирають відповідні служби та установи; 4) літературні джерела, фондові, архівні дані; 5) дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Структурними компонентами екологічної інформації є її вихідні, проміжні й результативні дані. Розрізняють первинну і вторинну інформацію. Первинна інформація виникає у процесі проведення науково-дослідних робіт, пов’язаних з польовими дослідженнями та опрацюванням даних дистанційного зондування (аерокосмічних, геофізичних та ін.). Вторинна інформація, яка є результатом опрацювання первинної, поділяється на проміжну й результуючу. Остання слугує для прийняття остаточних управлінських рішень. Залежно від форми подання, екологічна інформація

може бути текстовою, табличною, графічною, цифровою, мультимедійною і змішаною [24].

Усе вищеперелічене можна вважати географічно (або просторово) координованими даними. Під цим терміном розуміють дані про просторові об'єкти, які містять інформацію, по-перше, щодо їхнього місцезнаходження і, по-друге, щодо властивостей цих об'єктів, поданих через їхні просторові та непросторові кількісні та якісні атрибути. Тому, зазвичай, просторові дані поділяють на дві взаємопов'язані частини: позиційні та непозиційні. Іншими словами, такі дані складаються з опису просторового положення об'єкта і тематичного його змісту. Зрозуміло, що необхідність врахування динамічності та мінливості даних екологічного характеру вимагає зважання і на часовий аспект, тому поняття просторових даних у ГІС, здебільшого, розширене до поняття просторово-часових даних. До позиційної частини просторових даних можна віднести: географічні широту та довготу; прямокутні координати; поштові адреси; поштові індекси та інші коди, які ідентифікують попередньо розмежовані ділянки території; інформацію про місцезнаходження об'єкта, зафіксовану на карті, беручи до уваги топологічну інформацію.

Важливими для розуміння терміна геоінформаційні системи є розділення його на складові частини і визначення галузі, в якій він функціонуватиме. Стосовно ГІС, то нею називають *інформаційну систему*, водночас виступає *інформаційною технологією*. Перша є системою збереження, опрацювання, перетворення, передавання й оновлення інформації з використанням комп'ютерної та іншої техніки. Відповідно, інформаційна технологія включає сукупність технологічних елементів (технічних засобів і методів), що застосовуються для опрацювання, збереження і передавання інформації. Якщо мова йде про географічну і споріднену з нею інформацію, то таку систему називають *геоінформаційною*.

Незважаючи на відносно короткий час розвитку геоінформаційного напряму географічних досліджень, ГІС вже встигли отримати потужну поняттєву базу. Наведемо окремі тлумачення суті ГІС [68]:

– реалізоване за допомогою автоматичних засобів (ЕОМ) сховище системи знань про територіальний аспект взаємодії природи і суспільства, а також програмного забезпечення, що моделює функції пошуку, введення, моделювання і т. д.;

– інтерактивні системи, що реалізують процес збирання, систематизації, зберігання, оброблення, опрацювання, відображення та поширення геоданих і виступають як засіб отримання на їхній основі нової інформації та знань про просторово-часові явища;

– програмно-апаратний людино-машинний комплекс, що забезпечує збирання, опрацювання, відображення і поширення просторово-координованих даних, інтеграцію даних і знань про територію з метою їх ефективного використання при вирішенні наукових і прикладних географічних завдань, пов'язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням та управлінням довкілля і територіальною організацією суспільства;

– науково-технічні комплекси автоматизованого збирання, систематизації, перероблення та представлення геоінформації, що розрахована на приріст знань про досліджувані просторові системи.

Зазначимо, що у випадку з дослідженнями екологічних аспектів використання природних ресурсів термін “ГІС” загалом є тим, що складно визначається. Він є наслідком об'єднання багатьох предметних областей, через що і немає загальновизнаного визначення. Тому, низку вчених наводять характерний приклад синонімічних до “ГІС” понять див. (табл. 1).

Отже, геоінформаційні системи формують нову технологію, в межах якої досліджують майже усі аспекти взаємовпливу людини і довкілля. З огляду на це термін *геоінформаційні технології* – це новітні засоби вивчення та відображення результатів досліджень навколишнього природного середовища [39]. Їх інтенсивно використовують у світі науки і практики. Шляхом створення ГІС забезпечується автоматизоване оперативне збирання, зберігання, опрацювання та аналіз великих масивів просторово-часової інформації про об'єкти різних територіальних рівнів, а також моделювання та прогнозування досліджуваних регіонів, явищ і процесів. Оскільки головною особливістю геоінформаційних програмних продуктів (порівняно з іншими системами опрацювання даних) є можливість аналізу просторових кількісних та якісних показників досліджуваних об'єктів, процесів та явищ навколишнього природного середовища, то виникає необхідність застосовувати не лише графічне опрацювання, але й створювати блоки інформації про стан довкілля, які дають змогу функціонувати цілісним геоінформаційним системам.



Таблиця 1

## Приклади синонімічних до “ГІС” понять та їхні джерела

Термін	Джерело
Географічна інформаційна система ( <i>Geographic Information System</i> )	Американська термінологія
Географічна інформаційна система ( <i>Geographical Information System</i> )	Європейська термінологія
Геоінформатика ( <i>Geoinformatics</i> )	Канадська термінологія
Геореляційна інформаційна система ( <i>Georelational Information System</i> )	Технічна термінологія
Інформаційна система з природних ресурсів ( <i>Natural Resources Information System</i> )	Дисциплінарна термінологія
Інформаційна система з геології чи наук про Землю ( <i>Geoscience or Geological Information System</i> )	Дисциплінарна термінологія
Просторова інформаційна система ( <i>Spatial Information System</i> )	Негеографічний термін
Система аналізу просторових даних ( <i>Spatial Data Analysis System</i> )	Термінологія на основі функцій системи

Таким інформативним блоком є **база даних**, поняття якої включає сукупність інформаційних матеріалів, числових даних, значень, що згруповані за певними ознаками та використовуються в аналізі і прогнозуванні ситуацій, явищ чи процесів. Ієрархічно вищим поняттям є **банк даних**, який являє собою нагромаджену, систематизовану, сконцентровану інформацію, що пристосована і доступна для індивідуального чи колективного користування. Тепер у сфері геоінформаційних технологій все більше використовують поняття просторових баз, або баз геоданих як різновиду баз та банків даних, що включають у себе систематизовану, координатно визначену інформацію про об'єкти, процеси та явища навколишнього середовища. Важливим поняттям у сфері інформаційного наповнення ГІС є **база знань**, яку визначають як сукупність формалізованих знань у вигляді фактів і правил, що відображають евристичні знання про методи розв'язання завдань у певній галузі. Їх використовують у процесі створення **експертних систем**. Останні є інтелектуальними комп'ютерними моделями та програмами, що здатні робити логічні висновки на основі знань у конкретній проблемній галузі і забезпечувати вирішення специфічних завдань (консультування, навчання, діагностика, тестування, проектування тощо) без присутності експерта.

Ключовим терміном є поняття *моделі*, визначення якого є в усіх галузях наукового пізнання. Вважаємо за необхідне виділити головні риси цього поняття з позиції проведення географічних досліджень з використанням геоінформаційних систем. У більшості визначень є поняття моделі як спрощеного відображення того чи іншого об'єкта, предмета чи явища. Зважаючи на специфіку застосування інформаційних систем, модель треба розуміти, з однієї сторони, як логічну схему та побудову, яка дає змогу проводити експерименти та уточнювати механізм розвитку явища чи процесу, а з іншої – як відображення просторових даних для формалізованого цифрового опису об'єктів реальності.

З вищенаведеного визначення випливає розуміння поняття *моделювання* як методу дослідження складних об'єктів, явищ і процесів шляхом їх спрощеного імітування, яке може бути предметним, фізичним, математичним, логічним, знаковим та іншим.

З огляду на специфіку еколого-географічного дослідження, наведемо визначення однієї з головних функцій ГІС – *геомоделювання*. Під геомоделюванням розуміють властивість ГІС та її програмних засобів будувати і використовувати моделі просторових об'єктів і динаміки процесів чи забезпечувати інтерфейс з моделями поза середовищем ГІС [51].

## **1.2. Історія виникнення та розвитку географічних інформаційних систем і технологій**

Аналіз матеріалів з історії становлення географічних інформаційних систем та їх прикладного використання свідчить про велику інтенсивність поширення комп'ютерних технологій за короткий період часу. При цьому варто розрізняти історію геоінформаційного підходу до вирішення теоретичних і прикладних завдань та історію розвитку ГІС як інструментальних засобів. Існує точка зору щодо становлення цієї технології у рамках історії окремих державних і недержавних організацій і компаній, що досягли певного успіху у сфері геоінформаційних досліджень. Однак такий підхід спотворено висвітлює проблематику впровадження ГІС-технологій.

Процес інформатизації географічних досліджень тісно пов'язаний із розвитком комп'ютерної техніки, інформаційних технологій і систем. Тому багатьох дослідників у середині ХХ століття

зацікавила можливість технічного опрацювання просторово-часових даних та їх оперативного аналізу. Історію розвитку ГІС можна поділити на кілька етапів, про часові інтервали яких досі сперечаються, оскільки розвиток ГІС як технології відбувався одночасно з новими вимогами і зацікавленням дослідників [38; 41].

Праобразом сучасних ГІС можна вважати метод інтеграції ресурсних карт, який полягав у накладанні прозорих копій карт та аналізу співпадаючих меж на окремих шарах. Він заклав основи оверлейного аналізу. Розробником цієї методики вважається американський ландшафтний архітектор Ян Мак-Харг. Використовуючи запропоновану методику у середині 50-х років ХХ ст., англійські ботаніки підготували атлас рослинності Великобританії із використанням перфокарти та модифікований табулятор для створення понад 2000 карт, чим у 30 разів пришвидшили розроблення атласу порівняно з традиційним ручним методом.

Історію виникнення та розвитку ГІС можна поділити на такі періоди:

**Перший**, так званий “піонерний” період (кінець 50-х рр.– початок 70-х рр. ХХ ст.) характеризується головно вивченням принципів можливостей суміжних областей знань і технологій, отриманням емпіричного досвіду, створенням перших великих проєктів і публікацією теоретичних робіт. Поштовхом став помітний розвиток електронно-обчислювальних машин і периферійних пристроїв до них: дигитайзерів, плоттерів, графічних дисплеїв та багато іншого. Важливим кроком у розвитку ГІС стало створення програмних алгоритмів і процедур графічного відображення інформації на дисплеї, створення формальних методів просторового аналізу інформації, програмних засобів управління базами даних, оскільки перші ГІС-подібні системи розвивались на базі інформаційно-пошукових систем, лише пізніше набули сучасного їх розуміння, яке ґрунтується на картографічних банках даних.

У 1963 році Ховард Т. Фішер використав комп’ютер для виготовлення простих карт з допомогою друку статистичних ознак у регулярній сітці планувального листка. В результаті було створено програму SYMAP (система багатоцільового картографування) для моделювання карт на основі статистичної інформації та їх чорно-білого друкування за допомогою графічного принтера. На основі робіт Х. Фішера розроблено відомі програми GRID і IMGRID, які дали змогу виконати ручну роботу

Мак-Харга за допомогою комп'ютера та низку інших програмних продуктів, таких як CALFORM (програма виводу картографічного зображення на плотер), SYMVU (перегляд перспективних (тривимірних) зображень), ODYSSEY (попередник широковідомого ARC/INFO). Власне ці програмні продукти заклали основу для сучасних ГІС програм.

Першим ГІС-проектом став електронний атлас Канади (CGIS), який з'явився на початку 60-х років минулого століття. Призначенням проекту став аналіз чисельної географічної інформації, отримання статистичних даних про земельні ресурси, які використовували у процесі розроблення планів землевпорядкування. Під час реалізації ГІС-проєкту вперше використали методи геоінформаційного моделювання, а саме: сканування для автоматизації процесу введення геоданих, розділення картографічної інформації на тематичні шари та розроблення концептуального рішення стосовно створення таблиць атрибутивних даних. Уперше реалізовано функції та алгоритми оверлейних операцій з полігонами, підрахунок довжин, площ та інших картометричних характеристик об'єктів.

Запропоновані технології опрацювання геопросторової інформації довели на практиці ефективність, що не могло не викликати інтерес до ГІС з боку державних служб США. Так розпочався *другий період* (70-х рр. – 80-х рр. XX ст.), якому притаманна поява великих геоінформаційних проєктів державних установ у галузі ГІС, зменшення впливу окремих дослідників й невеликих груп. Варто згадати про електронний перепис населення США чи інвентаризаційні роботи в окремих штатах США.

У цей історичний період створено формат географічних даних GBF-DIME (Geographic Base File, Dual Independent Map Encoding). У ньому реалізовано схему визначення просторових зв'язків між об'єктами (топологію), з допомогою якої описують поєднання лінійних і площинних об'єктів на карті між собою.

*Третій* період – комерційного розвитку ГІС-технології – фактично триває й сьогодні. Для цього періоду притаманне розширення ринку різноманітних програмних засобів, розвиток настільних ГІС, розширення сфер їх застосування унаслідок інтеграції з базами даних, поява мережевих технологій і програмних продуктів, значна кількість непрофесійних користувачів та систем, що підтримують індивідуальні набори даних на персональних комп'ютерах. Власне протягом цього

періоду з'явилися найпопулярніші на сьогодні програмні пакети: ARC/INFO, Mapinfo, Idrisi та багато інших.

Незважаючи на вагомість вкладу розробників США і Канади, не треба недооцінювати якості робіт, які вели в інших країнах. На жаль, про них відомо набагато менше. Це пояснюється вузькою спеціалізацією розроблень, що пов'язана з просторово-часовим розподілом об'єктів, процесів та явищ у країнах Європи і колишнього Радянського Союзу. Значну роль у необізнаності з ГІС – продуктами цих країн відіграла секретність розроблень. На жаль, це призвело до заповнення нереалізованого ринку американськими розробками з огляду на їх доступність та мультифункціональність, постійне удосконалення і технічну підтримку пропонувананих продуктів. Активізації розроблень у цій сфері сприяла поява відкритих кодів програм та безкоштовних або умовно безкоштовних програмних продуктів і геопросторових даних, які використовують або підтримують формати даних комерційних ГІС [41].

Розвиток і становлення ГІС-технологій в Україні розпочався з кінця 80-х – початку 90-х років ХХ століття. Таке технологічне відставання зумовлено відсутністю сучасних технічних засобів, а також недостатньою увагою до тих можливостей, що надають ГІС-технології.

За цей час ставлення до ГІС-технології докорінно змінилося. Їх перестали вважати атрибутом неординарного використання у дослідженнях, а інструментом, за допомогою якого проводять спостереження за станом навколишнього природного середовища. Все більше з'являється праць прикладного географічного напрямку. Збільшилися масштаби досліджень: від регіонального і національного до локального рівнів. Зміни також відбулися і в державній політиці щодо розроблення геоінформаційних систем, результатом яких стало створення недержавних організацій, асоціацій, підприємств, що займаються розробками власних ГІС-продуктів та практичним впровадженням їх у дослідницький процес. З цього можна зробити висновок, що історія застосування ГІС-технологій в Україні пов'язана зі зміною відношення до цього питання державних структур.

Розвиток ГІС-технологій в Україні пройшов такі самі етапи, як і в цілому світі, однак з певним запізненням.

**Етап становлення** (80 – 90-ті рр. ХХ ст.). Розвиток комп'ютерних технологій відбувався в трьох аспектах: 1) складність полягала у

відсутності технічних засобів або у невідповідності характеристик тогочасним вимогам ГІС; 2) відсутність власних розроблень програмного забезпечення (усі роботи опиралися на вже існуючі закордонні системи введення, опрацювання та аналізу інформації); 3) власні розроблення програмного забезпечення створювалися виключно на вимоги окремих організацій, що здійснювали спостереження за складовими навколишнього середовища. Прикладом слугують лісовпорядкувальні і лісотаксаційні матеріали, статистичні дані щодо соціально-економічних показників України та їх просторовий розподіл. Одночасно з'явилося розроблення Державного комітету України по земельних ресурсах – система обліку земель “Земля”, призначенням якої є збирання, впорядкування та аналіз інформації про земельні ресурси. На етапі становлення ГІС в Україні гостро стояло питання вибору стандартів і форматів даних, сумісності інформації про об'єкти, явища і процесів навколишнього середовища. Унаслідок цього ринок починав наповнюватися програмним забезпеченням, що не давало можливості використовувати дані з інших альтернативних джерел збирання інформації.

Важливим є аспект збирання інформації, наслідком якого стало створення цифрових топографічних основ. Зокрема, у системі Головного управління геодезії, картографії і кадастру (ГУГКК) та Військово-топографічної служби почалися роботи з векторизації топографічних карт масштабів 1 : 500 000 та 1 : 200 000, ГІС-карт регіонів та міст України, що зараз активно використовують для загальнонаціональних, регіональних та локальних досліджень. Проте якість цих матеріалів потребує певних доопрацювань. Інша ситуація склалася з тематичним картографуванням. Найвідомішими є розроблення тектонічної, геологічної, гідрогеологічної і геоморфологічної карт масштабів 1 : 500 000 і 1 : 200 000 та інших матеріалів, пов'язаних з пошуком корисних копалин.

Наступним є *етап комерційного розвитку* ГІС (кінець 90-х років ХХ ст.). Його вирізняє створення численних організацій і підприємств, які виконують геоінформаційні роботи різного тематичного плану. Серед них слід відзначимо:

– *Український центр менеджменту землі та ресурсів* – недержавна науково-технічна організація, створена Інститутом проблем національної безпеки і Altarum Institute (США) у січні 1999 року. Головними

завданнями УЦМЗР є підтримування інтеграції сучасних інформаційних технологій, дистанційного зондування та геоінформаційних систем для цивільних потреб з метою забезпечення науковообґрунтованого аналізу, якісних рекомендацій та інноваційних для України рішень, організація співробітництва з громадськими і приватними організаціями з метою виробництва інформаційних продуктів для споживачів, розширення спектра використання та обміну геопросторових даних. Серед розроблення УЦМЗР треба передусім відзначити роботи, пов'язані з моделюванням наслідків надзвичайних ситуацій, екологічним менеджментом природних ресурсів, моніторингом потенційно-небезпечних об'єктів тощо.

– *Інститут передових технологій* заснований у 1996 році та займається розробленням муніципальних та регіональних відомчих геоінформаційних систем, розробленням електронних інформаційно-картографічних систем і атласів.

– *Компанія Інтелектуальні Системи ГЕО* заснована у 1996 році спеціалістами Інституту Кібернетики ім. В. М. Глушкова. Компанія є розробником власних програмних продуктів, незважаючи на співпрацю з іноземними компаніями, зокрема MapInfo Corp. Серед основних напрямів діяльності треба виділити створення програмного забезпечення, інформаційних та інформаційно-пошукових систем, просторових баз даних, корпоративних Інтернет/Інтранет систем з використанням геоінформаційних технологій, опрацювання та аналіз аерофотознімків, супутникових зображень, даних радіолокації і GPS-пристроїв. Найвідомішим проектом цієї компанії є спільне розроблення з Інститутом географії НАНУ – Національний атлас України.

– *Компанія ЕСОММ* заснована у 1991 році та є офіційним дистриб'ютором американських корпорацій ESRI та Leica Geosystems. Серед розроблень відзначимо створення ГІС об'єкта “Укриття” Чорнобильської АЕС, спільну з ДНВП “Картографія” ГІС-карта Києва та інші розроблення.

В іншому напрямі спрямовані роботи центру “ГІС Аналітик”, засновниками якого стали Чорнобильський науково-технічний центр міжнародних досліджень та “Інфоцентр Чорнобиль”. Велику увагу у роботі центру присвячено працям оцінювання екологічної ситуації у Чорнобильській зоні, системі прогнозування та аналізу наслідків паводкових ситуацій в зоні відчуження.

Окрім вищеперерахованих організацій, що займаються розробленням у сфері ГІС, у цей період утворилися чисельні інші установи на основі органів управління, науково-дослідних установ, вищих навчальних закладів, громадських організацій та ін. Серед структур, підпорядкованих органам управління відзначаємо центри, відділи, сектори, що займаються проблемами та розробленнями у сфері муніципальних і регіональних ГІС. Сьогодні відомі ГІС-карти обласних центрів, інших населених пунктів чи адміністративних районів. На основі науково-дослідних та науково-виробничих установ утворено окремі організації, що займаються розповсюдженням програмних продуктів, географічно координованих даних та розробленням геоінформаційних систем різних територіальних рівнів і тематичного призначення. Вагомий внесок у розвиток ГІС вклали вищі навчальні заклади, які впроваджують відповідні спеціальності і навчальні курси, що спрямовані на підготовку спеціалістів у сфері розроблення, впровадження та аналізу геоінформаційних моделей. На базі навчальних закладів виникла низка лабораторій геоінформаційного спрямування, що стали основою для початку і розвитку наступного етапу умовно названого *користувацьким*. Основною характеристикою цього етапу є впровадження геоінформаційних технологій у науково-дослідницький та навчальний процес окремими вченими [15; 23; 41].

### 1.3. Структура та функції ГІС

Будь-яка географічна інформаційна система поєднує в собі п'ять основних складових – 1. кваліфікований персонал, 2. просторова і дискретна інформація (дані), 3. аналітичні методи, 4. апаратне та програмне обладнання (див. рис. 1.1) [38; 42].

**Кваліфікований персонал.** Коли ви розробляєте модель даних, створюєте програмні аплікації чи пишете документацію для користувачів, важливим є чітке розуміння головного напрямку вашої роботи.

Виділяють декілька рольових учасей людини при створенні ГІС:

Map user (користування картою) – рівень досвідченого користувача ГІС. Використання карт в ГІС на цьому рівні має загальний або спеціальний характер. Будь-яка людина може належати до цього рівня.





**Рис. 1.1. Складові географічних інформаційних систем.**

Map builder (створювання карт) – на цьому рівні людина використовує тематичні шари карти з різних джерел, різних картографічних підоснов, додає певні дані і, як наслідок, створює новий картографічний матеріал.

Map publisher (видання карт) – друк картографічних матеріалів. На цьому рівні відбувається високоякісний поліграфічний друк картографічних матеріалів.

Analyst (аналітичне опрацювання) – дає змогу вирішувати складні географічні проблеми, наприклад, поширення хімічного забруднення у просторі, пошук найкращих шляхів та напрямів руху, місцеположення тощо.

Data builder (формування даних) – створення та підтримка географічних даних з використанням декількох методів, зокрема: редагування, конвертування та доступ до даних.

Database administrator (адміністрування бази даних) – управління ГІС базами даних, забезпечення безперебійного та ефективного функціонування ГІС.

Database designer (конструювання бази даних) – створення логічних моделей даних та впровадження фізичної структури баз даних.

Developer (розробник) – розроблення програмних ГІС-аплікацій та програмного середовища для спеціальних потреб виробництва, сільського господарства тощо.

Особливістю ГІС вважають наявність у їхньому складі специфічних **методів аналізу просторових даних**, які в сукупності з засобами введення,

зберігання, маніпулювання та представлення просторово-координованої інформації становлять основу технологій географічних інформаційних систем, або ГІС-технологій. Саме через наявність сукупності специфічних методів аналізу, які здатні генерувати нові знання з використанням як просторових, так і непросторових атрибутів, і визначається головна відмінність ГІС-технологій від технологій, наприклад автоматизованого картографування або систем автоматизованого проектування.

**Просторова інформація (дані)** є досить різноманітна – це можуть бути аерофотознімки, супутні знімки, група наземних контурів, наприклад ґрунтових, цифрові карти ґрунтового покриву певної території, ізоґіпси, спеціальні записи з реєстру прав власності на землю тощо [61; 62].

Відомо, що географічні дані присутні практично у всіх сферах життя людини. Наприклад, великі торговельні компанії зберігають дані про своїх клієнтів у базах даних, яку можна назвати географічною чи просторовою базою даних, оскільки використовуючи ГІС можна здійснити пошук місцеположення за поштовою адресою.

Просторові дані забезпечують формування “цифрових” або “електронних” карт. Вони можуть бути представлені в растровій або векторній формі. Растрова форма задається масивом чисел, які описують параметри кожної точки. Векторний спосіб використовує математичну формулу, по якій кожного разу вираховують усі точки контуру. При цьому контур розглядається як незалежний об’єкт, який можна переміщати, масштабувати і взагалі міняти до безкрайності. Векторна форма є економною з точки зору необхідних об’ємів пам’яті, оскільки зберігає не саме зображення, а деякі основні дані, за якими відповідна програма кожен раз його відновлює. Об’єкти векторної форми легко трансформуються, ними нескладно маніпулювати практично без впливу на якість зображення. Вони максимально використовують можливості роздільної здатності будь-яких пристроїв виведення інформації.

Растрова форма являє собою сукупність окремих пікселів, які характеризуються номером у таблиці (матриці) і значенням яскравості.

Структуру ГІС складає набір інформаційних шарів. Шар – це сукупність однотипних просторових об’єктів, що відносяться до однієї теми чи класу об’єктів у межах певної території та в системі координат, яка спільна для всіх шарів.

При створенні ГІС велике значення надається вибору базових шарів, які в подальшому будуть використовуватися для суміщення та узгодження усіх даних.

До базової відноситься інформація, яка зазвичай відображається на стандартних топографічних картах відповідного масштабу. Здебільшого, це такі дані:

- математичні елементи, включаючи ті з них, що відносяться до планової і висотної основи;
- рельєф суші;
- гідрографія і гідрографічні споруди;
- населені пункти;
- промислові, сільськогосподарські і соціально-культурні об'єкти;
- дорожня мережа і дорожні споруди;
- рослинність і ґрунти;
- адміністративний устрій, окремі природні явища та об'єкти.

Разом ці теми задають топографічну основу будь-якої електронної карти.

Особливості конкретних ГІС значною мірою зумовлені інформаційною їх базою, компонентами якої для більшості з них є картографічні дані, матеріали ДЗЗ, статистичні дані та результати наземних спостережень чи вимірювань. Частка окремих компонент та їх співвідношення залежить від типу ГІС, який визначається територіальним охопленням, функціональним призначенням, галузевою орієнтацією.

**Опрацювання та аналіз.** Спеціалісти, які працюють з ГІС, оперують певними функціями, методами та рішеннями. Такий колективний людський досвід є обов'язковим компонентом ГІС.

Наведемо деякі приклади аналітичних функцій ГІС:

- існування окремих наук у просторовому контексті, наприклад, гідрологія, метеорологія, географія ґрунтів, епідеміологія тощо;
- процедура перевірки якості даних на точність, інформативність та коректність;
- алгоритми для вирішення просторових запитів при аналізі лінійних сіток або полігональної топології;

– використання знань із застосування основних картографічних принципів для оптимального представлення ГІС – карт.

**Апаратний комплекс.** Ефективна робота сучасних ГІС-пакетів і створюваних на їхній базі прикладних аплікацій можлива лише при наявності потужної технічної підтримки. Технічні засоби ГІС повинні забезпечувати зберігання великих масивів даних, якісно виводити картографічну та іншу інформацію на монітор чи папір, вводити дані з різноманітних джерел, засобів, швидко виконувати пошук, сортування та опрацювання інформації. Для проведення цих операцій у програмних оболонках ГІС передбачена можливість підключення та налаштування різноманітних апаратних платформ та периферійних засобів.

Апаратний комплекс включає в себе електронно-обчислювальну машину (комп'ютер) з достатньо великими (обумовлених для кожного окремого випадку) об'ємами оперативної та постійної пам'яті, швидкодією, набір периферійного обладнання, який забезпечує введення та виведення інформації – сканери, принтери, плотери, популярні колись діджитайзери.

Досягнення у ГІС є настільки відчутними, що фактично для будь-якого комп'ютера існує можливість підібрати відповідне програмне ГІС – середовище. Розвиток Internet технологій, тобто з'єднання комп'ютерів у глобальну мережу, дає можливість швидкого обміну даними та доступу до них.

Іншим позитивним досягнення є зростання ролі GPS (Global Position Station) у визначенні в реальному часі місця розташування людей та об'єктів.

**Програмний комплекс.** Забезпечує реалізацію основних функцій ГІС. Виділяють шість базових модулів:

- 1) внесення та верифікація даних;
- 2) зберігання та маніпулювання даними;
- 3) перетворення системи координат і трансформація картографічних проєкцій;
- 4) аналіз та моделювання;
- 5) вивід та представлення даних;
- 6) взаємодія з користувачами.

Всі етапи – від отримання, зберігання, опрацювання та аналізу геопросторової інформації до моделювання і прийняття рішення

разом із програмно-технічними засобами об'єднуються назвою – ГІС-технології.

Функціонування ГІС повинне бути побудоване на таких принципах [24; 34]:

1. **Відповідність структури** ГІС та її тактико-технічних характеристик пропонованим вимогам користувачів. Відповідно до цього принципу ГІС повинні виконувати основні вимоги, які ставлять не тільки до складу інформаційної системи, функціональних можливостей, оперативності, виробничої потужності, але також і до картографічних моделей, насамперед електронним і цифровим картам. Цей принцип реалізується під час розроблення варіантів структури ГІС та її тактико-технічних характеристик.

2. **Застосування системного підходу** при створенні та використанні ГІС. Цей принцип полягає у розгляді об'єкта дослідження як цілісної системи, що складається з низку підсистем і має функціональні залежності та зв'язки усередині системи та між її підсистемами. Системний підхід забезпечує єдність створення технічного, математичного, інформаційного та лінгвістичного забезпечення, їхню сумісність, визначає методи дослідження та проектування ГІС, її структуру.

3. **Комплексність системи.** Цей принцип полягає у можливостях спільного аналізу більших груп параметрів у їхньому взаємному зв'язку, що важливо для вивчення складних природних, територіальних, економічних, екологічних і соціальних явищ і процесів.

4. **Ефективність системи.** Цей принцип полягає у підвищенні ефективності функціонування ГІС та ефективності вирішення на її основі завдань. Ефективність ГІС визначається співвідношенням витрат на створення та експлуатацію системи та одержуваних результатів. Ефективність роботи користувачів ГІС підвищують шляхом своєчасного доведення до них необхідної та достатньої інформації про місцевість і процеси, що відбуваються на ній, за допомогою створених як єдине ціле електронних і цифрових карт.

5. **Повнота інформаційного забезпечення** управлінням розвитку території в процесі експлуатації системи. Структура баз даних ГІС повинна відповідати структурі адміністративно-територіальної системи.

б. **Відкритість системи**, що забезпечує можливість модифікацій і переналагодження системи розроблювачами та користувачами з метою її підтримки на сучасному рівні. Трансформації необхідні як для забезпечення еволюційності системи, так і для вирішення різних завдань.

ГІС використовують для вирішення різноманітних завдань, основні з яких можна згрупувати в такий спосіб:

- пошук і раціональне використання природних ресурсів;
- територіальне та галузеве планування і розміщення промисловості, транспорту, сільського господарства, енергетики, фінансів;
- забезпечення комплексних і галузевих кадастрів;
- моніторинг екологічних ситуацій і небезпечних природних явищ, оцінка техногенних впливів на середовище і їхні наслідки, гарантування екологічної безпеки країни та регіонів, екологічна експертиза;
- контроль умов життя населення, охорона здоров'я, соціальне обслуговування, забезпечення роботою та ін.;
- забезпечення діяльності органів законодавчої та виконавчої влади, політичних партій і рухів, засобів масової інформації;
- забезпечення діяльності правоохоронних органів і силових структур;
- наукові дослідження та освіта;
- картографування (комплексне і галузеве): створення тематичних карт і атласів, відновлення карт, оперативне картографування.

Значення ГІС полягає у такому:

- поєднує в єдину систему просторову інформацію та інформацію інших типів, створює погоджену структуру для аналізу географічних і просторових даних;
- відкриває нові шляхи опрацювання та використання географічних знань і їхнього відображення завдяки переводу карт і інших джерел просторової інформації у цифрову форму;
- забезпечує взаємозв'язок між різними видами діяльності, ґрунтуючись на даних про географічну близькість.

У ГІС інформація здебільшого представлена у вигляді карт і символів. Картографічна основа дає нам знання про те, де заходиться об'єкт, що це за об'єкт, зв'язки з іншими об'єктами, певну інформацію про прилеглі об'єкти тощо. Завдяки ГІС ми отримуємо інформацію

про об'єкти через інтерактивне спілкування з картою, використовуючи персональний комп'ютер. Така інтерактивна інформація зазвичай відсутня на друкованих картах.

Головні функції, які реалізуються у ГІС:

- несення та оновлення даних;
- зберігання та маніпулювання даними;
- аналіз даних;
- виведення та представлення даних і результатів.

Одна з головних функцій ГІС – це створення і використання комп'ютерних (електронних карт, атласів та інших картографічних продуктів). Важливо, що в рамках ГІС досліджується не тільки географічна інформація, а й всі процеси та явища на земній поверхні, економіці та суспільстві.

До обов'язкових ознак ГІС належать:

- просторова (координатна) прив'язка даних;
- відображення просторово-часових зв'язків об'єктів;
- можливість оперативного оновлення баз даних;
- створення нової інформації шляхом аналізу та синтезу наявних даних;
- забезпечення можливості прийняття рішення.

Створення і розвиток засобів ГІС-технологій є одним із найважливіших напрямів застосування сучасних досягнень обчислювальної та космічної техніки у різних сферах життєдіяльності людини (господарстві, обороні, охороні довкілля, науці, управлінні тощо). У світі успішно експлуатуються сотні тисяч геоінформаційних систем.

Значна різноманітність прикладних застосувань геопросторової інформації, постійне вдосконалення технічних засобів, розвиток нових технологій, міжнародне співробітництво із створення глобальних систем спостереження Землі – усе це дає підстави стверджувати, що ГІС-технології в найближчий час будуть широко використовувати у різних видах діяльності.

### **1.4. Апаратне забезпечення ГІС**

Геоінформаційні системи ґрунтуються на певному наборі технічного обладнання, основними функціями якого є забезпечення роботи програмних ГІС-продуктів і допоміжних програм, збереження масивів

цифрових даних, забезпечення збирання і введення даних, представлення готової інформації. Комплекс електронних і електронно-механічних пристроїв, призначений для технічної підтримки працездатності ГІС, називається **апаратним забезпеченням ГІС**. Апаратне забезпечення (синоніми – апаратні засоби, апаратура, технічні засоби, hardware) – технічне устаткування геоінформаційної системи, що містить власне комп'ютер і інші механічні, магнітні, електричні, електронні й оптичні периферійні пристрої чи аналогічні прилади, що працюють у складі апаратного комплексу або автономно, а також будь-які пристрої, необхідні для функціонування геоінформаційної системи (наприклад, GPS-апаратура, електронні картографічні прилади і геодезичні прилади). Загальна організація взаємозв'язку елементів апаратного забезпечення геоінформаційної системи називається **архітектурою**, сукупність функціональних частин – **конфігурацією** системи [37].

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

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

Водночас головна частина бюджетних ГІС-проектів орієнтована на використання стандартних комп'ютерів і периферійних пристроїв. З огляду на особливості організаційної структури ГІС апаратне забезпечення прийнято поділяти на три основні групи [38; 71]:

- 1) пристрої опрацювання і збереження даних (власне комп'ютери);
- 2) пристрої збирання і введення даних;



3) пристрої візуалізації і представлення даних.

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

### **1.5. Програмне забезпечення ГІС**

Програмні засоби, призначені для роботи з просторовими даними, представляють в наш час досить різноманітний і такий, що постійно розширюється, сегмент комп'ютерного ринку програмного забезпечення, у якому можна виділити:

- векторизатори растрових зображень;
- пакети опрацювання даних інженерно-геодезичних розвідок та інженерного проектування;
- програмні засоби обробки даних дистанційного зондування;
- пакети просторового аналізу і моделювання;
- довідково-картографічні системи;
- ГІС-в'юери;
- інструментальні ГІС (ГІС-пакети).

***Векторизатори растрових зображень*** – це програмні засоби для виконання растрово-векторного перетворення (векторизації) просторових даних. Цей клас продуктів пов'язаний зі створенням цифрових карт, у тому числі і для геоінформаційних систем, на основі відсканованих растрових зображень. Серед порівняно недорогих і досить ефективних векторизаторів відзначимо пакети Easy Trace (Easy Trace Group, Росія) і MapEdit (АТ “Резидент”, Росія), а також пакет Digitals, розроблений у державному науково-виробничому підприємстві “Геосистема” (м. Вінниця, Україна).

***Пакети опрацювання даних інженерно-геодезичних розвідок та інженерного проектування*** призначені для автоматизації опрацювання

даних інструментальної геодезичної зйомки місцевості й інженерного проектування у житловому, промисловому і транспортному будівництві і є, як відзначено у п. 1.1, специфічним напрямом у геоінформатиці, який називають геоінженерною інформатикою. Серед програмних пакетів цієї групи назвемо продукти фірми Autodesk, світового лідера у розробленні систем автоматизованого проектування (САПР/CAD), програмні пакети Autodesk Survey, Autodesk Land Desktop, Autodesk Civil Design, створені на платформі пакету AutoCAD; також основані на програмній платформі AutoCAD програмні комплекси GEO+CAD і GeoniCS, розроблені в Україні (компанія “ГЕОКАД”, АТ “Аркада” і НПП “Геоніка”, м. Київ), програмні пакети CREDO (фірми “Кредо Діалог”, Білорусь) та ін.

**Програмні засоби опрацювання даних дистанційного зондування** – це пакети опрацювання зображень, забезпечені залежно від ціни різним математичним апаратом, що дає змогу проводити операції зі сканованими або записаними у цифровій формі знімками поверхні Землі [36; 49]. Це досить широкий набір операцій, починаючи зі всіх видів корекції (оптичної, геометричної), через географічне прив’язування знімків аж до опрацювання стереопар з видачею результату у вигляді актуалізованого топоплану. Найвідоміші представники: ERDAS Imagine (США), ER Mapper (Австралія), серія продуктів Intergraph (США) і TNT Mips (США).

До групи **пакетів просторового аналізу і моделювання** можна віднести програмні пакети, призначені для реалізації певного, звичайно тематичного, набору процедур аналізу просторових даних. Це, насамперед, пакети геостатистичного аналізу і моделювання – такі, як Surfer (США), Gstat (Нідерланди), GST (Росія) та інші, а також пакети картографічної алгебри – такі, як Map Analysis Package, MAP, і його модифікації (США). Віднесення до цієї групи пакетів прикладних програм, що просторово реалізують гідрологічні, гідрогеологічні, екологічні та інші конкретні завдання, як це іноді робиться, є некоректним.

**Довідково-картографічні системи** – це закриті щодо формату і адаптації оболонки і бази даних програмно-інформаційні комплекси, які містять механізми запитів до картографічної й атрибутивної інформації і засоби її відображення. Користувач, зазвичай, позбавлений можливості зміни також і даних. До цього класу відносять так звані електронні, або

цифрові, карти великих міст, наприклад, Києва, Одеси, Харкова, Москви, окремих країн, а також цифрові атласи окремих країн або миру (Цифровий атлас України, Digital Chart of the World, New Millennium та ін.).

**ГІС-в'юери** (від англ. *viewer* – переглядач; пишеться також “в'юер”) – це порівняно недорогі пакети з обмеженою можливістю редагування даних, призначені головному для візуалізації і виконання запитів до баз даних, у тому числі і графічних, підготовлених у середовищі інструментальних ГІС. Зазвичай, усі розробники повнофункціональних інструментальних ГІС пропонують і ГІС-в'юери: ArcReader, ArcExplorer (ESRI, США), WinCAT (Simens Nixdorf, Німеччина) та ін.

Програмні засоби ГІС є сукупністю більшою чи меншою мірою інтегрованих програмних модулів, які забезпечують реалізацію **всіх основних функцій** ГІС. У загальному випадку виділяють шість базових модулів, що реалізують функції [42]:

- 1) введення і верифікації даних;
- 2) зберігання і маніпулювання даними;
- 3) перетворення систем координат і трансформації картографічних проєкцій;
- 4) аналізу і моделювання;
- 5) виведення і подання даних;
- 6) взаємодії з користувачем.

Якщо взяти до уваги ту обставину, що основним видом даних у геоінформаційних системах є просторово-розподілена інформація, з аналізу базових модулів ГІС стає зрозумілим, що програмне забезпечення ГІС є дуже специфічним і не дублюється (окрім, мабуть, останнього модуля) традиційним програмним забезпеченням (ПЗ) комп'ютерів. Реалізація зазначених вище функцій вимагає розроблення спеціалізованого програмного забезпечення. З 80-х років минулого століття спеціалізоване програмне забезпечення, що дає можливість виконувати розроблення географічних інформаційних систем для конкретних територій і експлуатувати їх, відоме під назвою комерційних ГІС-пакетів, або інструментальних ГІС.

Сьогодні комерційне програмне ГІС-забезпечення складає помітну і дуже динамічну частину світового ринку програмного забезпечення. За даними американської компанії Daratech, загальні продажі програмного

ГІС-забезпечення у 2001 році перевищили 1 млрд американських доларів (US\$1073 млн) (Мировой рынок ГИС, 2003). При цьому зростання продажів за рік становило 14,3 %. Виробниками програмних засобів ГІС, що лідирують у світі, є комерційні фірми США – комерційний Інститут досліджень систем навколишнього середовища (Environmental System Research Institute або ESRI Ltd.) (розробник пакетів ARC/INFO, Arc View GIS, сімейства пакетів ArcGIS) – у 2001 році поставив свої ГІС-продукти на суму \$371,5 млн, що становило 34,6 % загальносвітових; компанія Intergraph (розробник пакетів MGE, GeoMedia / GeoMedia Pro та ін.) – \$134,1 млн, або 12,5 %; фірма Autodesk (розробник пакетів AutoCAD, Autodesk Map та ін.) – \$70,7 млн, або 6,6 %; компанія GE Network Solutions (підрозділ американської General Electric Company, яка з 2000 році є власником відомої англійської ГІС-компанії Smallworld – одного з піонерів геотехнологій у Європі, розробника повнофункціональної інструментальної ГІС – Smallworld GIS) – \$72,3 млн, або 6,7 %; компанія Mapping Information Systems Corporation (розробник пакета MapInfo Professional та ін.) – \$61,7 млн, або 5,7 %; компанія Leica Geosystems – \$68,2 млн, або 6,4 % (з урахуванням пакетів ERDAS і LH Systems). Відомими у світі також є програмні продукти фірм Siemens-Nixdorf (Німеччина) (пакет SICAD), PROGIS (Австрія) (пакет WINGIS), PCRaster Environmental Software (Нідерланди) (пакет PCRaster) та ін. [38; 60; 73].

У наш час загальна кількість комерційних ГІС-пакетів у світі вимірюється багатьма десятками. Проте якщо говорити про найвідоміші і широко застосовувані комерційні ГІС-пакети, то їх кількість може бути обмежена десятком – п'ятнадцятьма. Світовими лідерами програмного ГІС-забезпечення є пакети фірми ESRI (ARC/INFO, Arc View GIS і сімейство пакетів ArcGIS), пакет MapInfo Professional і пакет Idrisi (розроблений в університеті Кларка (США)). Безумовними лідерами ринку програмного ГІС-забезпечення в Україні є комерційні ГІС-пакети фірм ESRI і Mapping Information Systems Corporation (США).

Тривалий час комерційні ГІС-пакети було прийнято поділяти на дві категорії, орієнтуючись, головню, на апаратну платформу, для запуску на якій вони були розраховані, – на *професійні інструментальні ГІС* і *інструментальні ГІС настільного (desktop) типу*. Перші запускалися на робочих станціях або великих комп'ютерах (мейнфреймах)

і характеризувалися, здебільшого, розвинутими аналітичними можливостями (наприклад, ARC/INFO, MGE, GRASS), другі – на персональних комп'ютерах і мали дуже обмежені можливості щодо аналізу даних. Основне призначення останніх (наприклад, пакетів PC ARC/INFO, MGE PC-1, ArcView, GeoDraw/GeoGraph) – забезпечення робочого місця для цифрування карт, їх редагування, перегляду і виконання різного роду маніпуляцій із картографічними шарами, що не потребували значних ресурсів [78; 82].

Ця класифікація використовується і сьогодні, однак, останніми роками – унаслідок колосального прогресу можливостей персональних комп'ютерів – відмінності між ними і робочими станціями суттєво зменшились. Якщо також узяти до уваги суттєве зниження цін на персональні комп'ютери, стає зрозумілим повсюдне використання їх останніми роками як серверів і унаслідок перехід професійних ГІС-пакетів на Windows-платформу (зазвичай, Windows NT, 2000, XP). Отже, відмінність і в апаратних, і в програмних платформах інструментальних ГІС практично зникла.

Однак відмінність між пакетами, зумовлена їх можливостями, найперше до аналізу і моделювання просторових даних, зберігається, незважаючи на зростаючі аналітичні можливості настільних інструментальних ГІС. Тому, як і раніше, можна говорити про *повнофункціональні професійні інструментальні ГІС і інструментальні ГІС настільного типу*. Але окремі спеціалізовані можливості останніх не поступаються, а в деяких випадках перевищують, відповідним можливостям повнофункціональних ГІС.

До категорії настільних інструментальних ГІС з деякою умовністю можна віднести програмні пакети, призначені для аналізу просторових даних і просторово-часового моделювання, у тому випадку, якщо такі пакети, крім універсальних аналітичних, мають достатньо розвинені можливості щодо маніпулювання просторовими даними і їх подання, тим більше, що в процесі свого розвитку вони і за формальними ознаками переходять у цю категорію. Це такі пакети, як IDRISI (США), який до останньої версії називався розробниками “растрова система аналізу просторової інформації і обробки зображень”, PCRaster (Нідерланди) – система моделювання навколишнього середовища, Relief Processor

(Україна) – пакет моделювання і аналізу рельєфу. Остання версія пакета IDRISI (2004) – IDRISI Kilimanjaro – уже має офіційну назву “пакет ГІС і обробки зображень”.

Відзначимо також, що можлива класифікація інструментальних ГІС і за іншими ознаками, наприклад, за програмною платформою – на працюючі під операційними системами MS DOS, Windows, UNIX або Linux, за моделлю бази даних – на растрові і векторні, за вартістю – наприклад, понад 30 тис. доларів США, від 30 до 4 тис. доларів, від 4,0 до 2,5 тис. доларів і менше 2,5 тис. доларів та за іншими показниками.

### **1.6. Інтеграція ГІС з іншими програмними продуктами**

Аналіз історії становлення ГІС як науки дає змогу констатувати важливе для географії значення інформаційних систем автоматичного проектування (САПР, англійською CAD, Computer Aided Design), які використовують для виконання технічних креслень і документації. Це графічні програми, призначені для запису простих геометричних об’єктів, з яких складається рисунок. Здебільшого вони мають можливість зв’язку із базою даних, яка включає в себе каталогові номери частин, інформацію про вид використаного матеріалу і т. д. ГІС перейняли з САПР функції творення і редагування рисунків, а також, у певних межах, і формати запису даних.

Під час створення карт різного призначення використовують системи картування (Computer Aided Mapping, САМ) і системи автоматизованого картування САК для створення топографічних і тематичних карт із застосуванням засобів автоматизації [37; 42].

Сучасні програми комп’ютерної картографії дають можливість зберігати зміст карти у вигляді картографічних шарів (наприклад, у вигляді горизонталей, річкової мережі). Відповідно, різноякісні географічні об’єкти розміщують на певних шарах, які використовують усі разом чи окремо. Під час друку шари накладаються один на інший у вигляді прийнятих позначень і кольорів. САПР та САК – це програми, що широко використовуються у картографії. Вони не володіють функцією присвоєння об’єктам їх агрибутивної інформації, а лише зберігають просторові дані у вигляді пунктів або ліній, не враховуючи топології об’єктів, тобто вираження залежності між просторовими одиницями.

Окрім того, існують спеціальні програми для представлення статичних даних, які дають змогу присвоювати атрибути об'єктам та відображати дані у вигляді картограм і картодіаграм. Це сприяє, наприклад, візуалізації табличної інформації з баз даних. Можливість аналізувати дані в таких системах є, здебільшого, обмеженою, що відрізняє їх від ГІС програм.

До інформаційних систем, які застосовуються під час географічних досліджень басейнових систем, відносять інформаційно-пошукові системи, системи управління базами даних (СУБД), системи дистанційного зондування, земельні інформаційні системи, географічні інформаційні системи та ін.

Під час проведення географічних досліджень активно застосовують системи управління базами даних і системи автоматичного картування. Найповніше цілям загальнонаукових і прикладних географічних досліджень відповідають географічні інформаційні системи. При цьому термін “географічні системи” означає передусім “просторові системи” і широке застосування в географії.

Говорячи про зв'язок ГІС з іншими програмними засобами і технологіями, відзначимо, що за останні роки спостерігається дедалі глибша їх інтеграція. Це, у свою чергу, спричиняє виникненню гібридних продуктів із функціями просторового аналізу (пошук об'єктів, картометрія і т. ін.). Для програмних комплексів типу CAD, CAM та RS – це закономірне явище, зумовлене подібними підходами до аналізу просторових об'єктів. Така ситуація викликана необхідністю обміну просторовою інформацією між фахівцями різних галузей природо- та ресурсокористування. Ще однією важливою причиною таких тенденцій в умовах ринкової економіки виступає боротьба за споживача, якому пропонують універсальні програмні комплекси (ESRI ArcGIS, Autodesk Autocad, Intergraph та ін.) з інтегрованими функціями, не властивими (до цього часу) програмам типу ГІС. Поряд з цим, з'являється низка вузькоспеціалізованих програмних продуктів, розроблених під конкретний перелік завдань у різних галузях практичного використання.

Іншим аспектом інтеграції є включення у програмні засоби, інструментарій яких не включав просторовий аналіз, деяких функцій ГІС-пакетів. Прикладом цього може слугувати спільне

розроблення Adobe та ESRI – Adobe Reader, в інструментарій якого включено можливості доступу до атрибутивних баз даних об'єктів на картах, створених в середовищі ArcGIS, геопросторової прив'язки картографічних зображень у форматі PDF, виконання певних картометричних робіт (визначення площ, відстаней, координат та ін.).

Ще одним напрямом інтеграції ГІС, який інтенсивно почав розвиватися в останні роки, є створення мобільних ГІС. Першочергово їх задумували виключно як інструментарій для пришвидшення збирання інформації в польових умовах та вирішення навігаційних завдань. З часом ці технології набули широкого розповсюдження аж до рівня пересічного користувача мобільного телефону.

Розглядаючи питання зв'язку ГІС із суміжними програмними продуктами, важливо відзначити значний та швидкий розвиток Веб-картографування. Дедалі більше в мережі з'являється Інтернет-порталів, що пропонують своїм відвідувачам картографічні послуги різного рівня точності та функціональності. В деяких випадках розробниками застосовуються власні програмні оболонки, що дають доступ до серверів геопросторових даних. Серед них відзначимо Google Maps, Яндекс Карты та ін. Історично цей напрям почав розвиватися з 1993 року запуском веб-сервісу Xerox PARC Map Viewer, що додав змогу в інтерактивному режимі відправляти запити з інтернет-оглядача на сервер та отримувати фрагменти карт.

Аналізуючи процес інтеграції ГІС програмного забезпечення та його інструментарію в інші середовища, можна зробити висновок про значні темпи цього процесу, що значно полегшить та пришвидшить роботи зі збирання, опрацювання, аналізу, візуалізації та поширення геопросторової інформації. Останнє сприяє проведенню моніторингу стану компонентів довкілля практично в режимі реального часу та прийняттю адекватних рішень у сфері управління природними ресурсами, що виступає одним з головних завдань конструктивно-географічних досліджень.

### **1.7. Класифікація ГІС**

Останніми десятиріччями у світі розроблено велику кількість різноманітних геоінформаційних систем. Запропоновано різні класифікації, кожна з яких певною мірою ранжирує існуюче різноманіття у певну кількість однорідних класів з використанням однієї або декількох ознак.



Зазвичай геоінформаційні системи класифікують за такими ознаками:

- за призначенням – залежно від цільового використання;
- за проблемно-тематичною орієнтацією – залежно від сфери застосування;
- за територіальним охопленням — залежно від розміру території і масштабного ряду цифрових картографічних даних, що складають базу даних ГІС.

Наведемо узагальнення наявних класифікацій за цими ознаками, з огляду на роботи McLaughlin et al., 1987; Bracken et al., 1989; Отраслевой стандарт., 1997 та ін. [37-39; 42].

*За призначенням* геоінформаційні системи поділяють на багатоцільові та спеціалізовані. Багатоцільовими системами, здебільшого, є регіональні ГІС, призначені для розв’язання широкого спектра завдань, пов’язаних з регіональним керуванням. Спеціалізовані ГІС забезпечують виконання однієї або кількох близьких функцій. До них відносять такі геоінформаційні системи:

- інформаційно-довідкові;
- моніторингові;
- інвентаризаційні;
- прийняття рішень;
- дослідницькі;
- навчальні.

*Дослідницькі ГІС* створюють для забезпечення розв’язання будь-якої наукової проблеми або сукупності наукових проблем із застосуванням методів просторово-часового аналізу і моделювання. Прикладом може бути геоінформаційна система басейну річки Коропець (Тернопільська область) [2; 3].

База просторових даних геоінформаційної системи р. Коропець складається із понад 30 шарів даних, що характеризують рельєф (цифрова модель рельєфу і похідні від неї карти ухилів, експозицій, поздовжньої і поперечної кривизни схилів та ін.), гідрографічну мережу (карти місцевих ліній течії, водозборів, “вищерозміщених елементів”, ухилів та ін.), ґрунтовий покрив (карти генетичних типів ґрунтів, ґрунотвірних порід, еродованості, а також параметрів, що

характеризують водно-фізичні і протиерозійні властивості ґрунтів), природну і культурну рослинність (карти лісів, сільськогосподарських угідь і параметрів, що їх характеризують) і землекористування (карти типів землекористування, дорожньої мережі тощо).

*Навчальні ГІС* розробляють для забезпечення навчального процесу, як зазвичай, у вищих навчальних закладах. Як об'єкт у таких геоінформаційних системах найчастіше розглядають території польових стаціонарів – баз навчальних польових практик студентів. Прикладами навчальних ГІС є ГІС “Сатіно”, розроблена на географічному факультеті Московського державного університету ім. М. В. Ломоносова (Лурье, 1998) і ГІС Навчального географічного стаціонару “Чорногірський” (Українські Карпати), яку розробляють на географічному факультеті Львівського національного університету імені І. Франка. Остання складається з банку просторової (картографічної) інформації і пов'язаних з нею атрибутивних даних для території гірського стаціонару, що реалізують навчальні, наукові і прикладні завдання на основі Банку даних і можливостей геоінформаційних технологій. За проблемно-тематичною орієнтацією виділяють такі типи геоінформаційних систем, що відповідають “основним сферам застосування ГІС”:

- земельно-кадастрові;
- екологічні і природокористувальницькі;
- інженерних комунікацій і міського господарства;
- надзвичайних ситуацій;
- навігаційні;
- соціально-економічні;
- геологічні;
- транспортні;
- торгово-маркетингові;
- археологічні;
- військові;
- та інші.

У категорії “інші” в цій класифікації може бути поійменована ще достатньо велика, причому така, що продовжує збільшуватися, кількість типів ГІС, оскільки сфера застосування ГІС не обмежена переліком зазначених вище сфер розширюється далі.

*За територіальним охопленням* найбільш логічним є поділ геоінформаційних систем на:

- глобальні;
- загальнонаціональні;
- регіональні;
- локальні.

Глобальні геоінформаційні системи охоплюють всю земну кулю. Глобальні ГІС головню розвиваються у рамках екологічних проєктів ООН. Передусім, виокремимо такі розроблення, як глобальна база інформаційних даних щодо загальнопланетарних ресурсів – ГРІД, всесвітні геологічну, ґрунтову, фізико-географічні карти чи карти рослинності. Актуалізація цих продуктів відбувається з різних джерел інформації, особливо завдяки супутниковому моніторингу.

Відзначимо внесок у “глобалізацію” ГІС геологічної служби США та Американського геологічного інституту, які створили “Глобальну ГІС” (Global GIS). Їхнє розроблення є банком планетарних даних. До складу інформації входять векторні (у форматі шейп-файлів ESRI) і растрові дані.

Глобальною ГІС вважають розроблену NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) та департаментом торгівлі США (U.S. Department of Commerce) систему моніторингу екологічного стану планети та Світового Океану. Цей проєкт має комплексний характер та охоплює практично усі сфери, пов’язані з дослідженням, раціональним використанням та охороною природних ресурсів океану і планети загалом.

Ще одним прикладом глобальних ГІС є банк природно-ресурсної інформації (GRID), як геоінформаційна система Європейського співтовариства CORINE. Загальнонаціональні ГІС, як це впливає із назви, охоплюють територію всієї країни, регіональні – якусь її частину, таку, як економічний район, адміністративна область чи група суміжних областей, басейн великої річки та ін.

Водночас своє поширення отримують регіональні та вузькоспеціалізовані інформаційні системи. Тематичні завдання у таких дослідженнях часто поділяють на інвентаризаційні та

оцінювальні. Інвентаризаційні завдання, зазвичай, пов'язані з обліком природних ресурсів: земельних, водних, лісових, мінеральних тощо. Під час вирішення інвентаризаційних питань отримують дані про просторове розміщення ресурсів, контури, площі облікових ділянок та інші стабільні параметри. Повторне космічне знімання дає можливість вести моніторинг природних ресурсів.

Оцінювальна інформація у ГІС призначена для визначення стану об'єктів на момент вимірювання їх характеристик. Прикладом може слугувати оцінювання стану сільськогосподарських угідь і рослинного покриву, гідрографічних об'єктів, лісів, пасовищ, спостереження за веденням сільськогосподарських робіт, контроль лісокористування, моніторинг надзвичайних ситуацій.

Достатньо ГІС розроблено й на національному рівні. Основною їх відмінністю є те, що вони мають статус державних та створюються на замовлення державних органів. Питання розроблення національної ГІС, її концепція та практична реалізація потребує вирішення питань, що пов'язані зі створенням стандартів у цій галузі. Серед різноманітних національних геоінформаційних систем передусім виокремимо ГІС Канади, США, деяких країн Євросоюзу та ін [38; 39; 49].

Локальні ГІС відрізняються насамперед охопленням невеликих територій та вузькою спеціалізацією, що визначена метою їх створення. Їх можна поділити на кілька типів за галуззю, в якій вони використовуються: природно-ресурсні, адміністративно-управлінські і комплексні. Особливістю природно-ресурсних локальних ГІС є спрямованість на менеджмент навколишнього природного середовища та інтегральної оцінки стану їх компонентів (родовищ корисних копалин, поверхневих і підземних вод, лісових ресурсів тощо). Власне такі системи якнайкраще відповідають завданням, що ставлять перед еколого-географічними дослідженнями. Серед прикладів таких систем варто виділити муніципальні ГІС, що створюються для виконання різних функціональних завдань від туристично-інформаційних до планувальних та управлінських. Дедалі частіше такі роботи виконують із застосуванням технологій інтернет-картографування.

**Контрольні запитання:**

1. Що таке “географічні інформаційні системи”?
2. Яка схема функціонування ГІС?
3. За яким принципом класифікуються ГІС?
4. Назвіть основні функції, які реалізуються у ГІС.
5. Наведіть принципи, на яких ґрунтується функціонування ГІС.
6. Назвіть п'ять головних структурних одиниць ГІС.
7. На які рівні поділяється рольова участь людини як кваліфікованого персоналу в ГІС?
8. Які типи даних у ГІС?
9. Наведіть приклади комерційних ГІС-пакетів.
10. Що таке дослідницькі ГІС?
11. Яка історія розвитку ГІС?

## **Розділ 2. Типізація даних у географічних інформаційних системах**

Просторова інформація є досить різноманітна – це можуть бути аерофотознімки, супутникові знімки, група наземних контурів, наприклад ґрунтових, цифрові карти ґрунтового покриву певної території, ізоґипси, спеціальні записи з реєстру прав власності на землю тощо. Необхідно пам'ятати, що тип географічної інформації, з яким доводиться працювати, значною мірою визначає й постановку процесу аналізу. Попередня типізація даних допомагає, таким чином, правильно вибрати засіб їх відтворення у ГІС, а також метод і порядок аналізу [38].

Суттєвою відмінністю геопросторових даних є те, що вони містять інформацію про просторове положення об'єктів та описують їх геометрію. Атрибутивні дані описують якісні та кількісні характеристики просторових об'єктів. Бібліотеки умовних знаків містять набори стандартних умовних знаків, символів, прийнятих позначень для відображення просторових об'єктів у конкретній предметній області. Метадані, зазвичай, містять інформацію про самі дані, а саме про джерела даних, методи їх отримання, конкретних виконавців та багато іншої інформації, що дає змогу отримати більше інформації про досліджувані чи відображувані об'єкти, процеси та явища у навколишньому природному середовищі.

### **2.1. Моделі просторових баз геоданих**

При описі в ГІС просторові об'єкти поділяють на безліч елементарних об'єктів. До них відносять: точки, лінії, контури, поверхні, комірки регулярних та нерегулярних просторових мереж і елементи роздільної здатності зображення (пікселі). Перші чотири об'єкти пов'язані з векторним способом представлення просторових даних шляхом вказування координат об'єктів та їх складових частин. Інші об'єкти пов'язані з їх растровим способом представлення у вигляді сукупності осередків, на які розбиваються об'єкти.

Подання геопросторових даних або *модель просторових даних* – це спосіб цифрового опису просторових об’єктів, тип структури просторових даних. У випадку створення баз та банків геоданих засобами ГІС цей термін трактують як фіксовану систему понять і правил для представлення даних структури, стану і динаміки проблемної області в базі даних. У різний час послідовне застосування одержували ієрархічна, мережна і реляційна моделі даних. У наш час усе більшого поширення набуває об’єктно-орієнтований підхід до організації баз даних ГІС [42].

### 2.1.1. Ієрархічна модель геоданих

Ієрархічна структура представляє сукупність елементів, пов’язаних між собою за певними правилами. Об’єкти, пов’язані ієрархічними відносинами, утворюють орієнтований граф. До основних понять ієрархічної структури відносять: рівень, елемент (вузол), зв’язок. Вузол – це сукупність атрибутів даних, що описують деякий об’єкт. На схемі ієрархічного дерева (рис. 1.2) вузли представлено вершинами графа. Кожен вузол на більш низькому рівні пов’язаний лише з одним вузлом, що знаходиться на вищому рівні. Ієрархічне дерево має тільки одну вершину, не підпорядковану ніякій іншій вершині і знаходиться на самому верхньому (першому) рівні. Залежні вузли знаходяться на другому, третьому і т.д. рівнях. Кількість дерев у базі даних визначається числом кореневих записів. До кожного запису бази даних існує тільки один (ієрархічний) шлях від кореневого запису.

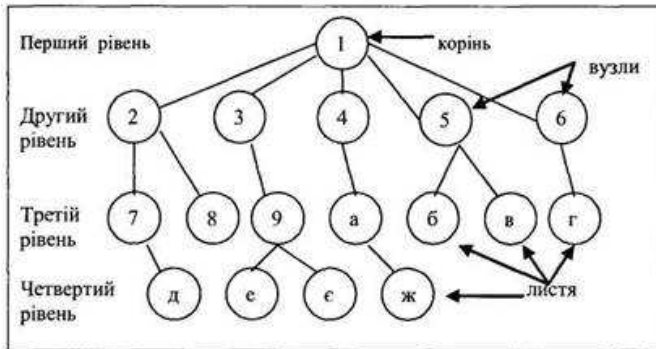


Рис. 1.2. Ієрархічна структура бази геоданих

У географічному та екологічному відношенні об'єкти навколишнього природного середовища перебувають у зв'язках, що мають ієрархічну природу: зв'язок “частина – ціле” (наприклад, адміністративна область складається з районів, сільських і міських рад, населених пунктів та ін.); видовий зв'язок (наприклад, будинки бувають житлові, виробничі та ін.); зв'язок підпорядкованості (наприклад, губернатор – мер міста).

Отже, взаємозв'язки між об'єктами нагадують взаємозв'язки у генеалогічному дереві, окрім одного: для кожного породженого (підлеглого) типу об'єкта може бути тільки один вхідний (головний) тип об'єкта. Тобто ієрархічна модель даних допускає тільки два типи зв'язків між об'єктами: “один до одного” і “один до декількох”. Ієрархічні бази даних є навігаційними, тобто доступ можливий тільки за допомогою заздалегідь визначених зв'язків. При моделюванні подій, зазвичай, необхідні зв'язки типу “багато до декількох”. Як одне з можливих рішень зняття цього обмеження можна запропонувати дублювання об'єктів. Однак дублювання об'єктів створює можливості неузгодженості даних. Переваги ієрархічної бази даних полягають у тому, що її навігаційна природа забезпечує швидкий доступ при проходженні вздовж заздалегідь визначених зв'язків. Однак негнучкість моделі даних і, зокрема, неможливість наявності в об'єкта декількох головних (вхідних) об'єктів, а також відсутність прямого доступу до даних роблять її непридатною в умовах частого виконання запитів, не запланованих заздалегідь. Ще одним недоліком ієрархічної моделі даних є те, що інформаційний пошук з нижніх рівнів ієрархії не можна спрямувати по вищерозміщених вузлах.

### **2.1.2. Мережна модель геоданих**

Ширші можливості для дослідника екологічних процесів у навколишньому природному середовищі забезпечує мережна модель бази геоданих, яка є узагальненням ієрархічної моделі і дає можливість відображати відношення між типами записів виду “багато до багатьох”. У мережній моделі кожен тип запису може бути членом більш ніж одного типу набору. Унаслідок цього можна сформулювати модель бази даних із довільними зв'язками між різними типами запису. Крім того, окремі типи записів можна не включати в жодні типи набору, що забезпечує додаткові можливості для багатьох задач опрацювання даних у системах керування



базами даних (СКБД). У 1971 році був опублікований офіційний стандарт мережних баз даних, який відомий як модель CODASYL.

Бази даних, які описує мережна модель, складаються з декількох областей. Кожна область складається із записів, які відповідно складаються з полів. Об'єднання записів у логічну структуру можливе не лише по областях, але й за допомогою так званих наборів. Термін набір є головною конструкцією мови системи баз даних CODASYL. Набір – це двохрівневе дерево, яке дозволяє формувати багаторівневі дерева та прості мережні структури. Таким чином, база даних складається з деякої кількості наборів. Використовуючи двохрівневі зв'язки, спеціаліст по аналізу системи може конструювати достатньо складні структури даних. Для кожного типу набору тип запису може бути оголошений його власником. Кожен набір повинен мати один екземпляр запису та будь-яку кількість екземплярів кожного типу запису - членів набору.

У мережній моделі даних поняття головних і підлеглих об'єктів дещо розширені [73]. Будь – який об'єкт може бути і головним, і підлеглим (у мережній моделі головний об'єкт позначається терміном “власник набору”, а підлеглий – терміном “член набору”). Той самий об'єкт може одночасно виконувати і роль власника, і роль члена набору. Це означає, що кожний об'єкт може брати участь у будь-якій кількості взаємозв'язків. Подібно до ієрархічної, мережну модель також можна подати у вигляді орієнтованого графа. Але в цьому випадку граф може містити цикли, тобто вершина може мати кілька багьківських вершин. Така структура набагато гнучкіша і виразніша від попередньої і придатна для моделювання ширшого класу завдань. У цій моделі вершини є сутностями, а ребра, що їх з'єднують, — відношеннями між ними (рис. 1.3).

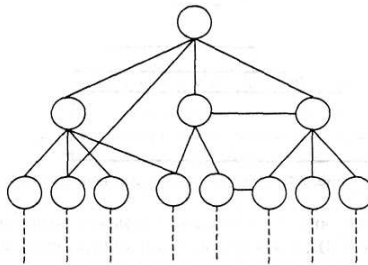


Рис. 1.3. Схема мережної моделі даних

Ієрархічні і мережні бази даних часто називають базами даних з навігацією. Ця назва вказує на технологію доступу до даних, використовувану при написанні програм опрацювання мовою маніпулювання даними. Підвищуючи ефективність доступу до даних і скорочуючи таким чином час відповіді на запит, принцип навігації підвищує і ступінь залежності програм і даних. Програми опрацювання даних виявляються прив'язаними до поточного стану структури бази даних і повинні бути переписані при її змінах. Операції модифікації і видалення даних вимагають переустановлення показників, а маніпулювання даними залишається записоорієнтованим. Крім того, принцип навігації не дає можливість суттєво підвищувати рівень мови маніпулювання даними, щоб зробити його доступним користувачу-непрограмісту чи навіть програмісту-непрофесіоналу. Для пошуку запису-мети в ієрархічній або мережній структурі програміст повинен спочатку визначити шлях доступу, а потім — крок за кроком переглянути всі записи, що трапляються на цьому шляху. Наскільки складними є схеми представлення ієрархічних і мережних баз даних, настільки і трудомістким є проектування конкретних прикладних систем на їхній основі. Складність практичної реалізації баз даних на основі ієрархічної і мережної моделей визначила створення реляційної моделі даних.

### **2.1.3. Реляційна модель даних**

Реляційну модель даних уперше запропонував британський учений – співробітником компанії ІВМ Едгар Франк Коддом (E. F. Codd) у 1970 році [68]. На сьогодні ця модель є фактичним стандартом, на який орієнтуються практично усі сучасні комерційні системи керування базами даних (СКБД). У цій моделі досягається вищий рівень абстракції даних, ніж в ієрархічній або мережній. Е. Ф. Кодд стверджував, що “реляційна модель надає засоби опису даних на основі тільки їх природної структури, тобто без потреби введення якоїсь додаткової структури для цілей машинного представлення”. Іншими словами, подання даних не залежить від способу їх фізичної організації. Це забезпечується за рахунок використання математичного поняття відношення (*англ.* relation – “відношення”). База даних заснована на цій моделі фактично є централізованим сховищем таблиць, що гарантує безпечний одночасний доступ до інформації з боку багатьох користувачів. У рядках таблиць частина полів містить

дані, стосовні безпосередньо до запису, а частина – посилання на записі інших таблиць. Отже, зв'язки між записами є невід'ємною властивістю реляційної моделі. Взаємозв'язки також подаються як об'єкти. Кожна таблиця представляє один об'єкт і складається з рядків і стовпців. Таблиця повинна мати первинний ключ (ключовий елемент) – поле чи комбінацію полів, що єдиним способом ідентифікують кожний рядок у таблиці.

Для забезпечення правильного розуміння реляційності бази даних Едгар Кодд запропонував 13 правил (пронумерованих від нуля до дванадцяти). Серед яких такі:

1. *Фундаментальне правило.* Реляційна СУБД має бути здатною повністю керувати базою даних, використовуючи зв'язки між даними.

2. *Інформаційне правило.* Інформація має бути представлена у вигляді даних, що зберігаються в осередках. Дані, що зберігаються у комірках, мають бути атомарними. Порядок рядків у реляційній таблиці не повинен впливати на зміст даних.

3. *Правило гарантованого доступу.* Доступ до даних має бути вільним від двозначності. До кожного елементу даних має бути гарантований доступ за допомогою комбінації імені таблиці, первинного ключа рядку й імені стовпця.

4. *Систематичне опрацювання Null-значень.* Невідомі значення NULL, відмінні від будь-якого відомого значення, мають підтримуватися для всіх типів даних при виконанні будь-яких операцій. Наприклад, для числових даних невідомі значення не повинні розглядатись як нулі, а для символічних даних – як порожні рядки.

5. *Правило доступу до системного каталогу на основі реляційної моделі.* Словник даних має зберігатись у формі реляційних таблиць, і СУБД повинна підтримувати доступ до нього за допомогою стандартних мовних засобів, тих самих, що використовують для роботи з реляційними таблицями, які містять дані користувача.

6. *Правило повноти підмови маніпулювання даними.* Система управління реляційними базами даних має підтримувати хоча б одну реляційну мову, яка відповідає таким вимогам:

а) має лінійний синтаксис;

б) може використовуватись інтерактивно і в прикладних програмах;

в) підтримує операції визначення даних, визначення уявлень, маніпулювання даними (інтерактивні та програмні), обмежувачі цілісності, управління доступом та операції управління транзакціями.

7. *Правило модифікації виглядів.* Кожен вигляд має підтримувати усі операції маніпулювання даними, які підтримують реляційні таблиці: операції вибірки, вставки, модифікації і видалення даних.

8. *Правило високорівневих операцій модифікації даних.* Операції вставки, модифікації і видалення даних мають підтримуватись не тільки щодо одного рядку реляційної таблиці, але й щодо будь-якої безлічі рядків.

9. *Правило фізичної незалежності даних.* Додатки не повинні залежати від використовуваних способів зберігання даних на носіях, від апаратного забезпечення комп'ютерів, на яких знаходиться реляційна база даних.

10. *Правило логічної незалежності даних.* Представлення даних у додатку не повинно залежати від структури реляційних таблиць. Якщо в процесі нормалізації одна реляційна таблиця розділяється на дві, подання має забезпечити об'єднання цих даних, щоб зміна структури реляційних таблиць не позначалась на роботі додатків.

11. *Правило незалежності контролю цілісності.* Вся інформація, необхідна для підтримки цілісності, має бути у словнику даних. Мова для роботи з даними має виконувати перевірку вхідних даних і автоматично підтримувати цілісність даних.

12. *Правило незалежності від розміщення.* База даних може бути розподіленою, може перебувати на кількох комп'ютерах, і це не повинно впливати на додатки. Перенесення бази даних на інший комп'ютер не повинне впливати на додатки.

13. *Правило узгодженості мовних рівнів.* Якщо використовується низькорівнева мова доступу до даних, вона не повинна ігнорувати правила безпеки і правила цілісності, які підтримуються мовою вищого рівня.

До складу реляційної моделі даних зазвичай включають теорію нормалізації. Крістофер Дейт визначив три складові частини реляційної моделі даних:

- структурна;
- маніпуляційна;
- цілісна.

*Структурна частина моделі* визначає, що єдиною структурою даних є нормалізоване п-арне відношення. Відношення зручно представляти у формі таблиць, де кожен рядок є кортеж, а кожен стовпець – атрибут, визначений на деякому домені. Такий неформальний підхід до поняття відношення дає більш звичну для розробників і користувачів форму представлення, де реляційна база даних являє собою кінцевий набір таблиць.

*Маніпуляційна частина моделі* визначає два фундаментальних механізми маніпулювання даними – реляційну алгебру і реляційне числення. Головною функцією маніпуляційної частини реляційної моделі є забезпечення заходів реляційності будь-якої конкретної мови реляційних БД: мова називається реляційною, якщо вона має не меншу виразність і потужність, ніж реляційна алгебра або реляційне числення.

У реляційних системах керування базами даних застосовується мова SQL, що дає змогу формулювати довільні, нерегламентовані запити. Це мова четвертого покоління, тому будь-який користувач може швидко навчитися становити запити. До того ж, існує безліч додатків, що дають можливість будувати логічні схеми запитів у графічному виді. Все це відбувається через жорсткість вимог до продуктивності комп'ютерів. На щастя, сучасні обчислювальні потужності більш ніж адекватні.

*Цілісна частина моделі* визначає вимоги цілісності сутностей і цілісності посилань. Перша вимога полягає в тому, що будь-який кортеж будь-якого відношення відмінний від будь-якого іншого кортежу цього відношення, тобто іншими словами, будь-яке відношення має володіти первинним ключем. Вимога цілісності щодо посилань, або вимога зовнішнього ключа полягає в тому, що для кожного значення зовнішнього ключа, що з'являється у відношенні, на яке веде посилання, повинен знайтися кортеж з таким же значенням первинного ключа, або значення зовнішнього ключа повинно бути невизначеним (тобто ні на що не вказувати).

Можна провести аналогію між елементами реляційної моделі даних і елементами моделі “сутність-зв'язок”. Реляційні відносини відповідають наборам сутностей, а кортежі – сутностям. Тому, як і в моделі “сутність-зв'язок”, стовпці в таблиці, що представляє реляційне відношення, називають атрибутами.

Кожен атрибут визначений на домені, тому домен можна розглядати як множину допустимих значень цього атрибута. Кілька атрибутів одних відношень і навіть атрибути різних відношень можуть бути визначені на одному і тому ж домені.

Іменована множина пар “ім'я атрибута — ім'я домену” називається схемою відношення. Набір іменованих схем відносин являє собою схему бази даних.

Атрибут, значення якого однозначно ідентифікує кортежі, називається ключовим (або просто ключем). Якщо кортежі ідентифікуються тільки зчепленням значень декількох атрибутів, то говорять, що відношення має складовий ключ. Ставлення може містити кілька ключів. Завжди один із ключів оголошується первинним, його значення не можуть оновлюватися. Усі інші ключі – відносини називаються можливими ключами.

На відміну від ієрархічної і мережної моделей даних в реляційній відсутнє поняття групових відношень. Для відображення асоціацій між кортежами різних відносин використовується дублювання їх ключів.

За допомогою використання реляційної моделі баз геоданих у сучасних програмних продуктах геоінформаційного спрямування досягається інформаційна й структурна незалежність. Записи не зв'язані між собою настільки, щоб зміна однієї з них торкнулася інших, а зміна структури бази даних не обов'язково приводить до перекомпіляції працюючих з нею додатків.

Переваги реляційної моделі:

- простота і доступність для розуміння користувачем. Єдиною використовуваною інформаційною конструкцією є “таблиця”;
- суворі правила проектування, які ґрунтуються на математичному апараті;
- повна незалежність даних. Зміни в прикладній програмі при зміні реляційної бази даних мінімальні;
- для організації запитів і написання прикладного програмного забезпечення немає необхідності знати конкретну організацію бази даних у зовнішній пам'яті.

Недоліки реляційної моделі:

- далеко не завжди предметна область може бути представлена у вигляді “таблиць”;

- в результаті логічного проектування з'являється множина “таблиць”. Це призводить до труднощів розуміння структури даних;
- база даних займає відносно багато зовнішньої пам'яті;
- відносно низька швидкість доступу до даних.

Реляційні бази даних страждають також від розходжень у реалізації мови SQL, хоча це й не проблема реляційної моделі. Кожна реляційна СУБД реалізує якусь підмножину стандарту SQL плюс набір унікальних команд, що ускладнює завдання програмістам, які намагаються перейти від однієї СУБД до іншої. Доводиться робити нелегкий вибір між максимальною переносимістю й максимальною продуктивністю. У першому випадку потрібно дотримуватися мінімального загального набору команд, підтримуваних у кожній СУБД. У другому випадку програміст просто зосереджується на роботі у цій конкретній СУБД, використовуючи переваги її унікальних команд і функцій.

#### **2.1.4. Об'єктно-орієнтована модель геоданих**

Об'єктно-орієнтована модель передбачає створення баз геоданих, в яких дані моделюються у вигляді об'єктів, їх атрибутів, методів і класів та володіють такими характеристиками [38; 50]:

*Підтримка складних об'єктів.* У системі має бути передбачена можливість створення складених об'єктів за рахунок застосування конструкторів складених об'єктів. Необхідно, щоб конструктори об'єктів були ортогональні, тобто будь-який конструктор можна було застосовувати до будь-якого об'єкта.

*Підтримка індивідуальності об'єктів.* Усі об'єкти повинні мати унікальний ідентифікатор, який не залежить від значень їх атрибутів.

*Підтримка інкапсуляції.* Коректна інкапсуляція досягається за рахунок того, що розробники мають право доступу тільки до специфікації інтерфейсу методів, а дані і реалізація методів приховані у середині об'єктів.

*Підтримка типів і класів.* Вимагається, щоб в об'єктно-орієнтованій базі даних підтримувалася хоч би одна концепція відмінності між типами і класами. Термін “тип” більше відповідає поняттю абстрактного типу даних. Поняття класу передбачає, що він

є деяким шаблоном для створення об'єктів і надає методи, які можуть застосовуватися до цих об'єктів. Підтримка спадкоємства типів і класів від їх предків. Підтип, або підклас, повинні наслідувати атрибути і методи від його супертипу, або суперкласу, відповідно.

*Перевантаження у поєднанні з повним зв'язуванням.* Методи повинні застосовуватися до об'єктів різних типів.

Системи керування базами даних об'єктно-орієнтованого типу стали розроблятися з середини 80-х років головному для підтримки додатків ГІС та САПР. Складні структури даних географічних інформаційних систем та автоматизованого проектування виявилось дуже зручно оформляти у вигляді об'єктів, а геопросторові об'єкти простіше зберігати в базі даних, ніж у файлах. Це дає змогу обійтися без декомпозиції графічних структур на елементи і запису їх у файли після завершення роботи з електронними картами та планами, виконання зворотної операції при внесенні будь-якої зміни. Якщо типові реляційні бази даних мають зв'язки глибиною у два рівні, то ієрархічна інформація геопросторових покривів ГІС та САПР зазвичай включає близько десяти рівнів, що потребує досить складних операцій для "складання" результату. Об'єктні бази даних добре відповідали подібним завданням, і еволюція багатьох систем керування базами даних почалася саме з ринку ГІС та САПР.

У географічних інформаційних систем вся сукупність даних, що буде зберігатися й опрацьовуватись у базі даних, подана не у вигляді набору окремих картографічних шарів і таблиць, а у вигляді об'єктів певного класу. Об'єктно-орієнтована модель поряд з геометричною й атрибутивною інформацією зберігає програмний код, що визначає поведінку об'єктів того чи іншого класу при введенні і редагуванні, аналізі або поданні даних. Класи об'єктів являють собою ієрархічну структуру – під ними розуміють загальний батьківський клас (наприклад, робочий простір), на підставі властивостей якого визначаються й описуються похідні класи (векторні, растрові, TIN-просторові дані). Відповідно, на базі похідних класів другого рівня описуються класи третього, четвертого та інших нижчерозміщених рівнів (наприклад, лінії, точки і полігони векторного подання просторових даних). Похідні об'єкти успадковують усі властивості батьківського об'єкта, у програмний код додаються тільки деякі специфічні функції. Об'єкти можуть бути



як стандартними для середовища якогось програмного ГІС-пакета (визначені правила опрацювання даних конкретними програмними модулями і функціями). Властивості і правила поведінки об'єкта можуть бути визначені також користувачем. Під час використання стандартних класів об'єктів користувач одержує заздалегідь визначену структуру даних: ідентифікатори, типи і розміри полів табличної бази даних, набір методів опрацювання. Об'єкт бази даних являє собою цілісну сутність, наприклад, ріка, озеро, будинок, установа. Крім умовного позначення на карті і запису в табличній базі даних, об'єкт має визначену поведінку. Спеціальний інтерфейс буде контролювати весь процес роботи з об'єктом визначеного класу: перевіряти правильність цифрування об'єкта; перевіряти правильність заповнення табличної бази даних; перевіряти топологію різних картографічних шарів; перевіряти взаємоположення об'єктів на одному картографічному шарі, з'єднання доріг різного класу. Об'єкти мають визначений інтелект під час організації запитів, аналізу, представлення даних, що значною мірою дає змогу автоматизувати опрацювання даних, створювати різні сценарії опрацювання даних, у яких більшість конфліктних ситуацій буде відстежено і виправлено без участі оператора. На основі об'єктно-орієнтованої моделі, зокрема, побудована База геоданих сімейства ГІС - пакетів ArcGIS. Вона має єдину внутрішню структуру, що дає можливість у рамках єдиного проекту використовувати і взаємно перетворювати різні типи просторових даних, погоджувати й усувати конфлікти при редагуванні наборів даних різних картографічних шарів, організувати доступ до різних об'єктів бази геоданих.

### **2.2. Формалізація геоданих у ГІС**

Існують два головні методи представлення географічного простору [37; 49]. Перший метод використовує квантування, або розбиття простору на безліч елементів, кожен з яких представляє малу, але цілком визначену частину земної поверхні. Цей растровий метод може використовувати елементи будь-якої відповідної геометричної форми за умови, що вони можуть бути сполучені для утворення суцільної поверхні, що представляє увесь простір області, яку вивчають. Хоча можливі багато форм елементів растру, наприклад, трикутна або шестикутна, зазвичай простіше використовувати прямокутники, а ще

краще – квадрати, які називаються осередками. У растрових моделях осередки однакові за розміром, але це не є обов'язковою вимогою для розбиття простору на елементи, який не виконується в не дуже широко використовуваному підході, званому квадродеревом. Розглянемо моделі, в яких усі осередки, - однакового розміру, і представляють таку ж кількість географічного простору, як будь-які інші.

Растрові структури даних не забезпечують точної інформації про місцезостанування, оскільки географічний простір поділений на дискретні осередки кінцевого розміру. Замість точних координат точок ми маємо окремі осередки растру, в яких ці точки знаходяться. Це ще одна форма зміни просторової мірної, яка полягає в тому, що ми зображуємо об'єкт, що не має вимірів (точку), за допомогою об'єкта (осередки), що має довжину і ширину. Лінії, тобто одновимірні об'єкти, зображаються як ланцюжки сполучених осередків. Кожна точка лінії представляється осередком растру, і кожна точка лінії повинна знаходитися десь усередині одного з осередків растру.

Другий метод подання географічного простору називається векторним. Він дає можливість задавати точні просторові координати. В основі методу лежить твердження про неперервність простору та неподільність його на дискретні комірки. Це досягається присвоєнням точковим об'єктам пари координат (X та Y) координатного простору, лінійним об'єктам – поєднаній послідовності пар координат їх вершин, площинним об'єктам – замкненої послідовності сусідніх ліній початкова і кінцева точка яких збігаються.

Векторна структура даних показує лише геометрію картографічних об'єктів. Для того, щоб надати цим геометричним фігурам корисні картографічні властивості, їх необхідно пов'язати з відповідними атрибутивними даними, які можуть зберігатися в окремому файлі бази даних. На відміну від растрової структури, де значення атрибуту записується для кожної комірки, у векторному поданні використовується диференційований підхід збереження в явному вигляді графічних примітивів, що поєднані відповідними зв'язками з атрибутивною базою даних.

У векторних структурах даних лінія складається з двох, або більше пар координат, що відображають положення та орієнтацію лінійних

об'єктів у просторі. Прості лінійні об'єкти можуть існувати самостійно та володіти власною атрибутивною інформацією. Складніші лінійні об'єкти містять деяку кількість відрізків, кожен з яких починається і закінчується відповідною парою координат. Цей тип об'єктів може формувати мережі, в яких міститься додаткова інформація про просторові взаємовідношення ліній. Наприклад, транспортна мережа містить інформацію не лише про тип доріг, а вказує також напрямок руху. Інші коди, що об'єднують окремі відрізки, можуть включати інформацію про вузли, які їх з'єднують. Усі ці додаткові атрибути повинні бути визначені по усій мережі, щоб комп'ютер знав властиві реальності відношення, які цією мережею моделюються. Така явна інформація про взаємозв'язок і просторові відношення називається топологією.

Площинні об'єкти можуть бути представлені у векторній структурі даних аналогічно лінійним. Сполучаючи відрізки ліній у замкнутий полігон, в якому перша пара координат першого відрізка лінії є одночасно і останньою парою координат останнього відрізка.

Отже, хоча векторні структури даних краще відображають положення об'єктів у просторі, вони все – таки виступають приблизним зображенням географічного простору. Як у випадках з точковими і лінійними об'єктами до полігонів також під'єднується файл атрибутивної бази даних.

Незважаючи на те, що векторні та растрові структури даних дають засоби відображення окремих просторових явищ, у деяких випадках існує необхідність розроблення складніших підходів для включення в базу даних взаємовідношень об'єктів, пов'язування об'єктів та їх атрибутів, забезпечення сумісного аналізу декількох тематичних верств карти.

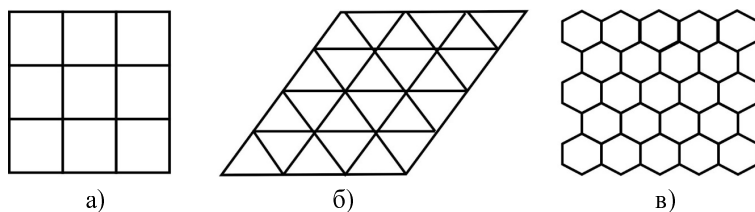
### **2.2.1. Растрове подання геоданих**

Растровий спосіб формалізації геоданих має два різновиди – регулярних мереж (GRID) і власне растровий (Raster), що принципово не відрізняються один від одного, оскільки вони засновані на формалізації просторової інформації по комірках регулярної мережі, що суцільно покриває територію [42; 79; 80]. У кожній комірці цієї мережі інформація відображається одним значенням.

Під методом регулярних мереж розуміють ручний спосіб оцифрування просторових даних шляхом усереднення значень цифрованого елемента в кожному квадраті мережі – середнього значення висоти земної поверхні, простягання гідрографічної мережі, переважаючого типу ґрунту і т. д., який історично передував появі автоматичних методів растрезації просторової інформації та використовується на сьогоднішній день.

Растровий спосіб формалізації просторових даних, або растрова модель просторових даних, у найпростішому випадку зводиться до зображення просторових об'єктів у вигляді мозаїки, що суцільно покриває територію, яка і називається растром. Кожен елемент растру називається коміркою растру або пікселем (від англ. pixel, що є скороченням від picture element – елемент зображення).

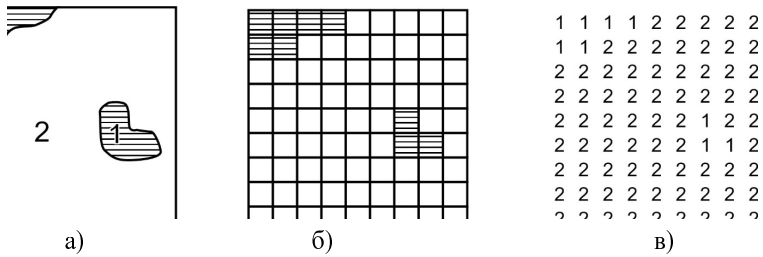
Найчастіше використовують комірки квадратної форми, хоча достатньо широко в ГІС-технології використовуються комірки трикутної та шестикутної форми (рис. 1.4).



**Рис. 1.4. Приклади растрів з різною формою комірок:  
а) квадратною, б) трикутною, в) шестикутною**

Трикутну мозаїку використовують під час моделювання рельєфу (TIN-модель). Шестикутна мозаїка з комірками, що представлені рівними паралельними прямокутниками, приваблива тим, що усі сусідні комірки є еквідистантними, тобто відстань між центрами усіх сусідніх комірок є постійною, що не можна сказати про квадратні або прямокутні растри.

У растровій моделі просторова інформація кодується у вигляді прямокутної матриці розмір якої по стовпцях і строках відповідає розміру вихідного растру (див. рис. 1.5). Унаслідок цього положення в просторі кожного елемента растра визначається номерами стовпців та строк, в яких розміщений цей елемент.



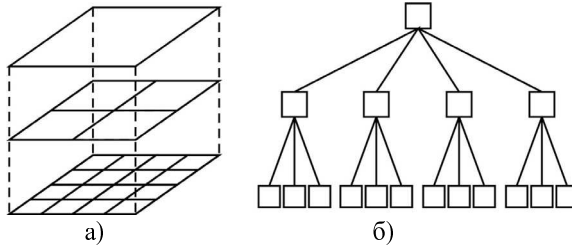
**Рис. 1.5. Растрове подання просторової інформації: а) фрагмент карти рослинного покрову (1-ліс, 2-лука), б) його растрове подання, в) відповідний масив цифрових даних.**

У картографічних зображеннях стовпці зазвичай розміщують у напрямку північ-південь, а строки – захід-схід. Як початкова комірка (з координатами 0;0, або 1;1) найчастіше приймається комірка, що розташована у верхньому лівому кутку растра.

Шари растрової інформації для бази даних ГІС можуть готуватися вручну шляхом кодування інформації для кожної комірки з наступним введенням у комп'ютер за допомогою текстового редактора або електронних таблиць. Однак виконання такої операції вимагає надто великих затрат часу. Крім того, сучасні геоінформаційні розроблення оперують значно більшими інформаційними масивами та технологіями їх оптимізації.

Суміщення семантичної та позиційної інформації є головною перевагою растрових моделей просторових даних. Водночас цей факт зумовлює один із суттєвих недоліків – необхідність великих об'ємів пам'яті для збереження оцифрованих даних у комп'ютері. Скажімо, стандартний знімок з ресурсного супутника Ландсат, що охоплює приблизно 30 000 км<sup>2</sup> при номінальному розмірі комірки 30×30 м та без застосування технологій стиснення інформації, займає понад 35мб дискового простору.

*Ієрархічні растрові структури.* Растрові дані вигідно використовувати для відображення ієрархічно організованої географічної інформації. Подання растрової інформації у вигляді декількох внутрішньо пов'язаних рівнів, при якому нижній рівень відповідає вихідному поданню растру, що має розмір N×N елементів, а кожен вищий рівень є узагальненням інформації в m-комірках нижнього рівня, носить назву пірамідального (див. рис. 1.6).



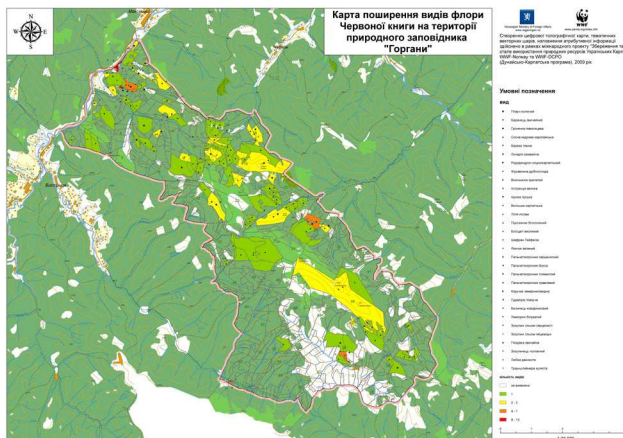
**Рис. 1.6. Подання ієрархічної растрової структури даних (а – піраміди, б – дерева)**

### 2.2.2 Векторне подання геоданих

В основі векторного методу формалізації просторових даних лежить точка (point) – первинний графічний елемент з координатами  $(x, y)$ , місце розташування якої відоме з певною точністю. Дві точки з координатами  $(x_1, y_1)$  та  $(x_2, y_2)$  утворюють лінію (line) – відрізок прямої, яка з'єднує дві точки, а замкнута послідовність ліній – полігон (polygon) [42; 59].

Сукупність цих елементів цілком достатня для опису форми як лінійних, так і площинних картографічних об'єктів, які кодуються як сукупність координат точок та містять інформацію про взаємне розташування об'єктів.

Отже, майже всі географічні об'єкти можуть бути зображені як точки, лінії та полігони (див. рис. 1.7).



**Рис. 1.7. Зразок векторної карти (на прикладі карти поширення червонокнижних видів у межах природного заповідника “Горгани”)**

Точками зображають географічні об'єкти, які є дуже малими, щоб бути відображеними лініями чи полігонами. Наприклад, місця відбору зразків ґрунту, окремі дерева тощо. Також точками відображають місцезнаходження об'єктів, які не мають площі.

Лініями зображають географічні об'єкти, які є замалими, щоб бути відображеними площинами або прорізають поверхню. Наприклад, річкові потоки, вулиці, ізогіпси тощо.

Полігони – це замкнені фігури, які відображають форму та місцезнаходження гомогенних об'єктів, наприклад таких як ґрунтові контури, контури одиниць землекористування тощо.

Растрові та векторні структури мають свої переваги і недоліки. До переваг растрових структур відносять об'єднання позиційної та семантичної атрибутики просторової інформації у єдиній прямокутній матриці, що спрощує операції з растровими зображеннями, наприклад оверлейний аналіз. Основними недоліками растрового представлення даних є досить великі об'єми файлів, недостатньо висока точність позиціонування точкових об'єктів та відображення ліній, що зумовлено усередненням інформації в межах комірки растру.

Основними перевагами векторних даних є компактність їхнього зберігання (інколи в десятки разів вища, ніж для растру), необмежена точність позиціонування об'єктів. Проте векторні структури мають значно складнішу систему опису топологічної структури даних, унаслідок чого їхнє опрацювання вимагає вирішення складних геометричних алгоритмів для визначення положення вузлових точок, стикування сегментів, закриття полігонів тощо.

Порівнювання переваг та недоліків цих двох основних структур просторових даних вказує на те, що вони взаємно протилежні один одному – часто переваги одного способу формалізації даних є недоліком іншого. Тому ця особливість зумовила необхідність доступності у найбільших програмних ГІС-пакетах опції двосторонньої конвертації цих форматів (перетворення растр-вектор, вектор-растр).

Вирішення поставлених завдань треба здійснювати, використовуючи найбільш прийнятний та ефективний формат даних. Зокрема, векторні структури здебільшого використовують для зберігання структурованої інформації з атрибутивними даними (напр., ґрунтові ареали, тип використання земель тощо), для аналізу мереж (напр., транспортних), різноманітних географічних

сіток, для збільшення якості відображення лінійних об'єктів при картографування. Растрові структури треба використовувати для швидкого накладання карт, просторового аналізу, як основу для картування певних об'єктів, при моделюванні певних поверхонь тощо.

Ідея вектор-растрового перетворення достатньо проста: точка замінюється коміркою, лінія – послідовністю комірок, полігон – сукупністю комірок із заданим розміром [30; 42].

Принцип конвертації растрових структур теж є досить простий – інформація кожної комірки зводиться до точки, положення якої відповідає зазвичай геометричному центру комірки.

### **2.2.3. Представлення у ГІС атрибутивної інформації**

Ядром кожної інформаційної системи є база даних, під якою розуміють сукупність даних, що відображає стан об'єкта, його властивості та взаємини з іншими об'єктами, а також комплекс технічних і програмних засобів для ведення цих баз даних.

Формування структури ГІС починається з формування баз даних, заснованих на територіальній (географічній) прив'язці даних, оскільки всі ГІС-системи мають справу тільки із просторово-координованими даними.

База даних ГІС включає графічні та атрибутивні дані, які можуть зберігатися разом або окремо [42].

Для внесення, зберігання, маніпулювання та виведення атрибутивної (непросторової) інформації у ГІС використовуються стандартизовані системи управління базами даних (СУБД) – комплекси програм та мов програмування, які забезпечують створення, підтримку та використання баз даних. При цьому до атрибутів здебільшого не включають геометричних властивостей, що описують топологічні характеристики географічних об'єктів. Останні впорядковують та організують з використанням особливих властивостей ГІС. Необхідний зв'язок між геометричним описом об'єктів та їхніми змістовними атрибутами у такому випадку встановлюється через ідентифікатори – унікальні номери (коди) географічних об'єктів. Атрибутивну базу даних користувач може створювати автономно у будь-якій доступній йому СУБД (наприклад, у dBASE, Microsoft SQL Server, Oracle тощо), а потім за допомогою заповнення ідентифікаційних полів атрибутивної таблиці кодами об'єктів, та з використанням програмних засобів обміну даними користувач може зв'язати її із уже створеною географічною базою даних. “Золоте правило” для розробника міститься у



точному дотриманні відповідності (однозначності) номерів (кодів) об'єктів у географічній та атрибутивній базах даних.

Існує декілька типів атрибутивних полів. До найпоширеніших відносять [38; 39]:

Континуальні числові значення (довгі та дробові числа). Такі атрибути містять числові значення, наприклад 3,4. Ці дані є змінними, тобто вони можуть обчислюватися чи вимірюватися, наприклад, відстані чи процеси. Описуваний тип даних такого об'єкта як дороги міститиме інформацію про довжину, ширину та відстань дороги.

Дискретні числові значення (короткі та цілі числа). Деякі атрибути можуть містити такі числа, які є зазвичай додатними цілими числами. Зокрема, для тих самих доріг такий тип атрибутів характерний для поля, яке містить інформацію про кількість дорожніх смуг.

Кодовані значення у вигляді коротких цілих чисел і тексту. Атрибути можуть бути кодованими. Тобто, кодоване значення по своїй суті не містить жодної прямої інформації, а є просто коротким символом, яке відображає певну характеристику об'єкту, що можуть додатково вказувати в окремих описах. Переваги таких атрибутів у тому, що вони займають мало місця, а недоліки – у втраті наочності та простоти атрибутів.

Описовий текст. Для опису чи назви певних об'єктів використовуються текстові атрибути. Наприклад, текстовими є поля, які зберігають назви адміністративних районів, типів виробничої спеціалізації сільського господарства, назви ґрунтових контурів тощо.

Часові атрибути. Поле, що містить дату ґрунтового обстеження, можна визначити як символічне. Однак можна отримати досить корисні додаткові можливості опрацювання даних, якщо дату визначити як спеціальний тип – *дата*. У цьому випадку можна, наприклад, знаючи номер місяця отримати його назву, визначити кількість днів між двома заданими датами тощо.

Ідентифікатори об'єктів. Завдяки цьому типу атрибутів можуть існувати реляційні бази даних. Саме ідентифікатори дають змогу об'єднувати велику кількість атрибутивних баз даних між собою.

Мультимедійні атрибути. Таблиці в ГІС можуть містити так звані BLOB об'єкти (binary large object). Це дає змогу інтегрувати у ГІС мультимедію, а саме: відео, зображення та звук. Наприклад, це може бути окреме поле точкового шару ґрунтових розрізів з фотографіями цих розрізів чи горизонтів.

**Контрольні запитання:**

1. Що таке растр?
2. Що таке вектор?
3. Які переваги растрового представлення даних?
4. Які переваги векторного представлення даних?
5. Назвіть складові просторової інформації в ГІС.
6. Що означає термін "пошаровий поділ карти"?
7. Що таке СУБД?
8. Які типи атрибутивних полів, які використовують у ГІС.
9. Назвіть етапи створення типової атрибутивної бази даних.
10. Які поширені типи СУБД.
11. опишіть ієрархічну модель бази даних.
12. опишіть мережеву модель бази даних.
13. опишіть реляційну модель бази даних.
14. Що таке об'єктно-орієнтована модель геоданих?

## **Розділ 3. Внесення та представлення даних у ГІС.**

### **3.1. Джерела, стандарти та формати даних.**

Джерелами даних у ГІС можуть бути паперові та цифрові карти, різні геодезичні прилади, аерофото- і космічні знімки (оброблені на спеціалізованих робочих станціях). Така інформація може бути внесена з клавіатури, за допомогою сканера або отримана з іншої комп'ютерної системи. Як відзначалося раніше, більші потенційні можливості для збирання даних у ГІС відкриває GPS (Global Positioning System) – технологія, призначена для збирання високоточної цифрової інформації про місцевість, збирання фактичних топографічних даних (географічних координат та висоти рельєфу в певній точці місцевості), при якій точність вимірів досягає декількох сантиметрів [39; 78].

Усі вихідні дані можуть бути поділені на дві групи: цифрові та нецифрові (аналогові), оскільки від форми даних залежить простота, вартість і точність внесення цих даних у цифрове середовище ГІС.

Найбільш зручним та ефективним джерелом даних для формування тематичних структур є географічні карти, оскільки вони мають територіальну прив'язку, не мають розривів територіальної цілісності у межах описуваної ділянки та в більшості випадків є частково формалізовані для векторизації.

Топографічні та загальногеографічні карти різних масштабів у геоінформації слугують для двох цілей – отримання інформації про зазначені просторові об'єкти, та про їхню прив'язку. Також, різні групи тематичних карт є важливим джерелом формування спеціалізованих баз даних – ґрунтових, геологічних, метеорологічних, геоботанічних, ландшафтних, економічних, політичних тощо.

Оперативність отримання вихідних даних та постійне оновлення баз даних є головною вимогою багатьох прикладних ГІС. Це завдання може бути вирішене завдяки використанню даних дистанційного зондування. Сьогодні дані дистанційного зондування поряд із традиційною картографічною інформацією становлять базу інформаційну основу ГІС-технологій. При цьому відбувається постійне збільшення питомої ваги даних дистанційного зондування

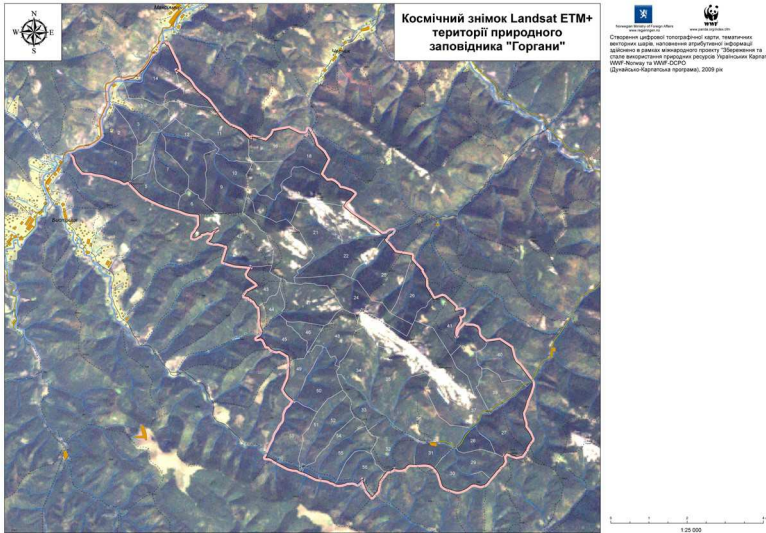


основою для створення ГІС. Для аерофотознімання використовують різні оптичні фотокамери з фокусною відстанню (від 50 мм до 1000 мм) [19].

З кожним роком збільшується питома вага супутникових даних.

Для використання даних у ГІС супутники ділять на три типу:

- супутники для визначення координат;
- для знімання об'єктів на земній поверхні;
- для знімання рельєфу земної поверхні.



**Рис. 1.9. Космічний знімок на територію природного заповідника “Горгани”**

Для визначення координат були створені супутникові системи, наприклад GPS (США), ГЛОНАС (Росія), GALILEO (EU). Системи цих трьох типів подібні між собою, GPS і ГЛОНАС мають три орбітальні площини на висоті над землею поверхнею близько 20 000 км, на яких розташований 21 активний супутник і 5 – 6 запасних. Супутникова система GALILEO почала функціонувати з початку 2006 року і теж має три орбітальні площини на висоті над землею поверхнею близько 24 000 км, на яких розташовані 30 супутників (по 10 супутників на кожен площину). Кожен із супутників постійно передає на землю зашифровану інформацію

про координати власного актуального місце – розташування (координати  $x$ ,  $y$ ,  $z$  і всесвітній час  $t$  (грец. – тау)). Для GPS приладів необхідно отримати вищезгадані чотири параметри щонайменше із чотирьох різних супутників.

Для отримання зображень об'єктів, розташованих на земній поверхні, наприкінці минулого століття використовувались знімальні системи оптичного діапазону, які дозволяли отримувати сателітні знімки роздільною здатністю 1 – 2 м. Використовували моно- та багатоспектральні камери, які працювали у різних діапазонах, у тому числі ультрафіолетовому й інфрачервоному (див. рис. 1.9). При такій високій роздільній здатності на отриманих зображеннях можна було відстежувати межі зон з різною температурою, вологістю, густиною та типом рослинного покриву тощо.

Головним недоліком фотографічних систем є недостатня оперативність – необхідно чекати повернення плівки із супутника, проявлення, а для використання в ГІС її ще необхідно сканувати. Тому сьогодні найбільшого поширення набули цифрові знімальні системи – сканери, які застосовують насамперед для цілей оперативного моніторингу.

Серед найбільш відомих космічних багатозональних систем можна виділити : SPOT (Франція), LANDSAT (від 7 м), ICONOS (1 м), QuickBird (0,6 м) (США). Такі системи можуть проводити безперервне знімання території й передавати сигнал на наземні прийомні станції у режимі реального часу. Для комерційних замовників розроблені пересувні станції для прийому й попереднього опрацювання сигналу із систем SPOT, LANDSAT, ICONOS (радіус прийому до 2500 км).

Особливої уваги заслуговують радарні знімки. Основною їхньою перевагою є незалежність від часу доби та року, погодних умов (хмари не становлять перешкоди для радара). Радіохвилі довжини менш 10 см чутливі до нерівностей поверхні (розрізнення 15 – 50 м.). Довші хвилі є чутливі до вмісту вологи, у деяких випадках вони здатні проходити крізь поверхневі шари та передавати інформацію про підповерхневі явища [36; 73].

Що стосується отримання інформації про рельєф земної поверхні, то як приклад можна згадати проведену в березні 2000 року десятиденну місію космічного корабля багаторазового використання, протягом якої було відзнято рельєф близько 80 % земної поверхні з точністю 4 – 16 м.

Конкретні реалізації різних структур даних зумовлюють появу безлічі їхніх форматів, які використовують у програмних засобах ГІС. Більша частина цих форматів не є властиво “геоінформаційними”, оскільки були створені для потреб векторних систем автоматизованого проектування (DXF для AUTOCAD, DGN для Microstation) або растрових графічних редакторів (TIFF, PCX, GIF, PICT тощо).

До форматів, які розроблені спеціально для програмних засобів ГІС відносимо SHP - ArcView, ArcGIS; Coverage – ArcInfo; DAT – MapInfo; DMF – Digital та ін.

Необхідність робіт у галузі стандартизації обміну просторовими даними вже давно усвідомили провідні розроблювачі ГІС і тому зараз існує можливість конвертувати між собою практично всі формати даних. Сучасні розвинені стандарти прагнуть включати якомога більше число моделей подання просторової інформації.

На базі стандартів просторових моделей даних будуються специфікації обміну даними у різних предметних галузях (ландшафтознавстві, земельному кадастрі), де визначаються класифікатори інформації, переліки об’єктного складу, структури баз алфавітно-цифрової інформації, системи умовних знаків та інші елементи.

Важливою проблемою є практична реалізація єдиного стандарту для користувача. Специфікація стандарту повинна описувати структуру файлів даних, протоколи обміну, визначати набори функцій та їхніх параметрів. На практиці це повинно виглядати як певні рекомендації з використання таких форматів, тобто опис структури текстового файлу із супровідною інформацією. Користувачі також повинні одержати рекомендації для оцінки можливого використання тих або інших даних у їхніх системах.

### **3.2. Внесення, виведення та представлення даних у ГІС.**

Головне функціональне завдання внесення даних у ГІС – це створення цілісного інформаційного цифрового образу досліджуваного об’єкта або явища на основі перетворення графічної інформації у цифровий вигляд та внесення її в комп’ютер. Тому, це найважливіший і трудомісткий етап організації прикладних ГІС систем. За оцінками фахівців, вартість внесення даних часто становить 80 % від загальної вартості проектувальних та організаційних робіт, оскільки практично всі технології внесення даних досить трудомісткі [42].

На сучасному етапі зростає роль автоматизованих технологій внесення даних у ГІС. Проте автоматизоване внесення часто ускладнює процес корекції та редагування, тому частіше використовуються “напіваавтоматизовані” технології, коли кожен крок машини контролює досвідчений оператор. Крім того, до вихідних документів, призначених для автоматизованого внесення, ставляться чіткі вимоги (формат, чіткість, контрастність), що для більшості існуючих картографічних й інших матеріалів означає громіздкі підготовчі роботи.

Правильна організація вихідних даних може скоротити матеріальні затрати і час, необхідні для етапу внесення даних у ГІС. Поділ цифрових даних на окремі шари – це один із способів обійти слабе місце внесення – геокодування, тобто процес зв’язування просторових і атрибутивних даних. Картографічні дані розділяються на тематичні шари, які містять однотипні просторові об’єкти – будинки, ділянки землекористування, ґрунтові контури тощо, після чого кожен тематичний шар векторизується окремо.

Вихідні карти можуть мати різні проекції й масштаби, тому для спільного використання в одній базі даних вони повинні бути приведені до єдиної координатної системи. Атрибутивну інформацію систематизують, і якщо є потреба, кодуються та приводять до табличної форми.

Найпоширенішим є три способи перетворення графічної інформації в цифрову форму: точковий, лінійний і сканування. При точковому способі використовують пристрої, які в літературі називають по-різному: кодирувальний планшет, цифрував, дідітазер (від англ. digit – цифра), а сам процес – дідіталізацією (цифруванням). При ручному або лінійному способі дідіталізації споживач має можливість попередньо відсортувати інформацію, вести опрацювання різноманітних планів, карт і креслень без спеціальної їхньої підготовки [42].

Існують різні способи внесення даних.

Непросторові дані вводять головню за допомогою клавіатури, однак іноді такий спосіб застосовують і для просторових даних (внесення координат у спеціальний текстовий файл). Для масового внесення просторових даних використовують спеціальні пристрої: дідітайзери та сканери.

Дідітайзери вважають технологічно застарілим способом внесення даних. Головним принципом роботи дідітайзера є зчитування з робочого



поля пристрою координат окремих точок з їхнім наступним перетворенням у координати ГІС. Перед початком векторизації вводять встановлені координати контрольних точок, відносно яких розраховується основне робоче поле та прив'язка. Мінімально необхідна кількість таких точок – 4, збільшення кількості точок до деякої міри підвищує точність внесення. Як контрольні точки на карті вибирають стаціонарні відносно незмінні об'єкти, позначені на картах різних масштабів, для яких можливе точне визначення географічних або топографічних координат. Це можуть бути пункти триангуляційної геодезичної мережі, перехрестя доріг, вежі, вишки, кути великих будинків і т. д. Координати контрольних точок можуть зберігатися у спеціальних списках та використовуватися для подальшої просторової прив'язки карт.

Режими внесення за допомогою дигітайзерів визначаються можливостями програмного забезпечення. Зчитування координат точок з дигітайзера здійснюється у двох режимах: ручному й потоковому (stream). У ручному режимі користувач сам визначає, де й з якою частотою він ставить точки; у потоковому – задають мінімальну відстань, на якій система автоматично розставляє точки, в той час як користувач просто веде курсором дигітайзера вздовж межі об'єкта.

Точність внесення за допомогою дигітайзерів визначається декількома чинниками. Насамперед, це властиво картографічні похибки, наприклад, залізна й автомобільна дороги, які проходять поруч, на карті займають набагато більшу ширину, ніж насамперед на місцевості. Часто суттєві похибки виникають при прив'язці карт за допомогою контрольних точок. Це похибка при визначенні координат точок або при позиціюванні курсору на полі дигітайзера під час векторизації.

Дигітайзери можуть мати розміри робочого поля від 12" на 12" до 32" на 62" при точності внесення даних до 0,05 мм (у більшості – до 0.1 мм).

До пристроїв автоматичного й напівавтоматичного внесення просторової інформації відносять сканери (scanner), з допомогою яких можна зчитувати (сканувати) з певною роздільною здатністю все поле карти чи іншого зображення, та перетворювати його в графічний растровий файл (див. рис. 1.10). Швидкість внесення інформації за допомогою сканера досить велика: аркуш формату А3 зазвичай сканується 5 секунд для монохромного варіанта, 10 – 20 секунд для кольорового. Зрозумілим є те, що відскановані карти – це є растрові зображення, тому в більшості випадків їх треба векторизувати.



**Рис. 1.10. Зразок сканера А0 формату**

Для якісного сканування карт необхідно дотримуватись таких вимог:

- скановані документи повинні бути чистими, тобто не мати сторонніх знаків, ліній або написів;
- лінії повинні мати ширину не менше 0,1 мм;
- лінії повинні мати по можливості просту форму (не мати розривів, потовщень, текстових включень і т. д.).

Якщо вихідні документи добре оформлені і відповідають вищезгаданым вимогам, то наступне опрацювання даних не займе багато часу.

У процесі векторизації здійснюється аналіз зображення та розпізнавання картографічних символів. Відомо, що найкраще розпізнаються суцільні відтинки прямих ліній та інші графічні символи (кола, прямокутники). У випадку розривів ліній, зміни товщини, перетинання з іншими лініями або текстом, наявності фонового заповнення або точкових перешкод процес розпізнавання значно ускладнюється і вимагає більш інтелектуальних алгоритмів векторизації.

Для векторизації застосовують спеціальні програмні комплекси – векторизатори, які є складовою сучасних ГІС. Крім

того, існує спеціалізоване програмне забезпечення, яке працює поза пакетами ГІС й інколи навіть прирівнюється з ними за складністю та рівнем інтерфейсу. Зокрема, серед найбільш відомих векторизаторів треба відзначити TRACK, Easy Trace, MapEDIT та ін.

Ще одним важливим джерелом даних можуть бути бази даних інших систем. Більшість оболонок ГІС включають функції перетворення (імпорту/експорту) даних з інших розповсюджених систем і стандартних графічних форматів [42].

Готові бази даних, які вільно продаються на ринку спеціалізованими комерційними компаніями чи державними організаціями, мають найрізноманітніше тематичне й територіальне охоплення. Зокрема, найбільшою популярністю користуються електронні бази даних дорожньої мережі та пов'язаної з нею інфраструктурою як локального, так і національного рівня. Існують кілька варіантів цифрового Атласу світу (масштаб 1:1000000), який включає набори тематичних шарів (рельєф, гідрографія, державні й адміністративні межі, рослинність, ґрунти, клімат, населення тощо).

В останні роки для опису просторових елементів (особливо в галузях освіти та бізнесу) все частіше використовуються фотозображення та відеозображення.

Розробляють та широко впроваджують у повсякденну практику системи автоматизованого картографування (MapInfo, ArcGIS, ArcView й інші), даючи можливість все більшій кількості користувачів самостійно створювати та продукувати картографічну продукцію. Проте зауважимо, що процес аналізу та представлення просторової інформації – це не тільки простий підбір тематичних шарів, умовних знаків і масштабів.

Візуалізація – це процес перетворення (перенесення) інформації, закодованої у базі даних ГІС у доступнішу для розуміння її людиною. Що саме оператор-картограф намагається передати користувачеві інформацією і яке відношення це має до змісту бази даних?

Інформація у базі даних – це свого роду формалізація об'єктів і явищ реальної дійсності. Інформація, передана кінцевому користувачеві у вигляді картографічної продукції, повинна відображати реальну дійсність, а не вихідну базу даних. Для процесу візуалізації необхідна наявність таких компонентів:

- бази даних, які містять інформацію;
- апаратні засоби для відображення інформації (монітор, принтер і т. д.);

- візуальні здатності людини;
- опрацювання сприйнятого образу в свідомості людини.

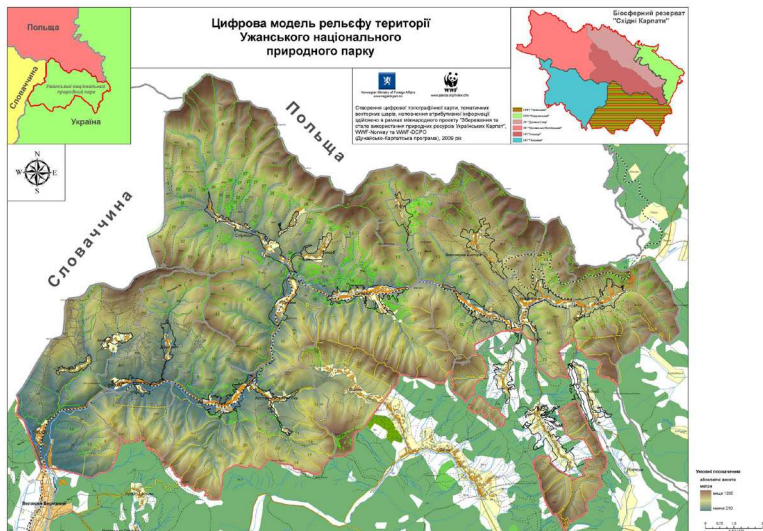
Правильне сприйняття залежить від функціонування усіх цих компонентів, але головним є суб'єктивне сприйняття карти користувачем. Окремі користувачі можуть не мати навичок читання карт, інші можуть працювати із складними й насиченими інформацією зображеннями, проте швидко втрачають інтерес і шукають альтернативні джерела. Процес створення оптимальної для кожного конкретного випадку карти – це своєрідна фільтрація інформації з метою усунення небажаної складності, показу важливих особливостей або певних тенденцій. Візуалізація повинна містити певний рівень деталізації, необхідний для конкретної категорії користувачів, від загального короткого огляду до детального розуміння.

Ефективна візуалізація вимагає розуміння картографічних символів користувачем. В ідеальному випадку набір картографічних символів зрозумілий будь-якому користувачеві, немає двоїстих тлумачень змісту символів, набір символів може розширятися і модернізуватися. Класи картографічних символів звичайно відповідають класам просторових об'єктів: точка, лінія, полігон.

Саме візуальні розбіжності серед символів карти передають інформацію. Людське око оцінює взаєморозташування та відстані між символами, їхні кольори, насиченість, взаємний розмір і форму, інтервал, орієнтацію тощо. Тому розбіжності символів повинні бути помітні.

Тривимірні зображення є самим “видовищним” елементом у відображувальних можливостях ГІС (див. рис.10). Більшість систем працюють з контурними тривимірними зображеннями у вигляді прямокутних (DEM-модель) або трикутних (TIN-модель) мереж пересічених ліній [70; 81].

Сучасні ГІС містять спеціальні модулі для роботи з тривимірними зображеннями, наприклад функції згладжування та заповнення рельєфу. Таке кольорове заповнення наочно відображає положення на висоті над рівнем моря, орієнтацію щодо джерела світла (Сонця) або будь-яку іншу якісну чи кількісну характеристику. Іноді на отриману в такий спосіб модель рельєфу можуть накладатися двомірні карти для візуального аналізу або тривимірні умовні знаки (див. рис. 1.11).



**Рис. 1.11. Тривимірна модель рельєфу території Ужанського національного природного парку**

Зовнішній вигляд та якість картографічних документів, що виготовляють за допомогою ГІС, визначають технічними характеристиками доступних периферійних пристроїв: моніторів, плотерів і принтерів (струменевих та лазерних) (рис.1.12).



**Рис. 1.12. Зразок плотера**

Монітори та принтери відображають інформацію за допомогою масивів кольорових крапок-пікселів (pixels). Розмір пікселя визначає найменший розмір умовного знака – точність позиціонування та роздільну здатність.

Здебільшого принтери використовують при виведенні малоформатної документації (текстові документи, невеликі одноколірні креслення, схеми).

Для виводу широкоформатних креслень у кольорі використовують пристрої, що одержали назву плотерів (від англ. blot – наносити на карту). За принципом побудови зображення розрізняють векторні і растрові плотери. Через низьку продуктивність векторних плотерів практично всі відомі фірми припинили їхнє виробництво. Проте цей тип плотерів не втратив своєї актуальності у високоточному виробництві. Серед растрових технологій (електростатичних, лазерних, термотехнологій) виділяються плотери зі струменевою технологією друку. При виведенні креслень, карт, схем підвищеної складності, насичених кольоровими елементами, струменеві плотери набагато ефективніші від растрових [42].

#### **Контрольні запитання:**

- 1. Назвіть основні джерела даних у ГІС.*
- 2. Географічні карти як один з ефективних та поширених джерел даних у ГІС.*
- 3. Як поділяються космічні супутники за типом даних, які використовуються у ГІС?*
- 4. Які формати даних використовуються у ГІС.*
- 5. Автоматизований та напівавтоматизований способи внесення даних у ГІС.*
- 6. Дігітайзер як один із засобів внесення просторових даних у ГІС. Головні його недоліки.*
- 7. Які вимоги, ставляться перед даними до початку сканування?*
- 8. Нові можливості відображення просторової інформації у ГІС.*
- 9. Візуалізація даних у ГІС.*
- 10. Які технологічні можливості представлення даних у ГІС.*

## Розділ 4. Основні методи просторового ГІС-аналізу

### 4.1. Просторові взаємозв'язки між об'єктами у ГІС.







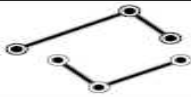


Описана у попередніх розділах геометрична система об'єктів у ГІС характеризується набором логічних операцій, які відстежують просторові взаємозв'язки між базовими та порівнюваними геометричними об'єктами у ГІС. Ці операції (команди) можуть бути використані для всіх геометричних об'єктів, а саме точкових, багатоточкових, поліліній та полігонів [38; 42].

Базові геометричні об'єкти слугують основою для операційних запитів системи, в той час як порівняльні геометричні об'єкти виступають лише в ролі параметрів. Результатом таких реляційних запитів є логічна оцінка системи. Зауважимо, що в процесі цих операцій жодних нових геометричних об'єктів не створюється.

Коротко розглянемо основні типи просторово-реляційних взаємозв'язків у ГІС.

Ідентичність (тотожність або рівність) об'єктів (equals).



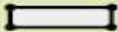



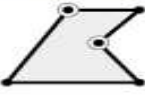

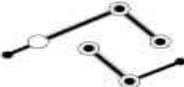
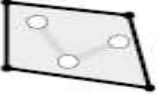

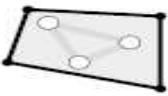
Запит: Чи ідентична базова геометрія порівнюваній?

		Базова геометрія		
				
Порівнювальна геометрія			Ідентичність об'єктів неможлива	Ідентичність об'єктів неможлива
		Ідентичність об'єктів неможлива		Ідентичність об'єктів неможлива
		Ідентичність об'єктів неможлива	Ідентичність об'єктів неможлива	

Для того щоб це було справді так, необхідно, щоб всі точки геометричних фігур базових та порівняльних об'єктів мали однакові координати.

Вмістимість об'єктів (містити об'єкти) (contains).











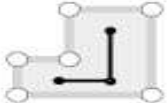

Запит: Чи може містити базова геометрія об'єкти з порівнюваної геометрії?

		Базова геометрія		
				
Порівнювальна геометрія				
		Вмістимість об'єктів неможлива		
		Вмістимість об'єктів неможлива	Вмістимість об'єктів неможлива	

Базова геометрія може містити порівнювальну геометрію у випадку, коли вся множина точок порівнювальної міститься в середині базової геометрії.

Включення (бути в середині) об'єктів (within).

Запит: Чи може містити базова геометрія об'єкти порівнюваної?



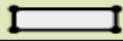


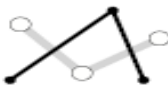
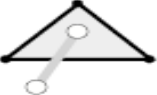

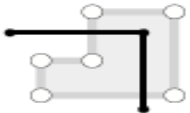
		Базова геометрія		
				
Порівнювальна геометрія			Включення об'єктів неможливе	Включення об'єктів неможливе
				Включення об'єктів неможливе
				

Для базової геометрії бути включеним в порівнювальну геометрію означає містити в середині порівнюваної геометрії всю свою множину точок.

Перетин об'єктів (crosses).

Запит: Чи перетинає базова геометрія об'єкти порівнюваної?



		Базова геометрія		
				
Порівнювальна геометрія		Перетин об'єктів неможливий	Перетин об'єктів неможливий	Перетин об'єктів неможливий
		Перетин об'єктів неможливий		
		Перетин об'єктів неможливий		Перетин об'єктів неможливий

Для базової геометрії перетинати порівнювальну геометрію означає частково її перекривати (трохи більше половини геометрії).



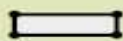

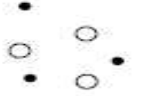
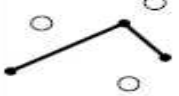






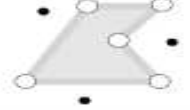
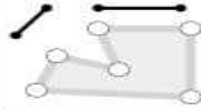

Дві лінії можуть перетинатися в окремих точках, а лінія та полігон – у певних відтинках ліній.

Поняття перетину полігонів цих двох геометрій відсутнє. У такому випадку ми говоримо про накладання.

Окремість (роз'єднаність) об'єктів (disjoint).


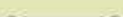
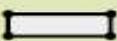

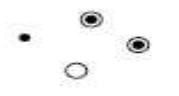



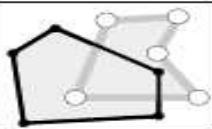
Запит: Чи є окремими базова геометрія і порівнювальна?

Для того, щоб це було справді так, необхідно, щоб всі точки геометричних фігур базових об'єктів не накладалися на порівнювальна геометрію.

		Базова геометрія		
				
Порівнювальна геометрія				
				
				

Перекриття об'єктів (overlaps).



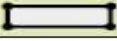









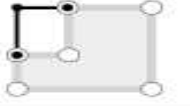

Запит: Чи перекриває базова геометрія об'єкти порівнювальної?

		Базова геометрія		
				
Порівнювальна геометрія			Перекриття об'єктів неможливе	Перекриття об'єктів неможливе
		Перекриття об'єктів неможливе		Перекриття об'єктів неможливе
		Перекриття об'єктів неможливе	Перекриття об'єктів неможливе	

Базова геометрія перекриває порівнювальну геометрію у тому випадку, коли базова геометрія частково збігаються з порівнювальною геометрією.

Дотичність об'єктів (touches).

Запит: Чи є базова геометрія дотичною до об'єктів порівнювальної?

		Базова геометрія		
				
Порівнювальна геометрія		Дотичність об'єктів неможлива		
				
				

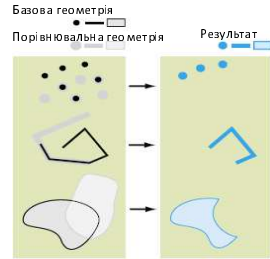
Два геометричних об'єкти дотикаються один до одного тільки у випадку, коли їхні межі накладаються.

Геометрична система у ГІС дає змогу виконувати певні операції з геометричними фігурами. Завдяки цим операціям існує можливість аналізу геометрії всіх трьох типів геометричних об'єктів у ГІС.

Розглянемо основні типи просторових топологічних операцій у ГІС [38].

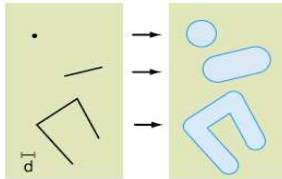
Різниця (difference).

Ця операція залишає геометрію, яка є “чистою” (тобто не міститься у порівнювальній) у базовій геометрії і вирізає всю з порівнювальної.



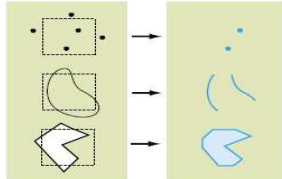
Буфер (buffer).

Завдяки цій операції будується буферна зона (полігон) навколо заданих геометричних об'єктів. Відстань від межі буфера до геометричного об'єкта є меншою або дорівнює заданій буферній відстані.



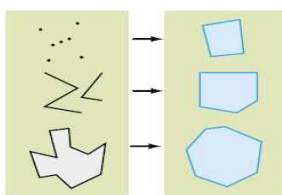
Охоплення (clip).

Завдяки цій операції утворюються геометричні об'єкти, які знаходяться всередині або на межі наперед заданих фігур.



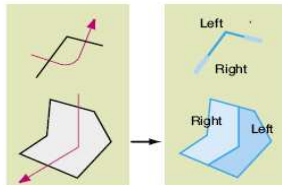
Випукла оболонка (convex hull).

Завдяки цій операції утворюються геометричні об'єкти, в яких відбувається з'єднання та замикання усіх точок фігури. Іншими словами, утворюється найменший полігон, який може вмщати певну геометричну фігуру.



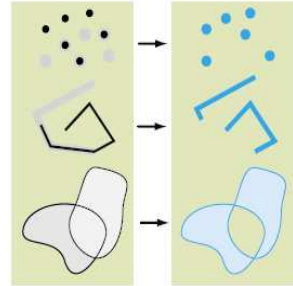
Вирізання (cut).

Завдяки цій операції відбувається поділ геометричної фігури на дві частини (іншими словами, полігон або полілінія розрізається чи ділиться). Зрозуміло, що для точкових об'єктів цю операцію не застосовують.



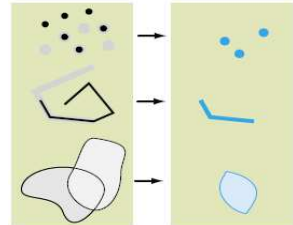
Перетин (intersect).

Ця операція порівнює базову геометрію з іншою (порівнювальною) геометрією, яка частково перекривається базовою. Як наслідок, залишаються тільки ті фрагменти (точки, сегменти ліній, частини полігонів), які містять точки з обох типів геометрій.



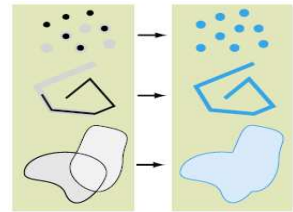
Симетрична різниця (symmetric difference).

Ця операція порівнює базову геометрію з іншою (порівнювальною) геометрією, яка частково перекривається базовою. Як наслідок, залишаються фрагменти (точки, сегменти ліній, частини полігонів), які містять точки з обох типів геометрій, виключаючи при цьому фігури, які накладаються з обох типів геометрій.



Об'єднання (union).

Ця операція порівнює базову геометрію з іншою (порівнювальною) геометрією, яка частково перекривається базовою. Як наслідок, відбувається об'єднання (злиття) двох типів геометрій.



**4.2. Картометричні операції у ГІС**

Просторові дані, які зберігаються в цифрових форматах ГІС, здебільшого враховують вимоги швидкого доступу до інформації для того, щоб виконати над ними традиційні види картометричних операцій. До таких операцій насамперед відносять вимірювання довжин, площ і периметрів об'єктів, визначення дистанції та напрямку між об'єктами, побудова профілів, розрахунок об'ємів тощо. Проте в сучасних ГІС-пакетах картометричні операції використовуються в ширшому аспекті.

Усі методи аналізу картографічних цифрових матеріалів значно змінюються, залежно від технічного оснащення. Існують різні рівні автоматизації картографічних досліджень [19]:

– візуальний аналіз, тобто читання карт, окомірне співставлення та зорова оцінка досліджуваних об'єктів;

– інструментальний аналіз – застосування вимірювальних приладів і спеціального обладнання;

– комп'ютерний аналіз, який виконується в автоматичному або інтерактивному режимі з використанням спеціальних алгоритмів, програм або геоінформаційних систем.

Усі прийоми на різних рівнях автоматизації можуть бути використані для роботи з окремою картою або з серіями карт чи атласами.

**Метод опису за допомогою карти** – традиційний і загальновідомий метод аналізу карт. Його ціль – виявити досліджувані явища, особливості їхнього розміщення і взаємозв'язку. Такий науковий опис повинен бути логічним, упорядкованим і послідовним. Він відрізняється відбором і систематизацією фактів, введенням елементів порівняння й аналогій. В опис часто вводять кількісні показники й оцінки, включають таблиці й графіки. У висновку формулюються кінцеві положення та рекомендації. Описи можуть бути загальними комплексними (такі, наприклад, загальногеографічні описи) або поелементними (напр., опис тільки карстового рельєфу).

Навіть у цей час, коли для аналізу карт широко залучаються математичні методи й комп'ютерні технології, описи не втратили свого значення. Виконуючи якісний аналіз явищ і їхніх взаємозв'язків, дослідник здатний прийти до висновків значно глибших, ніж при дотриманні певних алгоритмів, чи при поділу дослідження на елементарні логіко-математичні операції. Метод опису побудований, головню, на візуальному аналізі карт, і дозволяє сформувати образне й цілісне уявлення про досліджуваний об'єкт та зробити висновки синтетичного характеру, застосовуючи для цього неформальні евристичні підходи.

**До графічних методів** належать побудова по картах різних профілів, розрізів, графіків, діаграм, блок-діаграм, інших дво- і тривимірних графічних моделей.

Для аналізу серій карт різної тематики зручно використовувати комплексні профілі, на яких сполучаються, наприклад, гіпсометричний профіль, геологічний розріз, ґрунтово-рослинний покрив, графіки гідрокліматичних показників тощо.

**Графоаналітичні методи** аналізу карт – картометрія та морфометрія – призначені для виміру та обчислення на картах показників розмірів, форми і структури об'єктів. Ці методи докладно розроблені у картографічному методі дослідження.

Методи картометрії дають змогу безпосередньо вимірювати такі показники:

- географічні та прямокутні координати;
- довжини прямих і звивистих ліній, відстані;
- площі;
- об'єм;
- вертикальні та горизонтальні кути та кутові величини.

Крім того, за допомогою картометричних методів встановлюється точність вимірів на картах.

На відміну від картометрії, морфометрія займається розрахунком показників форми і структури об'єктів. Їхня кількість досить велика – до декількох сотень, і їх важко аналізували. Найпоширенішими є такі групи показників і коефіцієнтів:

- обрис (форма) об'єктів;
- кривизна ліній і поверхонь;
- горизонтальне розчленування поверхонь;
- вертикальне розчленування поверхонь;
- нахили та градієнти поверхонь;
- щільність, концентрація об'єктів;
- густина, рівномірність мереж;
- складність, роздробленість, однорідність/неоднорідність контурів.

**Прийоми математико-картографічного моделювання.** Формалізоване картографічне зображення може досить просто піддаватися математичному аналізу. Як згадувалося вище, кожній точці на карті з координатами  $x$  і  $y$  у поставлено у відповідність лише одне значення картографованого параметра  $z$ , що дає змогу відобразити зображення цього явища як функцію  $z = P(x, y)$ . В інших випадках картографічне зображення зручно відображати як поле випадкових величин і використати для його аналізу статистичні методи та методи теорії ймовірності.

Вивчаючи картографічні операції у ГІС, важливо знати, що будь-які карти, паперові або електронні, завжди побудовані на певній координатній основі. Координати використовуються для ідентифікації місця розташування об'єкта у просторі відносно певних точок відліку. У традиційній картографії та в електронних картах використовують два типи координатних основ – планову та глобальну. На паперових картах залежно від масштабу може використовуватися одна з координатних

основ: зазвичай це широта і довгота (глобальна основа) або топографічна сітка (планова основа). Деякі спеціальні карти можуть бути виконані в інших системах координат, наприклад, полярних, або спеціально розроблених для конкретного випадку локальних координат [19; 42].

Незручності пов'язані з інтеграцією різних картографічних джерел з різнорідною математичною основою, включаючи різнотипність проєкцій, з'являються вже на етапі внесення картографічної інформації в базу даних ГІС. У більшості систем векторне і растрове представлення просторових об'єктів описують за їхнім місцеположенням в умовних одиницях: прямокутних декартових координатах карти-джерела. Для трансформації записів координат об'єктів з однієї системи координат або картографічної проєкції в іншу потрібні відомості про параметри проєкції карти-джерела.

Відомості про координатну основу цифрових даних – це вимога, яка часто є обов'язковою навіть для завдань, які не стосуються трансформації координат і проєкцій. Багато пакетів ГІС вимагають перед початком роботи вказати математичну основу просторових даних.

Сучасні комерційні програмні засоби ГІС не вимагають від користувача досконалого знання параметрів проєкцій. Ці параметри заздалегідь уведено в спеціальну базу даних, що дає змогу вибирати нові картографічні проєкції простим вибором зі списку. Список доступних проєкцій у різних системах може бути різний.

Програмні засоби ГІС надають користувачеві можливість виконувати низку трудомісних операцій: змінювати масштаб та генералізація карт, розрахунок площ, довжин ламаних ліній, координат центрів полігонів. У більшості ГІС-пакетах площу і периметр відносять до обов'язкових атрибутів полігонів. Їхні значення автоматично вписуються в поля спеціальних реляційних таблиць. Також обов'язкові атрибути присутні у таблицях похідних полігональних шарів, які генеруються у процесі виконання операцій видалення або доповнення границь полігонів, при виконанні оверлейових операцій. Для векторного представлення даних використовуються алгоритми, які ґрунтуються на формулах аналітичної геометрії: розрахунок довжин ліній як суми лінійних сегментів, обчислення площ полігонів шляхом сумування позитивних і негативних площ трикутників з яких вони складаються тощо. У випадку растрового подання просто підраховують кількість комірок, які мають те чи інше значення [42].

При вимірюванні відстаней між об'єктами використовують різні алгоритми залежно від типу координатної основи, способу подання даних та поставленого завдання.

Деякі системи при побудові моделі даних використовують параметри еліпсоїдів, які відображають форму земної поверхні. У цьому випадку вимірювання здійснюють з урахуванням кривизни земної поверхні, що дає змогу уникнути значних похибок, пов'язаних із використанням картографічних проекцій, особливо на дрібномасштабних картах.

Більш складні алгоритми використовуються при вимірюванні відстаней та площ на цифрових моделях рельєфу. Вимірювання можуть проводитися у двох варіантах: “in air” – визначення площ та відстаней без врахування складності земної поверхні та “on ground” – визначення площ та відстаней здійснюється з урахуванням всіх нерівностей рельєфу.

Існують деякі проблеми, що суттєво можуть впливати на точність вимірів у ГІС. Наприклад, у системах з растровим представленням даних для запису координат використовують цілі числа. У цьому випадку максимальна точність визначення координат, і, відповідно, всіх пов'язаних із цим вимірів не перевищує 1, рівної розміру комірки. Векторні системи використовують для запису координат реальні числа (із плаваючою крапкою), що суттєво підвищує точність запису. Залежно від кількості знаків після коми поле координат може бути представлене практично безперервним числом.

Точність картометричних вимірів у векторних системах також визначається встановленими одиницями виміру. Системи з розвиненим інтерфейсом містять налаштування, які розроблені спеціально для певних галузей використання ГІС: дво- і тривимірне картографічне креслення, архітектурне креслення, машинобудівне креслення тощо. Крім того, у більшості систем є можливість вибирати різні стандартні або національні одиниці виміру відстаней і площі: милі, кілометри, фути, метри.

Точність прив'язки даних і, відповідно, точність вимірів може зростати за рахунок використання нових технологій внесення даних. Зрозуміло, що найбільші похибки виникають при ручному внесенні інформації.

Трохи зменшується ймовірність похибок при скануванні карт. У цьому випадку точність визначається якістю оригіналу карти та роздільною здатністю сканера.



Дуже висока точність досягається при використанні технологій GPS. Деякі моделі приймачів GPS здатні визначати місце розташування з точністю до 1/10000 кутової секунди, що на місцевості відповідає 3 – 6 мм [24]. Координати просторових об'єктів зчитуються з дисплея приймача і можуть бути отримані в режимі так званого точного внесення. Деякі системи містять спеціальні програмні модулі для прямого зчитування координат об'єктів з накопичувача приймача GPS. Ця технологія дає змогу усунути із процесу внесення та опрацювання даних порівняно неточні та ненадійні карти на паперовій основі, здійснюючи векторизацію будь-яких просторових об'єктів відразу у польових умовах.

Розроблені та широко використовуються у картовидавничих установах пакети ГІС для фотограмметрії та складання топографічних карт за матеріалами наземних вимірів, аеро- і космознімання. Ці системи орієнтовані на опрацювання високоточних знімків за допомогою спеціальних станцій, що дають можливість будувати цифрові моделі рельєфу за підібраними стереопарами знімків.

### **4.3. Просторово-часова статистика**

Методи та процедури статистичного аналізу і моделювання широко використовуються в географічних дослідженнях багатьох географічних явищ, як природних, так і соціально-економічних. Поряд з використанням стандартних непросторових статистичних алгоритмів, широко представлені такі методи математичної статистики як просторова статистика або іншими словами – геостатистика [42].

Які особливості має й що нового дає статистичне моделювання та аналіз у середовищі ГІС?

Однією з головних переваг просторової ГІС-статистики є широкі можливості візуалізації процесу статистичного моделювання на всіх його етапах, починаючи з вибору необхідних для аналізу географічних об'єктів, інтерактивного графічного подання проміжних результатів у вигляді різних комп'ютерних діаграм і динамічно зв'язаних “вікон”, та закінчуючи складними тримірними зображеннями геостатистичних поверхонь та об'ємів. У такий спосіб створюється інформаційне середовище, в якому дослідникові набагато легше приймати рішення у процесі статистичного моделювання й аналізу географічних явищ.

Ще одним напрямом розвитку просторової ГІС-статистики є розроблення інтерфейсу, що забезпечує можливість більше тісного

поєднання комерційних ГІС-пакетів із стандартними статистичними пакетами. При цьому для експорту необхідних файлів з ГІС використовується формат ASCII (кодування тексту) [37].

#### 4.4. Оверлейновий аналіз у ГІС

Оверлейнові операції (операції накладання) є одними із самих потужних і розповсюджених аналітичних алгоритмів, які використовуються у середовищі ГІС. Ці операції ґрунтуються на накладанні двох і більше картографічних шарів з подальшим створенням похідних об'єктів, які виникають при такому геометричному накладанні. Атрибутивна інформація, прив'язана до вихідних об'єктів, може переходити до похідних об'єктів у незмінному вигляді або з використанням різних обчислювальних алгоритмів (обчислення середнього, підсумовування тощо). Часто в обчислювальних алгоритмах операції накладання використовуються логічні операції типу AND, OR або NOT [70].

В оверлейнових операціях можуть використовуватися різні типи просторових об'єктів: точкові, лінійні та полігональні. Наприклад, аналіз вартості прокладання кабелю через кілька різних ділянок повинен містити операцію накладання карти траси кабелю (лінійні дані) на карту землекористування (полігональні дані). При цьому визначається довжина ділянки траси, що проходить через кожну одиницю землекористування, і залежно від типу ділянки, визначається вартість прокладення. Можуть також аналізуватися перетинання з іншими підземними комунікаціями, розташованими на різних глибинах, наявність додаткових споживачів тощо. Однак найбільш поширеним є накладання двох полігональних шарів.

Програмна реалізація векторних оверлейнових алгоритмів досить складна і пов'язана з певними витратами машинного часу на пошуки координат усіх перетинів та складових полігонів чи лінійних сегментів. Аналіз перетину двох ліній – це основна дія оверлейнового аналізу.

На практиці набагато частіше трапляються випадки аналізу перетинання складних ліній, що складаються з безлічі окремих сегментів. Вони можуть бути опрацьовані простим алгоритмом, який перевіряє кожен сегмент в одному лінійному шарі проти кожного

сегмента в іншому. Кількість роботи, яку необхідно зробити, пропорційна кількості сегментів.

Цифрове опрацювання оверлею полігонів досить трудомістке, саме тому є складною операцією для векторних ГІС. Наприклад, через помилки векторизації (некоректне оцифрування даних), межі полігонів будуть мати дещо різні координати і кілька разів взаємоперетинатися. У результаті оверлею на їхній межі може утворюватися ланцюжок маленьких витягнутих “паразитних” полігонів, які згодом буде необхідно видаляти власноруч.

Сучасні програми ГІС, які використовують оверлей, передбачають можливість автоматичного видалення таких несумісностей у процесі роботи. Критерії для відбору полігонів, які необхідно видалити в автоматичному режимі, можуть бути такі [70]:

- за розміром генерованого полігона (менше заданої умови);
- форма полігонів надто вузька й витягнута;
- кількість дуг, що утворюють полігон становить 2, що досить рідко зустрічається у справжніх полігонах (зазвичай 3, 4 і більше);
- регулярне чергування дуг у ланцюжку суміжних полігонів.

Також оверлейнові операції широко використовуються при опрацюванні та аналізі растрових даних. Залежно від системи і типу операції можна працювати з декількома шарами одночасно, наприклад, при пошуку середніх значень або можливих комбінацій значень. Аналізовані матриці растрових даних зазвичай повинні бути однакового розміру та мати однаковий розмір комірок растру, тому оверлейновим операціям зазвичай передують операції взаємного узгодження розмірів.

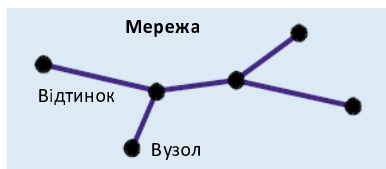
#### **4.5. Моделювання інфраструктури.**

Відомо, що економічною основою світу є інфраструктура: дороги, комунікації, трубопроводи – все те, що забезпечує існування та рух людини, енергії, речовини та ідей.

Саме тому важливим об’єктом досліджень у географії є різні географічні мережі, що представляють собою сукупності лінійних фрагментів природного (наприклад, річкові, орографічні, тектонічні) і антропогенного (наприклад, дорожні, електричні, комунікаційні) характеру. Загалом у поняття “географічна мережа” включають всі просторові (територіальні) зв’язки та відносини, важливі для вивчення

просторової організації природних і соціально-економічних систем. У цьому випадку географічна реальність може бути представлена у вигляді суперпозиції (об'єднання, накладення) великої кількості різноманітних просторових відносин і зв'язків (транспортних, технологічних, екологічних, міграційних, інформаційних і ін.) між різними географічними об'єктами (населеними пунктами, підприємствами, адміністративними й економічними районами, екосистемами, земельними ресурсами та ґрунтовим покривом тощо). При цьому географічність цих відносин полягає в тому, що в зазначену суперпозицію завжди включається взаємне розташування, що надає всьому комплексу територіальний, іншими словами географічний характер.

Загалом будь-які геометричні мережі складаються з двох частин: відтинків та вузлів [68]. Простими прикладами відтинків можуть бути водні потоки, вулиці, комунікації, труби тощо. Щодо вузлів, то до них можна віднести перетини вулиць, водозбори і т. д. Відтинки з'єднуються на вузлах і потік (автомобілі, вода, речовина тощо) рухається від одного відтинку через вузол до іншого.



Метою вивчення географічних мереж є виявлення засобами ГІС закономірностей їхньої будови, формування та розвитку, а також моніторинг, оптимізація і управління (наприклад, у випадку транспортних і комунікаційних мереж).

Перевагами геометричних мережних моделей, які використовуються у ГІС, є [42]:

- значно спрощене їхнє редагування. Наприклад, при додаванні нових лінійних об'єктів існують можливості їхнього точного приєднання до всієї мережі за існуючими правилами мереж;
- мережні об'єкти можна поділяти на категорії чи групи, розбивати та об'єднувати у тематичні класи тощо;
- сучасні ГІС-аплікації дозволяють досить швидко опрацьовувати великі масиви геометричних мережних даних;
- існує можливість дистанційного поповнення, редагування та аналізу мережних моделей (із використанням Internet).

**Контрольні запитання:**

1. Дайте характеристику таким типам просторово-реляційних взаємозв'язків у ГІС як ідентичність (тотожність або рівність) об'єктів (equals) та вмістимість об'єктів (contains).

2. Дайте характеристику таким типам просторово-реляційних взаємозв'язків у ГІС як включення об'єктів (within) та перетин об'єктів (crosses).

3. Дайте характеристику таким типам просторово-реляційних взаємозв'язків у ГІС як окремість (роз'єднаність) об'єктів (disjoint) та перекриття об'єктів (overlaps).

4. Дайте характеристику такому типу просторово-реляційних взаємозв'язків у ГІС як дотичність об'єктів (touches).

5. Що таке різниця (difference) та буфер (buffer) як одні з поширених просторових топологічних операцій у ГІС?

6. Що таке охоплення (clip) та випукла оболонка (convex hull) як одні з поширених просторових топологічних операцій у ГІС?

7. Що таке вирізання (cut) та перетин (intersect) як одні з поширених просторових топологічних операцій у ГІС?

8. Що таке симетрична різниця (symmetric difference) та об'єднання (union) як одні з поширених просторових топологічних операцій у ГІС?

9. Які особливості використання картографічних операцій у ГІС.

10. Назвіть координатні системи та проєкції у ГІС.

11. опишіть прості картографічні операції у ГІС (вимірювання площ та відстаней).

12. Від чого залежить точність картографічних операцій з растровими та векторними даними у ГІС?

13. Які особливості використання сканера та технологій GPS в ГІС?

14. Які переваги просторової ГІС-статистики?

15. Назвіть основні принципи побудови ГІС-модуля ErosionRUSLE. Виконайте обчислення ерозійних втрат ґрунту за допомогою цього модуля, використовуючи дані, записані на компактдискі.

16. Що таке оверлейнові операції в ГІС?

17. Яка специфіка операції накладання векторних та растрових даних?

18. Що таке географічна мережа та особливості її моделювання?

## **Розділ 5. Дистанційне зондування як один із важливих методів екологічних досліджень**

Дистанційне зондування Землі – це отримання інформації з використанням апаратури, встановленої на борті аеро- або космічних апаратів. Дистанційне зондування – це основне джерело для підтримки оперативності та актуальності ГІС. Одним із найсучасніших напрямів розвитку ГІС є поєднання ГІС-технологій та опрацювання даних дистанційного зондування [36; 49; 73].

Дистанційні методи характеризуються значним віддаленням приладу, який здійснює знімання від досліджуваного об'єкта (відстань може вимірюватися сотнями і тисячами кілометрів). Це створює максимальний огляд поверхні та дає змогу одержувати максимально генералізовані зображення поверхні.

При дистанційних дослідженнях отримують інформацію про об'єкти у різних спектральних діапазонах: рентгенівському, ультрафіолетовому, видимому та інфрачервоному. Різні відбивні властивості досліджуваного об'єкта і стан навколишнього середовища впливають на характеристики випромінювання і фіксуються приладами дистанційного зондування. У такий спосіб збираються і накопичуються дистанційні дані, складові різних баз ГІС.

На якісні характеристики матеріалів дистанційного зондування впливають форма, нахилення та висота орбіти, період обертання, положення відносно Сонця встановленої апаратури тощо [1; 42].

*Форма орбіти.* Космічні носії з встановленою знімальною апаратурою рухаються по кругових або еліптичних орбітах. Для спостереження з космосу доцільніше використати кругові орбіти, оскільки на них супутник рухається приблизно на однаковій відстані від Землі, деякі коливання відстані зумовлені тим, що реальна форма земної поверхні має неправильну геометричну форму. Для еліптичних орбіт відстань до земної поверхні змінюється від мінімального в перигеї до максимального в апогеї.

*Нахилення орбіти ( $i$ )* – це важлива характеристика, що визначається кутом між площиною орбіти і площиною екватора.

Розрізняють орбіти екваторіальні, де відхилення відсутнє, полярні (з нахилом  $90^\circ$ ) і похилі, що займають проміжне положення. Похилі орбіти можуть бути прямими (мають північно-східний напрямок висхідного оберту) і зворотними (мають північно-західний напрямок висхідного оберту).

При русі по орбіті супутник прокладає шлях, який називається трасою, що є, по суті, проекцією орбіти на земну поверхню.

Нахилення визначає широтний пояс, охоплений зйомкою. Наприклад, супутники, що мають нахил орбіти  $30^\circ$ , покривають зону між  $30^\circ$  пн.ш. і  $30^\circ$  пд.ш.

*Висота.* За висотою орбіти можна поділити на три групи:

– 100 – 500 км – орбіти для пілотованих кораблів і орбітальних станцій (частіше 200 – 400);

– 500 – 2000 км – орбіти для ресурсних і метеорологічних супутників (ресурсні 600 – 900, метеорологічні 900-1400);

– 36 000 – 40 000 км – орбіти для геостационарних супутників. Швидкість руху таких супутників дорівнює швидкості обертання Землі, тому вони постійно перебувають над певною територією.

*Період обертання (T)* – час обертання супутника навколо Землі, від якого залежить кількість обертів за добу. Звичайно супутники на навколосемних орбітах рухаються зі швидкістю 11 км/с, один оберт навколо Землі роблять за 1,5 год. Тобто протягом доби здійснюють близько 16 обертів.

Від періоду обертання залежить міжобертова відстань. Для зазначеного супутника міжобертова відстань становить  $22,5^\circ$ , що на екваторі відповідає 2500 км. Охоплення ж знімків становить 100 – 200 км. Отже, між знімками послідовних обертів будуть розриви. Якщо траса розрахована на щодобове повторення, то й розриви будуть повторюватися. Тому зазвичай траси розраховують так, щоб був невеликий добовий зсув і можна було б робити знімання з перекриттям. Тоді за рахунок щодобового зсуву супутник за кілька діб зможе сфотографувати усю Землю.

Для постійного спостереження за певною ділянкою землі використовують геостационарні орбіти ( $T = 24$  год, висота 36 000 км). Геостационарні супутники розташовують на екваторіальній орбіті. Вони ніби зависають над однією точкою, тому кілька таких супутників, розташованих на рівних відстанях один від одного, забезпечують постійний огляд всієї поверхні Землі, крім полярних областей.

Добові геосинхронні періодичні супутники перебувають на похилій орбіті ( $T = 24$  ч). Космічний апарат над однією і тією самою точкою буде з'являтися через кожні 24 години.

*Положення орбіти відносно Сонця* – це кут між площиною орбіти та напрямком до Сонця. Для одержання знімків при постійних умовах освітленості використовують сонячно-синхронні орбіти. У таких орбіт кутова швидкість зсуву щодо Сонця відповідає швидкості обертання Землі навколо Сонця ( $360^\circ$  у рік). Перебуваючи на сонячно-синхронній орбіті, супутник з'являється над тим самим місцем у той самий час, і умови освітленості території залежать тільки від пори року.

*Вплив атмосфери.* Зйомка з космосу здійснюється через товщу атмосфери, стан і властивості якої впливають на одержувані матеріали дистанційного зондування. Тут необхідно враховувати вплив т.зв. екрану, хмарності, поглинання сонячних променів, розсіювання, вплив атмосферного пилу тощо.

Зазвичай зйомці в оптичному діапазоні заважає хмарність, що у кожен момент часу закриває більше 50 % поверхні земної кулі. Деякі території закриті хмарами більшу частину року, отже, при плануванні досліджень необхідно мати відомості про хмарність у певному районі. Але навіть при безхмарному небі частина променів поглинається. Це поглинання вибіркове та залежить від довжини хвилі. Атмосфера затримує більшу частину гамма-випромінювання, рентгенівського та ультрафіолетового випромінювання, а також частину видимих й інфрачервоних променів, у тому числі фіолетових, синьо-зелених зонах видимої частини спектра. Тому зйомку здебільшого виконують у тих зонах спектра, де електромагнітне випромінювання не поглинається. Такі зони називаються “вікнами прозорості”.

Розсіювання променів неоднакове в різних зонах спектра. Атмосферний пил і туман знижує контрастність зображення об'єктів на космічних знімках, спотворює колір об'єктів. Найсильніше позначається вплив цього явища у синій та голубій зонах спектра.

### **5.1. Типи космічних знімків та їхні якісні характеристики**

Знімок – двовимірне зображення, отримане унаслідок дистанційної реєстрації технічними засобами власного або відбитого випромінювання, і використовується для виявлення якісного та кількісного вивчення об'єктів, явищ і процесів шляхом дешифрування, виміру і картографування [36; 42].



*Основні типи космічних знімків.* Здійснення космічної зйомки можливе завдяки здатності об'єктів випромінювати або відбивати електромагнітні хвилі.

За спектральним діапазоном космічні знімки поділяються на три головні групи:

- знімки у видимому та ближньому інфрачервоному (світловому) діапазоні;
- знімки у тепловому інфрачервоному діапазоні;
- знімки у радіодіапазоні.

Електромагнітні хвилі класифікують за довжиною. Відтінком оптичних хвиль (0,001 – 1000 мкм) включає ультрафіолетовий (менше 0,4 мкм), видимий (0,4 – 0,8 мкм) та інфрачервоний діапазони. Видимий діапазон, у якому око розрізняє відтінки кольору, ділять на зони з позначенням кольору: фіолетовий (390 – 450 нм), синій (450 – 480 нм), голубий (480 – 510 нм), зелений (510 – 550 нм), жовто-зелений (550 – 575 нм), жовтий (575 – 585 нм), жовтогарячий (585 – 620 нм) і червоний (620 – 800 нм). Інфрачервоний діапазон поділяється на: ближній (менше 1,5 мкм), середній (1,5 – 3 мкм) і далекий або тепловий (більше 3 мкм). Видимий, ближній і середній інфрачервоні діапазони об'єднують у загальний світловий діапазон, для знімання якого використовується спеціальне обладнання.

Тип знімання визначає технологію створення зображення. За типом знімання знімки поділяють на фотографічні, фототелевізійні, сканерні, багатоелементні, теплові інфрачервоні, радіометричні, радіолокаційні, мікрохвильові радіометричні [1].

Коротко розглянемо властивості космічних знімків та їхню класифікацію за цими показниками.

Значна *оглядовість знімків* забезпечується охопленням великих площ земної поверхні. При цьому великі регіони покриваються зйомкою одноразово при тих самих умовах. Унаслідок цього з'являється можливість проводити дослідження у глобальному і навіть планетарному масштабі.

*Комплексне відображення компонентів геосфери.* На знімках одночасно відображаються різні компоненти геосфери – літосфера, гідросфера, педосфера, біосфера, атмосфера, що дає змогу вивчати їхню взаємодію та взаємозв'язки.

*Регулярна повторюваність зйомки.* Інтервали між зйомками можуть становити роки, місяці, години, хвилини. При цьому

забезпечується одержання знімків на ту саму територію при однакових умовах, що дуже важливо під час організації моніторингових досліджень.

*Генералізація зображення* полягає у значній узагальненості зображення. Характер геометричного і тонового узагальнення малюнка залежить від низки чинників, а саме: технічних (масштаб, роздільна здатність знімка, метод зйомки, спектральний діапазон), а також природних (вплив атмосфери, особливості території).

У результаті генералізації лінії випрямляються, відбувається спрощення форм, узагальнення кольорів і тонів, чорні та білі тони змінюються на менш контрастні. Зображення багатьох об'єктів земної поверхні звільняється від дрібних деталей, водночас окремі деталі поєднуються в єдине ціле. Тобто найважливіші властивості об'єктів виступають на перший план. Це важливо при ландшафтних дослідженнях для виявлення різних рівнів ландшафтних структур.

Необхідний ступінь генералізації досягається спеціальними засобами. Наприклад, підбором відповідного масштабу знімка. Вплив генералізації на дешифрування може бути як позитивним, так і негативним. З одного боку, сильне узагальнення зображення зменшує можливість точного картографування і може призвести до похибок. З іншого боку, це є важливою перевагою знімків, тому що унаслідок генералізації з'являється новий зміст і космічні знімки можна використовувати безпосередньо для тематичного картографування.

*Масштаб та оглядовість знімків.* За масштабом космічні знімки поділяються на такі групи:

– Дрібномасштабні (1:10 000 000 - 1:100 000 000). Їх отримують із геостационарних і метеосупутників на навколоремних орбітах.

– Середньомасштабні (1:1 000 000 - 1:10 000 000). Отримують із пілотованих кораблів і орбітальних станцій.

– Великомасштабні (крупніше 1:1 000 000). Отримують із спеціальних картографічних супутників.

*Оглядовість* – це площа охоплення території одним знімком. За цим параметром розрізняють знімки:

– глобальні, які охоплюють освітлену частину однієї півкулі. Отримують ці знімки із міжпланетних космічних кораблів і геостационарних супутників. Територіальне охоплення їх становить десятки і навіть сотні мільйонів квадратних кілометрів;

– регіональні, на яких відображається частина материка або великий регіон. Отримують ці знімки із метеорологічних і ресурсних супутників. Охоплення обчислюється мільйонами квадратними кілометрами. Ширина зони охоплення змінюється від 500 до 3000 км;

– локальні, на яких відображаються частини великих регіонів. Отримують ці знімки із пілотованих кораблів, орбітальних станцій, ресурсних і картографічних супутників. Знімки можуть охоплювати декілька тисяч квадратних кілометрів.

*Роздільна здатність* – це мінімальна лінійна величина об'єкта, що відображається на знімку. За цією характеристикою знімки класифікують на такі:

– Знімки дуже низької роздільної здатності (десятки кілометрів). На сьогодні такі знімки є малопоширеними. Здебільшого, це радіометричні знімки.

– Знімки низької роздільної здатності (кілька кілометрів). Ці знімки досить поширені, до них відносяться телевізійні та сканерні знімки з ресурсних та метеосупутників.

– Знімки середньої роздільної здатності (сотні метрів). Такі знімки отримують сканерами середньої роздільної здатності та тепловими інфрачервоними апаратами ресурсних супутників.

– Знімки високої роздільної здатності (десятки метрів). Така роздільна здатність притаманна для популярних фотографічних знімків з пілотованих космічних кораблів, автоматичних картографічних супутників і орбітальних станцій, а також для сканерних знімків з ресурсних супутників. Ця група знімків ділиться ще на знімки достатньо високої роздільної здатності (50 – 100 м); високої роздільної здатності (20 – 50 м); дуже високої роздільної здатності (10 – 20 м); надвисокої роздільної здатності (менше 1 м).

*Детальність* – це кількість інформації на одиницю площі знімка. За цим показником виділяють знімки малої детальності – робота з ними можлива у масштабі оригіналу; середньої детальності, що дає можливість працювати при подвійному збільшенні; детальні знімки, що вимагає для роботи збільшення оригінального знімка від двох до десяти разів.

*Повторюваність зйомки.* Розглянуті вище класифікації стосуються просторових характеристик космічного зображення. Однак для дослідження географічних об'єктів, насамперед їхньої

динаміки, важливі також тимчасові параметри зйомки. Їх відображає така класифікація:

– Зйомка з періодичною повторюваністю виконується зі всіх метеорологічних супутників, які працюють на геостационарних та навколосеземних орбітах, а також з ресурсних супутників. Період повторення залежить від особливостей орбіти супутника, зазвичай залишається незмінним увесь час функціонування супутника і становить від 10 хвилин до 16 – 18 діб. Багаторазові внутрішньодобові знімки отримують зі геостационарних супутників, які “зависають” над певним районом Землі. Щоденна зйомка виконується із всіх метеорологічних супутників Землі, які за добу забезпечують повний огляд земної поверхні. Ресурсні супутники, які продукують знімки високої роздільної здатності, мають невелике охоплення території, а повторюваність їхньої зйомки становить 16 – 18 діб.

– Періодична, обмежено регульована зйомка виконується з деяких ресурсних супутників. Знімки виконуються з нечастою повторюваністю, однак при необхідності можуть бути виконані з більшою частотою.

– Регульована зйомка. Виконується з орбітальних станцій, фотографічних автоматичних супутників, які запускаються на короткий час, а також з космічних апаратів, призначених для зйомки інших планет. Можливості регулювання і вибору термінів зйомки максимальні.

## **5.2. Дешифрування природно-антропогенних об’єктів**

Дані дистанційного зондування містять великий обсяг інформації про місцевість. Проте така інформація первинна, і вона вимагає подальшого опрацювання. Завдання обробки полягає в інтерпретації наявних даних для одержання інформації про властивості досліджуваних об’єктів. Саме для цього активно використовують геоінформаційний аналіз ДДЗ, що забезпечує оперативність та об’єктивність одержуваної інформації [1; 30; 36; 38].

Геоінформаційний аналіз (ГІС-аналіз) – багатоаспектне поняття. За методами та результатами опрацювання даних аналіз у геоінформації поділяють на якісний і кількісний. За способами опрацювання – на візуальний, автоматизований, статистичний, аналіз рядів даних. За якісним рівнем аналізу даних його поділяють на системний,

узагальнений, семантичний (значеннєвий), параметричний (оцінний). Під час аналізу окремих об'єктів, представлених на растровому зображенні, використовують набір дешифрувальних ознак.

*Дешифрувальні ознаки* – це властивості об'єктів, їхніх взаємозв'язків та явищ за допомогою яких вони можуть бути розпізнані на знімку. Дешифрувальні ознаки поділяються на прямі та непрямі [36].

Прямими дешифрувальними ознаками називаються ті властивості об'єктів, які є безпосередньо видимі на знімках. До них відносять форму, розміри, колір, фототон, тіні, структуру зображення.

*Форма* – це ознака фотозображення об'єкта на знімку, яка передає його загальні обриси, об'єм і характер меж. Стійкість ознаки зберігається зі зміною масштабу зйомки.

Розрізняють геометрично визначену та невизначену форми. Перша властива, зазвичай, для різноманітних споруд (будівлі, мости тощо) і є надійною дешифрувальною ознакою. Друга характерна для багатьох природних об'єктів (ліс, луки) і часто не може використовуватися як дешифрувальна ознака.

Також розрізняють компакту, лінійну (витягнуту), плоску та об'ємну форми. Для дешифрування важливо те, що витягнуту форму, на відміну від компактної можна розпізнавати на знімках дрібнішого масштабу. Малюнок витягнутої (ізометричної) форми часто є важливою дешифрувальною ознакою (наприклад, за характером звивистості можна відрізнити дорогу від ріки). Отже, просторова форма об'єкта є важливою дешифрувальною ознакою для розпізнавання штучних і природних об'єктів.

*Розмір* – це довжина, ширина та стереоскопічна висота фотозображення об'єкта. Ознака змінюється зі зміною масштабу зображення. За цією ознакою об'єкт може бути виділений серед однорідних об'єктів шляхом зіставлення їхніх розмірів.

*Фототон* зображення на чорно-білих знімках – це важлива пряма дешифрувальна ознака, проте часто нестійка. Фототон залежить від багатьох чинників: насамперед від характеру поверхні, її відбиваючої здатності, від умов фотографування тощо.

На знімках вдається виділити до 25 градацій фототону [1]. На практиці ж застосовують шкалу із семи позицій:

- білий фототон;
- майже білий;

- ясно-сірий;
- сірий;
- темно-сірий;
- майже чорний;
- чорний.

Зазначимо, що фототон це не дуже надійна ознака і головно використовується у поєднанні з іншими ознаками. Об'єкти місцевості рідко мають однорідний тон, оскільки він властивий тільки гладким або дуже одноманітним поверхням (наприклад, вода, сніг). Здебільшого на загальному тлі однорідного тону трапляються більш темні або більш світлі неоднорідності. При дешифруванні варто враховувати важливу закономірність зміни тону. Зазвичай об'єкти, які відображаються крайніми величинами шкали тональностей, є більш стійкими, ніж ті, які відображаються середніми показниками.

*Тінь* розрізняють власну і падаючу. Власною тінню називають тінь, яка вкриває не освітлену сонцем частину поверхні об'єкта. Вона підкреслює об'ємність і характер поверхні предмета (форма даху будинку, звивистість гірського хребта).

Падаючі тіні передають форму об'єктів проектуючи їх на підстилаючу поверхню. Часто падаючі тіні слугують єдиною дешифрувальною ознакою, і досить надійною для точного розпізнавання об'єктів (окремі дерева, труби тощо).

*Колір* об'єктів. Кольорові знімки відрізняються більшою чіткістю визначення об'єктів, ніж чорно-білі. Для характеристики кольорів об'єктивні стандартні критерії відсутні.

*Структура* (мозаїка) відображення об'єкта на знімку є найбільш стійкою комплексною ознакою, яка практично не залежить від умов фотозйомки і відображає співвідношення площ і форм об'єктів, їхню кількість, розміри, фототони. Характерні мозаїки для фотозображення виділяються за геометричним принципом.

Приклади структур: зерниста, смугаста, плямиста, плямисто-зерниста, сітчаста. Плямиста структура – це сполучення крапок різного діаметра; зернистий малюнок формується за рахунок об'єднання дрібних випуклих крапок (характерний для лісової і чагарникової рослинності). Смугастий малюнок утворюється зі смуг, розташування яких є важливою дешифрувальною ознакою. Рівномірне і паралельне розташування смуг характерне для орних угідь. Звивисті смуги різного

тону, які не мають чітких границь, вказують на наявність схилів. Тонка, звивиста смугастість характерна для еолових утворень.

Структура також може бути однорідною (безструктурний малюнок), невизначеною, розмитою. Безструктурне зображення, при якому весь контур зображується одним тоном, характерне для водних і більшості антропогенних об'єктів.

Часто об'єкти або їхні характеристики не відображаються на знімку (наприклад, невеликі мости, пристані); або можуть не мати чітких дешифрувальних ознак (наприклад, прямокутну форму може мати житловий будинок або сарай). Тому у випадку, коли прямих дешифрувальних ознак часто недостатньо для розпізнавання об'єктів, поряд зними використовують непрямі.

Непрямі ознаки (індикатори) – відображають закономірності між об'єктами, які проявляються у вигляді певних взаємозв'язків між об'єктами, а також у зміні властивостей одних об'єктів унаслідок впливу на них інших об'єктів.

За взаємозв'язками між об'єктами на знімках можна розпізнати такі об'єкти [42]:

– Об'єкти, які неможливо розпізнати за прямими ознаками. Такі об'єкти здебільшого виражені на знімках неповністю або недостатньо чітко. Наприклад, у селах житлові будівлі розташовані ближче до вулиці, ніж нежитлові. Дороги або стежки, що підходять до річки, а потім продовжуються на іншому березі, вказують про наявність порома, човнового перевозу або броду.

– Об'єкти, які відображаються на знімку однаковим тоном. Наприклад, сніжники та пісок у тундрі.

– Об'єкти, які закриті іншими об'єктами. Наприклад, дешифруючи верхній ярус відомої рослинної асоціації можна визначити рослини, які заселяють нижні яруси.

– Об'єкти, які тимчасово відсутні на момент зйомки (наприклад, пересихаючі влітку водойми можуть дешифруватися за наявністю котловиноподібних понижень).

За змінами властивостей відомих об'єктів можна дешифрувати об'єкти, які зумовили такі зміни. Серед таких об'єктів можна виділити:

– об'єкти, які закриті іншими об'єктами. Наприклад, пригнічені ліси на болотах мають меншу висоту дерев, зімкнутість, більш світлі та дрібні крони, що дає змогу розпізнавати заболочені ділянки;

– об'єкти, відсутні на поверхні землі. Вони впливають на властивості об'єктів, які їх закривають, тобто зумовлюють зміну прямих ознак. Такі об'єкти можуть бути встановлені за прямими ознаками об'єктів, які їх закривають. Наприклад, підземні осушувальні системи (дрени) змінюють умови вологості ґрунту. Такі зміни відображають на знімках світлішим тоном, ніж на проміжних між цими дренами ділянках. Тобто світлий тон дає змогу дешифрувати дренажну систему.

Також непрямую ознакою може бути певна діяльність або функціонування об'єкта. Здебільшого це стосується антропогенних об'єктів, таких як: різні розроблення, кар'єри, гідровузли тощо.

Використання непрямих ознак для дешифрування об'єктів при відсутності прямих ознак можливе лише за умови детального вивчення території та врахування ймовірності появи тієї чи іншої ознаки.

Комплексні дешифрувальні ознаки, які відображають структуру природно-територіальних комплексів, є більш надійними та стійкими, ніж прямі ознаки їхніх елементів. Вони становлять основу ландшафтного методу дешифрування. Тональна структура зображення складається з таких компонентів: форми, площі та тонів.

*Дешифрування гідрографічних об'єктів.* Розпізнавання водойм і водостоків на знімках, зазвичай, не вимагає значних зусиль, оскільки їхні берегові лінії здебільшого мають досить чіткі обриси, а відображення водної поверхні добре відрізняється від навколишніх ділянок суші. На тон фотозображення водних об'єктів впливають умови зйомки, глибина, колір дна, чистота, прозорість, колір та поверхня води, наявність водної рослинності. Тон зображення буде темнішим зі збільшенням глибини водойми, коли дно складене з мулу, глини або торфу. Дрібні ріки та озера з піщаним або кам'янистим дном мають на знімку головно світлий тон. Мутна та спінена вода також надає зображенню світліший тон [42].

Важко дешифрувати невеликі ріки та струмки, які сховані під пологом лісу і чагарником. Зазвичай при цьому необхідний ретельний стереоскопічний перегляд знімків. Можна використати таку непрямую ознаку як зміна фототону малюнка крон дерев.

Пересихаючі гідрографічні об'єкти характеризуються декількома смугами різного тону, що відповідають поступовому падінню рівня води та появі ліній висихання. Найнижча смуга, яка є найтемнішою, відображає найбільш зволожену ділянку водойми.



*Дешифрування рельєфу.* Об'єктами топографічного дешифрування рельєфу є такі форми, які мають різкі перегини, оголені та незадерновані схили. Також це може бути частина задернованих, проте невеликих за розмірами форм: наприклад, обриви, зсуви, осипи, скелі, гірські льодовики, яри.

*Дешифрування лісів і чагарників.* Ліси і чагарники мають на знімках зернистий рисунок. Розмір зерен залежить від величини крон дерев, тому зернистість зображення деревостою крупніша, ніж чагарників.

У зображеннях на знімках деревостою чітко виділяється неправильна зернистість, створювана чергуванням округлих крапок – проєкцій крон дерев і тіней, які відображаються у вигляді темних плям. Колір фотозображення, розмір цих округлих крапок, їхній розподіл всередині контуру визначає склад, вік та бонітет деревостою. Також на структуру поверхні впливає склад порід: ялинники мають темніше зафарбування, змішані ліси – світліше, соснові ліси та діброви мають строкате зафарбування контурів через суттєву розрідженість їхніх деревостоїв.

Суцільні зарості чагарників характеризуються дрібною зернистістю, іноді – трохи змазаною структурою фотомалюнка. Характерна риса напівчагарникової рослинності – її розрідженість, між окремими особинами можна дешифрувати поверхню землі або трав'яного покриву.

*Рілля* на знімках має чіткі границі, зазвичай у вигляді чотирикутників. Для них характерний паралельний смугастий малюнок, який відповідає борознам оранки. Різновидом ріллі є городи, які відрізняються невеликими розмірами та близькістю до будівель.

*Перелоги* мають ознаки дешифрування ріллі, але структура фотозображення менш чітка. Часто вони маскуються природною рослинністю.

*Дешифрування луків.* Заливні луки характеризуються безструктурним або розріджено-точковим малюнком і визначаються на основі контакту з лініями рік. Сінокісні залівні луки, крім перерахованих вище ознак, мають зображення слідів сінокосіння (наприклад, стіг сіна у вигляді опуклих рисок, рядки скошеної трави – світлі зигзагоподібні лінії тощо). Суходільні луки дешифруються за контурами невизначеної форми, безструктурного малюнка та оточені зазвичай лісами або ріллею. Сінокісні суходільні луки дешифруються за ознаками сінокосіння.

*Дешифрування боліт.* Різні типи боліт на знімках виглядають по-різному, але для більшості з них властива неправильна форма

з округлими плавними обрисами. Зерниста структура вказує на залісненість боліт. При відсутності дерев малюнок щільний, різної тональності та залежить від характеру рослинності.

*Дешифрування населених пунктів* не містить суттєвих труднощів. Будинки чітко відокремлюються від інших об'єктів більш-менш правильним розташуванням та характерною формою (різкість обрисів, вертикальність стін, наявність тіні тощо).

*Дешифрування доріг.* Залізниці відрізняються прямолінійністю з плавними та округлими поворотами. Відсутність крутих поворотів, а також наявність великої кількості насипів та уступів дає можливість відрізнити на знімках залізниці від шосейних доріг. Природні ґрунтові дороги зображаються у вигляді тонких, здебільшого світлих ліній різної ширини. На відміну від доріг вищих класів, вони характеризуються більшою звивистістю та крутими поворотами.

### **5.3. Система глобального позиціонування GPS**

Глобальні системи позиціонування GPS є однією із технологій збирання даних у геоінформатиці. Повна назва цієї системи – “Мережна супутникова радіонавігаційна система (МСРНС)” пов’язана з американською розробкою GPS (Global Positioning System Navigation Satellite with Time and Ranging). У нашій країні частіше вживають її спрощену назву Global Positioning System (GPS) – глобальна система позиціонування. Відноситься вона до супутникових навігаційних систем 2-го покоління [20; 21; 36; 42].

Супутникові радіонавігаційні системи 1-го покоління з’явилися на початку 60-х рр. Перша космічна навігаційна система “Транзит” розроблена в США в 1964 році на замовлення військово-морського флоту для навігаційного забезпечення атомних підводних човнів, оснащених балістичними ракетами. Потім її стали використовувати на судах торговельного флоту для підвищення точності судноводіння, і подальше вдосконалювання цієї технології вже здійснювалося як технології подвійного призначення. Супутникові навігаційні системи стали застосовувати для навігації наземних рухомих об’єктів (легкові та вантажні автомобілі), літаків, а також для визначення параметрів руху космічних апаратів, для систем керування рухом.

Для вдосконалення системи “Транзит” була розроблена GPS, що відноситься до нових інформаційних технологій точного визначення положення об’єктів на земній поверхні. Положення розраховується по сигналах, які надходять із серії штучних супутників Землі NAVSTAR.

Програма GPS NAVSTAR розроблена і введена в дію фірмою Rockwell. У 1993 році вона була введена на проєктовану потужність і включає:

- космічний сегмент (24 штучних супутники Землі на навколосезонних орбітах);
- наземний сегмент (станції спостереження);
- обладнання споживача (GPS-приймачі).

Орбіти GPS NAVSTAR розташовані так, що, використовуючи GPS-приймач, можна визначити власне місце розташування майже на всій території Землі (приблизно до 80-х широт) і протягом усієї доби.

GPS-приймачі мають невеликі габарити, низьке енергоспоживання і невисоку вартість. Для передавання даних зі штучних супутників використовують шумоподібний сигнал малої потужності. В основу визначення координат покладений метод триангуляції. Використовуючи спеціальний алгоритм, GPS-приймач вибирає штучні супутники, які придатні для обчислення свого місця розташування у дво- або тривимірній системі координат. Вимірюючи затримку сигналів, GPS-приймач обчислює відстані до кожного зі штучних супутників та виконує геометричне завдання, визначаючи власне положення як точку перетину сфер з відповідними радіусами.

Приймач із невеликою антеною здатний визначати своє положення у тривимірному просторі з інтервалом від однієї години до менше ніж однієї секунди. Типовий GPS-приймач здійснює обчислення раз у секунду, має інтерфейс для зв'язку із зовнішніми пристроями і працює з використанням стандартних протоколів.

Використовуючи GPS-приймач, можна одержати інформацію про місце розташування (координати у певній геометричній проекції), швидкість, напрям та час. Для режиму 2D-навігації помилка зазвичай не перевищує 100 метрів. Для режиму 3D-навігації похибка визначення може становити близько 6 – 10 метрів, а у диференціальному режимі – до 1 сантиметра.

При абсолютному методі вимірів координат використовується тільки один приймач, і два при диференціальному: один стаціонарний, інший пересувний. Один приймач встановлюється нерухомо на точці з відомими координатами, робить виміри дальності до всіх видимих супутників, а також визначає постійно мінливі характеристики тропосфери та іоносфери як середовищ поширення навігаційних радіосигналів. За результатами опрацювання вимірів стаціонарним приймачем обчислюються

диференціальні виправлення на дальність і швидкість кожного супутника.

Рухомий приймач послідовно встановлюється на точки з невідомими координатами. Координати точок місцевості можуть визначати яку реальному часі, так і в режимі поступового опрацювання. Визначення координат у реальному часі вимагає передання виправлень радіоканалом від стаціонарного приймача до рухомого. Для цього існують спеціальні приймачі, які називають базовими станціями.

*Навігаційні системи* – це комп'ютерні програми, за допомогою яких здійснюють контроль за рухливими об'єктами.

Основною функцією навігаційної системи є робота з різними пристроями з метою встановлення двостороннього зв'язку між системою GPS і рухливим об'єктом. Такими пристроями можуть бути GPS-модеми, диференціальна станція тощо.

На сьогодні система GPS доступна для цивільних організацій і широко використовується в геодезії, картографії, землекористуванні, екології, освіті, метеорології, демографії, охороні здоров'я й т.д. Вона використовується для створення диспетчерських систем, які дозволяють контролювати з єдиного центру переміщення рухливих об'єктів у межах певної території. Залізничні компанії використали GPS для першої в історії точної зйомки залізниць США та для спостереження за рухом поїздів. За допомогою GPS були уточнені висоти багатьох гірських вершин, включаючи г. Монблан [20; 42].

Досить ефективно застосування цієї системи для вирішення завдань землевпорядкування, оскільки точність визначення координат пунктів за допомогою GPS значно вища, ніж у випадку застосування традиційної зйомки, а витрати менші, оскільки непотрібно здійснювати прокладання теодолітного ходу. Крім того, є можливість проведення робіт при відсутності прямої видимості між вимірюваними пунктами; запису в процесі виміру координат у внутрішню пам'ять приймача; експорту результатів опрацювання у зручному для подальшого використання ГІС-форматі. Необхідно відзначити взаємозв'язок GPS-зйомки з тахеометричною.

Незалежно від класу розв'язуваних завдань будь-яка навігаційна система може бути використана для автоматизованого картографування. Ця технологія дає можливість будувати цифрові моделі, збережені у ГІС. Відповідно цифрові моделі можуть бути використані для наступної побудови електронної карти та її паперового оригіналу. Зазвичай, дані GPS вносять на вже існуючу електронну карту.

**Контрольні запитання:**

1. Що таке дистанційне зондування Землі?
2. Назвіть основні параметри, які впливають на якісні характеристики даних дистанційного зондування?
3. Як нахил орбіти та період обертання штучного супутника впливає на якісні характеристики даних дистанційного зондування?
4. Як впливає стан атмосфери та положення орбіти штучного супутника відносно Сонця на якісні характеристики даних дистанційного зондування?
5. Назвіть типи космічних знімків за спектральним діапазоном.
6. Які властивості космічних знімків?
7. Що таке роздільна здатність космічного знімка?
8. Який масштаб та оглядовість космічного знімка.
9. Що таке дешифрувальні ознаки?
10. Назвіть прямі дешифрувальні ознаки.
11. Назвіть непрямі дешифрувальні ознаки.
12. Які особливості дешифрування гідрологічних об'єктів?
13. опишіть дешифрування рельєфу.
14. Які особливості дешифрування лісів, чагарників та боліт?
15. Що таке глобальна система позиціонування GPS?
16. Назвіть принципи роботи GPS-приймачів.
17. Що таке навігаційна система?
18. Дайте характеристику наземним, морським та авіаційним навігаційним системам.

## Розділ 6. Проектування ГІС екологічного спрямування

### 6.1. Алгоритм проектування ГІС

Проект у широкому розумінні (англ. Project або Design) – це цілеспрямована, орієнтована в часі послідовність, зазвичай, одноразових, комплексних і нерегулярно повторюваних завдань і дій (заходів або робіт). Проект містить у собі задум (проблему), засоби його реалізації (вирішення проблеми) та отримувані у процесі реалізації результати. У проекті розрізняють етапи: підготовки (планування та розроблення) проекту, реалізації проекту, а також пост-проектний етап [37].

Під проектуванням ГІС (англ. GIS design) розуміють процес обґрунтування і формування завдань, розроблення відповідної технічної та технологічної документації базових складників ГІС, спрямований на стратегічно-документальне забезпечення кінцевого створення ГІС продукту [62].

З таких позицій загальна алгоритмічна схема проектування ГІС включає:

- 1) суб'єкти проектування ГІС, до яких відносяться:
  - замовник проекту;
  - власне проектант;
  - інші суб'єкти, що залучаються до загального процесу проектування замовником і/або проектантом;
- 2) об'єкти проектування ГІС, якими в цьому випадку є:
  - майбутні (потенційні) користувачі ГІС;
  - просторові дані та їхні бази (предметна область ГІС);
  - програмне забезпечення (ПЗ) ГІС;
  - апаратне забезпечення (АЗ) ГІС;
  - режими та регламенти роботи (використання) ГІС;
  - проектно-кошторисна документація (власне проект ГІС);
  - розробник ГІС (“реалізатор” проекту ГІС).
- 3) процеси та різнорівневі підпроцеси проектування ГІС (з проміжними та кінцевими продуктами):
  - установче (ініціальне) проектування ГІС;

- стратегічне проектування ГІС;
- проектування програмного забезпечення ГІС;
- проектування апаратного забезпечення ГІС;
- експлуатаційне проектування ГІС;
- завершальне проектування ГІС.

До установчого (ініціального) проектування ГІС відносять:

- 1) ідентифікацію основних суб'єктів проектування ГІС;
- 2) визначення інших суб'єктів такого проектування;
- 3) розроблення плану, графіка та кошторису підготовки проекту ГІС.

ГІС.

Основними суб'єктами проектування ГІС є замовник і проєктант [37].

Замовник проекту ГІС – це одна чи декілька фізичних і/або юридичних осіб, які зацікавлені у реалізації процесу проектування ГІС, спрямовують на це свої та/або залучені чи доручені кошти (інвестують проектування).

Подекуди окремо вирізняють інвестора проекту ГІС, тобто суб'єкта проектування, що безпосередньо вкладає свої капітали у цей процес з метою отримання прибутку.

З огляду на міжнародну систему екологічного менеджменту також використовують термін “бенефіціарій проекту ГІС” – фізична та/або юридична особа (особи), яка отримує вигоду чи користь (не обов'язково матеріальну) від певного проекту.

Проєктант ГІС – це спеціалізована підрядна проєктна організація (фірма), консалтингова або інжинірингова, яка забезпечує весь процес розроблення проєктно-кошторисної документації щодо майбутньої ГІС. Досить часто за проєктанта править низка організацій (фірм) і тоді серед них вирізняють генерального проєктанта, відповідального за координацію та здійснення усього процесу проектування ГІС.

Взаємостосунки основних суб'єктів проектування, як і загалом організаційно-фінансовий підхід у процесі проектування, значною мірою залежать від обраної схеми менеджменту проекту ГІС. Серед таких варіантів зокрема розрізняють:

- 1) схему, за якою проєктант перебуває у контрактних відносинах лише із замовником проекту (є його агентом чи структурним підрозділом тощо), здійснюючи певні функції координації та управління процесом проектування без фінансової відповідальності за

менеджерські рішення та з перекладанням усіх ризиків проектування власне на замовника;

2) схему, за якою проєктант, досить часто незалежна від замовника підрядна фірма, крім контракту з замовником укладає контракти з усіма іншими суб'єктами проєктування, практично повністю управляє процесом проєктування, крім певних контрольних і інших обумовлених етапних функцій з боку замовника, та “перебирає” фінансову відповідальність і ризики проєктування на себе;

3) інші схеми, у т.ч. комбінації перших двох варіантів або т.зв. схема проєктування “під ключ”, коли взаємостосунки замовника та проєктанта практично обмежуються двома принциповими діями: “замовлення – отримання проєкту ГІС” тощо.

Зважаючи на особливості та наявні “проєктно-забезпечувальні” ресурси замовника і проєктанта, іншими суб'єктами проєктування ГІС можуть бути:

1) консультант, а саме одна чи декілька фізичних або юридичних осіб, які залучаються до підготовки проєкту ГІС на контрактних засадах з метою надання консультаційних послуг замовнику або проєктанту з різноманітних аспектів процесу проєктування. Серед консультантів можуть бути фахівці (організації) з:

– маркетингу ГІС. Вони є дуже важливими для здійснення маркетингового дослідження, насамперед з визначення потреб у майбутній ГІС, її потенційних користувачів і змісту їхніх запитів;

– постачання програмного та апаратного забезпечення ГІС. Ці консультанти необхідні для вибору постачальників забезпечення, які гарантуватимуть не тільки адекватний рівень апаратури і програмних засобів, які надаються, а й супровід їхнього встановлення, оновлення, а також, у разі необхідності, навчання персоналу з експлуатації ГІС тощо;

– постачання просторових даних для ГІС. Такі фахівці мають допомогти насамперед із отриманням географічно-координованих (просторових) даних;

– розроблення прикладних програм ГІС. Такі консультанти важливі для вибору та залучення досвідчених фахівців з програмування, які володіють сучасними мовами програмування та актуальними інструментаріями візуалізації інформації, у т. ч. web-проєктування за умови розміщення майбутньої ГІС у глобальній інформаційній мережі;



– системного та концептуального аналізу ГІС. Ці суб'єкти проектування ГІС відповідають за підбір системних аналітиків ГІС, які в змозі обґрунтувати та контролювати дотримання усіх концептуально-аналітичних засад проектування, а потім і реалізації ГІС;

– менеджменту проектів тощо. При цьому головним є визначення складу групи управління проектом ГІС загалом, яку очолює його керівник (проект-менеджер або топ-менеджер) і яка організаційно відповідає за планування, контроль за виконанням і координацію усіх робіт з підготовки проекту ГІС і його наступної реалізації.

2) ліцензіар, який у цьому випадку є узагальненим визначенням однієї чи кількох фізичних або юридичних осіб, які є власниками або розпорядниками прав власності (оформлених через патенти, ноу-хау і т. ін.) на продукти, у т. ч. технології, які використовують при підготовці проекту ГІС. Тобто ліцензіар, на умовах ліцензійної угоди з ліцензіатом, а саме з головними суб'єктами проектування ГІС, надає повноваження останньому застосовувати патентні (запатентовані) розроблення під час проектування ГІС.

3) юрист або правник, що також узагальнено уособлює одну чи декілька фізичних або юридичних осіб, які відповідають за нормативно-правове забезпечення всіх складників процесу підготовки проекту ГІС, в тому числі за оформлення певних результатів проектування ГІС у вигляді патентних розробок тощо;

4) банк – одна або декілька банківських установ, які здійснюють безпосереднє фінансове забезпечення усіх компонентів процесу проектування ГІС через обслуговування поточних бухгалтерських операцій, передусім замовника проекту та проєктанта ГІС, певне фінансове посередництво щодо останніх, в тому числі пов'язане з кредитуванням.

5) інші можливі суб'єкти, наприклад референтні представники майбутніх (потенційних) користувачів ГІС, особи, що здійснюють певний незалежний експертний нагляд за процесом проектування тощо.

Загалом кінцевими продуктами реалізації процесу проектування ГІС будуть:

1) визначені замовник проекту ГІС та її проєктант, які відображають обраний варіант схеми менеджменту проекту через затвердження відповідної договірної документації;

2) необхідні інші суб'єкти проектування ГІС, залучені до цього процесу на контрактних та інших обумовлених засадах замовником або проєктантом;

3) план, графік і кошторис підготовки проекту ГІС.

Увесь процес стратегічного проектування ГІС завершується створенням власне стратегічного плану розроблення ГІС як кінцевого продукту, який:

– об'єднує та узагальнює проміжні продукти усіх розглянутих вище підпроцесів-складників (оцінки потреб у ГІС, її концептуального проектування та проектування БД ГІС);

– містить попередній часовий графік створення ГІС.

Процес проектування програмного забезпечення (ПЗ) ГІС поділяють на такі етапи:

1) розроблення моделі потреб у прикладних програмах;

2) визначення конфігурації ПЗ і технічних вимог (умов) до модулів ПЗ;

3) формування архітектури ПЗ;

4) дослідницький огляд і вибір існуючого готового програмного інструментарію, потрібного для функціонування ГІС;

5) визначення остаточного переліку та підходів до розроблення програм, які мають бути адаптовані, змінені чи створені для ГІС;

6) розроблення плану тестування ПЗ, що буде створене.

Вибір існуючого готового програмного ГІС-пакета, потрібного для функціонування ГІС, включає:

– аналіз переваг і недоліків існуючого системного і прикладного інструментарію, досвіду його застосування, “старіння” та модифікації інструментальних засобів, їхнього рівня актуальності та прогресивності тощо;

– оцінку джерел постачання готового інструментарію, зважаючи на два типи таких джерел у світовій програмній індустрії, а саме джерела, зорієнтовані на:

а) комерційне готове програмне забезпечення ГІС;

б) відкрите програмне забезпечення – безкоштовний ліцензійний ГІС інструментарій, який містить вихідний опис цього інструментарію та не має обмежень на його використання, подальшу модифікацію та розповсюдження з необхідністю лише збереження інформації щодо початкового авторства.

Другим із складників гіперпроцесу системного проектування є процес проектування апаратного забезпечення ГІС [37]. Він спрямований, зрозуміло, на ідентифікацію апаратного забезпечення

(АЗ) ГІС як об'єкта проектування. До таких підпроцесів проектування апаратного забезпечення ГІС відносять:

1) деталізацію загальних потреб у АЗ ГІС;  
2) визначення конфігурації АЗ ГІС і апаратних вимог до його функціональних частин;

- 3) формування архітектури АЗ ГІС;  
4) дослідницький огляд і вибір необхідного існуючого АЗ;  
5) врахування проблем встановлення та компоновки АЗ ГІС.

Наступними кроками у проектування ГІС є розроблення режимів (планів) та регламенту (правил) роботи (використання) майбутньої ГІС. Сюди відносять:

1) формулювання остаточних сценаріїв функціонування ГІС;  
2) визначення режимів і графіків роботи складників апаратно-програмного комплексу ГІС;

3) розроблення низки керівництв, інструкцій, рекомендацій тощо, що стосуються створення та введення в дію ГІС, технологічного використання її певних складників тощо;

4) визначення принципів і видів організаційної та координаційної діяльності при створенні та використанні ГІС і її інформаційного базису, а також адміністрування та підтримки функціонування ГІС загалом;

5) ідентифікація системи доступу до ГІС та її баз даних з визначенням рівнів доступу;

6) розроблення регламенту постачання та обміну інформацією при створенні та використанні ГІС;

7) визначення способів і строків навчання різноманітного за складом персоналу, що експлуатуватиме ГІС;

8) врахування можливих змін у сценаріях, режимах і регламентах функціонування ГІС при її майбутньому розвитку.

Процес завершального проектування ГІС спрямований на створення необхідної проектно-кошторисної документації та ідентифікацію розробника ГІС як об'єктів проектування. Цей процес містить у собі такі підпроцеси, як:

1) документальне оформлення власне проекту ГІС як набору проектно-кошторисної документації для розроблення та функціонування ГІС.

2) проведення експертизи та аудита проекту ГІС, а також, у разі необхідності, його погодження у певних інстанціях;

3) визначення розробника ГІС (“реалізатора” проекту). Під ним розуміється одна чи декілька найчастіше юридичних осіб, що бере на себе відповідальність за реалізацію проекту ГІС на умовах, визначених договором підядру (контрактом) із власником проекту ГІС або уповноваженою ним особою;

4) здавання проекту ГІС його замовнику.

Під час реалізації будь-якого великого ГІС-проекту можуть виникати проблеми пов’язані із [39; 43]:

- складністю опису та формалізації, що потребує дуже ретельного аналізу і моделювання даних і процедур ІС;

- відсутністю “абсолютно” прямих аналогів ІС, що проектуються;

- потреба в інтеграції вже існуючих і заново створюваних прикладних програм для розроблення та функціонування ІС;

- можлива зміна потреб користувачів ІС при її реалізації;

- необхідність застосування складних структурованих методів підтримки прийняття різнофункціональних рішень при проектуванні та створенні ІС, яка потребує комп’ютеризації та автоматизації цих процесів.

Пошуки вирішення перелічених вище проблем і призвели до розроблення сучасних програмувально-технологічних засобів спеціального класу – інформаційних CASE-засобів.

Під інформаційними CASE-засобами (Computer-Aided Software Engineering) розуміють програмні засоби, засновані на CASE-технологіях, призначені для автоматизованого проектування, розроблення і підтримки використання інформаційних систем, включаючи аналіз і формулювання вимог до цих систем, проектування їхнього прикладного ПЗ і баз даних, кодування, тестування, документування та конфігураційне управління складниками систем, забезпечення високої якості управління проектом ІС тощо. Зазначені CASE-засоби спільно з системним ПЗ і апаратними засобами утворюють “єдине середовище” проектування та розроблення ІС [70].

## **6.2. Приклади проектування ГІС в екології та природоохоронній справі**

Розвиток ГІС в Україні пов’язаний насамперед завдяки грантовим проектам Європейського союзу, які в подальшому підтримувалися державними програмами [26; 33; 65; 77]. За останнє

десятиріччя зросла частка державної підтримки проектування ГІС в екології та природоохоронній галузі. Для розуміння напрямів екологічного ГІС проектування в Україні подаємо найбільш відомі ГІС-проекти, впроваджені за останні десятиріччя.

На початку нинішнього тисячоліття Міжнародна комісія з охорони річки Дунай (“Дунайська Комісія”) на виконання Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу започаткувала роботи з проектування та створення ГІС дунайського річкового басейну (надалі скорочено ГІС “Дунай”). Наступне функціонування спільної, поєднаної та узгодженої ГІС “Дунай” має на меті насамперед координацію дій між країнами басейну Дунаю та об’єднання існуючих і майбутніх інформаційних ресурсів, що відтворюють водогосподарську та екологічну ситуацію у басейні [37].

Замовником проекту ГІС “Дунай” є країни дунайського басейну в особі Дунайської Комісії, проектантом ГІС (при застосуванні свосерідної комбінації першого та другого варіантів схеми менеджменту проекту) – експертна група з інформаційного менеджменту та ГІС цієї міжнародної комісії, яка виконує методичні та координаційно-управлінські функції при проектуванні та створенні ГІС, і спеціалізоване австрійське консалтингово-інжинірингове бюро.

Серед низки спонсорів проекту – Європейська Комісія Європейського Союзу, Програма розвитку ООН (ПРООН), Глобальний Екологічний Фонд (ГЕФ) тощо.

Потенційними користувачами ГІС “Дунай” є:

- внутрішні користувачі Міжнародної комісії з охорони річки Дунай (експертні органи, Постійний Секретаріат);
- країни-члени Дунайської Комісії, у т. ч. їхні повноважні представники у Постійному Комітеті цієї комісії;
- зовнішні користувачі, що підтримують мету створення та цілі Дунайської Комісії, включаючи громадськість;
- органи та інші країни Європейського Союзу.

Головними джерелами вихідних просторових даних для міжнародної ГІС “Дунай” є:

- Євроглобальні карти (EuroGlobalMaps), які є власністю міжнародної європейської організації EuroGeographics і були використані як опорні для тематичних карт;
- цифрові тематичні дані країн-членів Дунайської Комісії;

– інші цифрові дані низки відповідних європейських проєктів тощо.

Загальна концептуальна структура бази даних ГІС “Дунай”, зважаючи на керівний документ “Імплементация ГІС-елементів Водної Рамкової Директиви”, була зорієнтована на певний набір тематичних карт і шарів:

1) карта “Огляд району річкового басейну” з шарами “Район річкового басейну”, “Річковий басейн і суббасейни” та “Головні річки”;

2) карта “Компетентні органи (управління басейном)” з шаром з інформацією щодо зон впливу зазначених органів;

3) карта “Категорії поверхневих водних об’єктів” з шаром із спеціально закодованими річками, озерами, прибережними водами тощо;

4) карта “Типи поверхневих водних об’єктів” з однойменним шаром і шаром “Екорегіони” (географічні регіони, вирішені у Еодній Рамковій Директиві);

5) карта “Підземні водні об’єкти” з однойменним шаром;

6) карта “Мережа моніторингу поверхневих водних об’єктів” з шарами, що відображають місцезнаходження та атрибути пунктів моніторингу за його типами;

7) карта “Екологічний стан і екологічний потенціал поверхневих водних об’єктів” з шарами щодо, стану та потенціалу зазначених об’єктів, а також окремим шаром щодо об’єктів з поганим станом;

8) карта “Хімічний стан поверхневих водних об’єктів” з однойменним шаром;

9) карта “Стан підземних вод” з такими шарами щодо цих вод, як “Кіль-кісний стан”, “Хімічний стан” і “Тенденції забруднення”;

10) карта “Моніторинг підземних вод” з шарами за типами цього моніторингу;

11) карта “Території, що охороняються” з шарами за типами таких територій;

12) карта “Стан територій, що охороняються” з однойменним шаром;

13) опорна (допоміжна) карта з різноманітними шарами, які містять ін-формацію щодо міжнародних і національних кордонів, рельєфу, населених пунктів, транспорту і т. ін.

Важливо, що ГІС “Дунай” проектувалася як міжнародна, регіональна та відкрита система, як ефективний відкритий інформаційний засіб обміну просторовими даними, що віддзеркалюють потреби загальнобасейнового управління Дунаєм. ГІС “Дунай” повинна стати міжнародною власністю та внеском усіх держав басейну, який буде підтримувати досягнення цілей Дунайської Конвенції (1994 рік), поліпшуючи планування та управління об’єктом.

Серед регіональних природоохоронних ГІС-проектів необхідно вказати проект профінансований в 2009-2012 роках Всесвітнім фондом природи (WWF). Замовником цієї роботи був проект “Збереження та стале використання природних ресурсів Українських Карпат” (2007-2012), в особі координатора проекту, а донором – Уряд Норвегії. Фінансування здійснювалось через WWF Норвегія та WWF Дунайсько-Карпатська програма. Бенефіціаріями цього ГІС-проекту були три природоохоронні об’єкти Українських Карпат, а саме: природний заповідник “Горгани”, Ужанський національний природний парк і Карпатський національний природний парк.

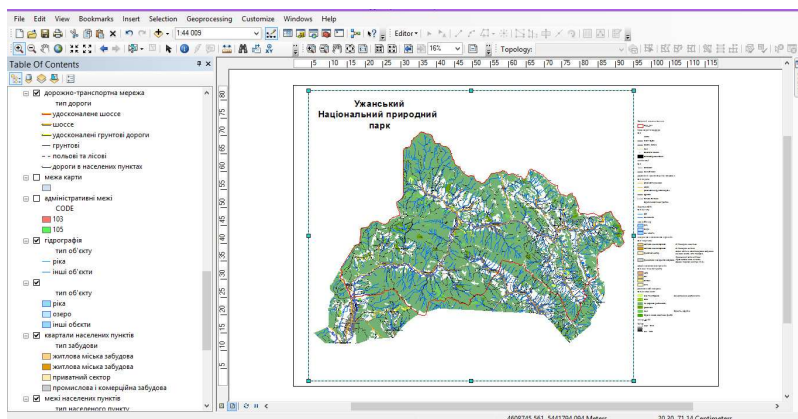
Попередня оцінка наявних картографічних даних в цих природоохоронних об’єктах показала, що більшість даних зберігається на паперових картах і лише незначна частина просторових даних національних парків векторизована чи принаймі відсканована.

Тому першим кроком було отримання топографічних векторних основ на територію природоохоронних об’єктів з подальшим використанням цих основ в якості базових леєрів для створення ГІС-проектів. Проектом було офіційно закуплено картографічні цифрові топооснови в реальному масштабі 1:50 000 та передано для користування адміністраціям природоохоронних об’єктів.

Наступним етапом була інвентаризація всіх наявних паперових картографічних та атрибутивних матеріалів, визначення пріоритетності даних для подальшої векторизації.

Отже, основними джерелами вихідних просторових даних були:

- топографічні векторні карти закуплені в ПАТ “Візіком” та офіційно передані в користування природоохоронними об’єктами і використані як базові для всіх подальших тематичних карт (рис. 1.13);
- картографічні тематичні дані, які використовуються природоохоронними об’єктами;
- інші дані, отримані з різних джерел, зокрема дані низки європейських проектів, результати наукових досліджень тощо.



**Рис. 1.13. Приклад відображення цифрової топографічної карти Ужанського національного природного парку в ArcGIS 10.3\***

Найбільш трудомістким і затратним був процес переведення паперових даних в цифрову форму та формування відповідних атрибутів. Понад 150 тематичних леєрів було геокодовано, векторизовано та атрибутивна база сформована. Серед важливих картосхем, розроблених з використанням векторизованих тематичних леєрів варто виділити:

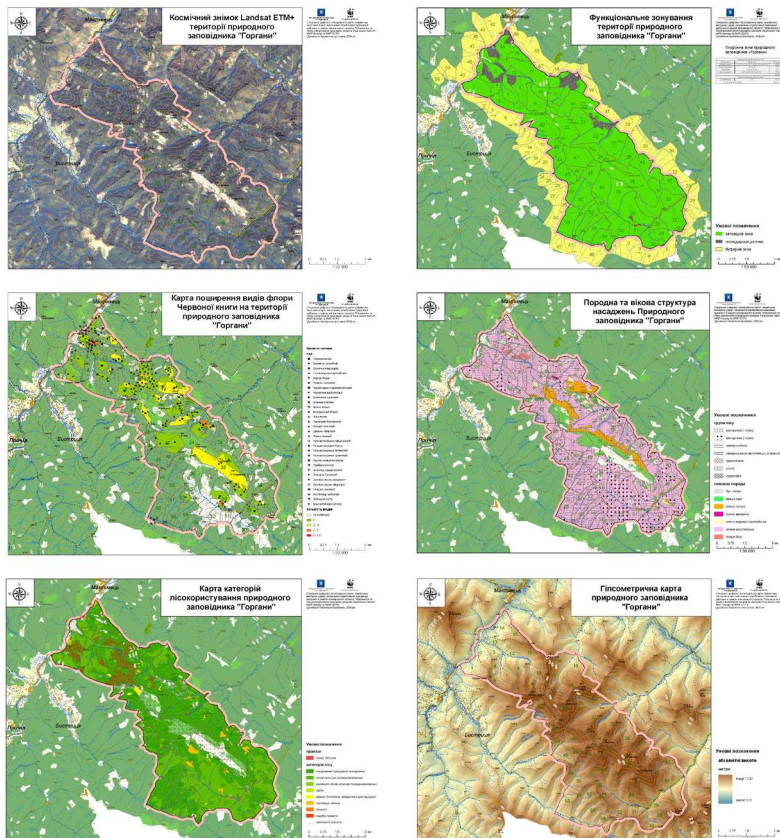
- Цифрову топографічну основу
- Гіпсометричну карту
- Карту розміщення постійних пробних площ
- Карту червонокнижних видів фауни та флори
- Карту наукових та науково-пізнавальних маршрутів та стежок
- Лісотаксаційну карту
- Карту функціонального зонування
- Карту геоботанічного районування
- Карту породної та вікової структури насаджень
- Карту пралісів
- Космічний знімок Landsat ETM+ тощо

Одним з перших прикладів застосування векторизованих даних, було використання їх для підготовки менеджмент планів природного

(\* – ліцензійна версія ArcGIS 10.3 безкоштовно передана для офісу WWF-DCP в Україні для використання в наукових та природоохоронних цілях)



заповідника “Горгани” та Ужанського національного природного парку (рис. 1.14).

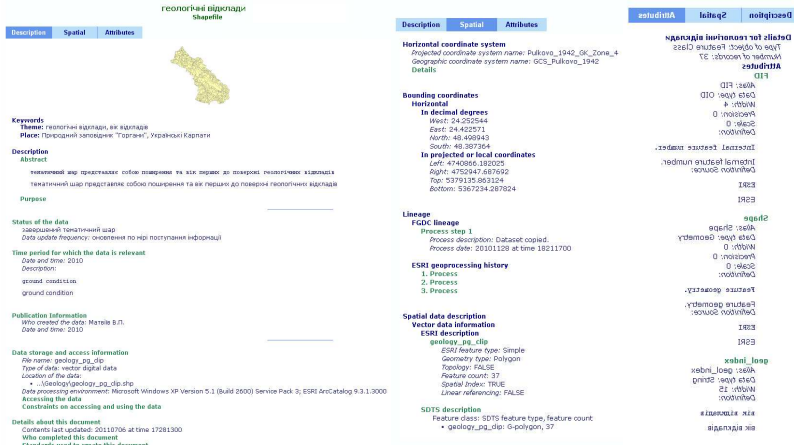


**Рис. 1.14. Набір картографічних даних, використаних під час розроблення менеджмент плану природного заповідника “Горгани”**

Для повноцінного і ефективного використання отриманих даних працівниками природоохоронних об’єктів було розроблена структура та створено метабанк даних з детальним описом тематичних леєрів (рис. 1.15).

Проведені тренінги для працівників парків та заповідника із використання ГІС в природоохоронній галузі та навчання роботи з отриманими цифровими даними забезпечило подальше ефективне використання цього ГІС-проекту при проведенні екологічного

моніторингу та аналітичного забезпечення наукових досліджень у вищезгаданих природоохоронних об'єктах.



**Рис. 1.15. Зразок метабанку даних природного заповідника “Горгани”**

**Контрольні запитання:**

1. Що таке проект з погляду інформаційних систем?
2. Що ви розумієте під процесом проектування ГІС?
3. Опишіть алгоритм створення ГІС-проекту.
4. Хто такий замовник ГІС-проекту?
5. Кого ми розуміємо під терміном “проектант ГІС-проекту”?
6. Назвіть інші суб'єкти проектування ГІС-проекту.
7. Опишіть основні схеми менеджменту проекту ГІС.
8. Які кінцеві продукти реалізації процесу проектування ГІС ви знаєте?
9. Назвіть основні етапи проектування програмного забезпечення (ПЗ) ГІС.
10. Назвіть основні етапи проектування апаратного забезпечення ГІС.
11. Проблеми, які виникають під час реалізації будь-якого великого ГІС-проекту, та шляхи їх вирішення.
12. Наведіть приклади проектування ГІС в екології та природоохоронній справі.



**ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ  
ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ: ЗАСОБИ  
ARCGIS DESKTOP ЯК  
ІНСТРУМЕНТ МОДЕЛЮВАННЯ  
ПРИРОДООХОРОННИХ  
ПРОБЛЕМ**



## **Практичне застосування ГІС-технологій: засоби ArcGIS Desktop як інструмент моделювання природоохоронних проблем**

ArcGIS Desktop – лінійка ГІС-продуктів від американської компанії ESRI (Environmental Systems Research Institute – Інститут Дослідження Систем Навколишнього Середовища), що призначені для роботи на настільних комп'ютерах самостійно або в якості робочих місць в корпоративних мережах, створених на основі ArcGIS Server. Лінійку програмних продуктів ArcGIS Desktop складають системи: ArcView, ArcEditor, ArcInfo.

*ArcGIS ArcView* – базовий продукт сімейства ArcGIS, повнофункціональна ГІС з набором потужних інструментів для створення, управління, аналізу та візуалізації просторових даних. До складу ArcView входить три програми: ArcMap, ArcCatalog і ArcToolbox для ArcView. Це набір потужних інструментів для картографування, створення звітів і картографічного аналізу. Серед її можливостей такі: взаємодія з картою; створення карти; аналіз картографічних матеріалів; створення даних; управління геоданими; створення структури додатків.

*ArcGIS ArcEditor* – поєднує функціональність ArcView з можливостями створення і моделювання баз геоданих (БГД). Унікальний механізм забезпечує підтримку цілісності і багатокористувального редагування БГД, управління версіями, побудову топології та геометричних мереж. Його функціональність більше, ніж у ArcView, але менше, ніж у ArcInfo. ArcEditor містить усі функції ArcView. Крім них додаються можливості побудови будь-яких баз геоданих в ArcCatalog і розширені можливості редагування баз геоданих в ArcMap.

*ArcGIS ArcInfo* – розширює функціональність вищеперелічених продуктів (ArcView, ArcEditor) набором потужних інструментів для просторового аналізу і геоопрацювання даних. Це найбільш потужний клієнтський додаток ArcGIS Desktop. В ArcInfo входять всі функції

ArcView і ArcEditor. Крім того, ArcInfo містить повну версію додатку ArcToolbox, який підтримує розширені функції геоопрацювання, а також класичні додатки ArcInfo Workstation (Arc, ARCPLOT, ARCEDIT, AML и ODE) з повною підтримкою усіх функцій системи. ArcInfo – це повнофункціональна ГІС система, яка дає змогу створювати та оновлювати дані, вирішувати картографічні задачі, проводити аналіз даних і карт.

Настільні продукти ESRI сімейства ArcGIS (ArcView, ArcEditor, ArcInfo), базові програми ArcMap (рішення картографічних задач), ArcCatalog (доступ і керування просторовими даними у локальній мережі або через інтернет) і ArcToolbox (геоопрацювання просторових даних) об'єднують загальну архітектуру і інтерфейс, але їх розрізняють за функціональністю, кількістю інструментів геообробки і просторового аналізу.

У середовищі ArcGIS Desktop реалізовано можливість розширення його функцій через встановлення наборів інструментів, що містяться у додаткових модулях.

ArcGIS Spatial Analyst містить набір функцій для просторового моделювання та аналізу: інтерполяція різними методами, створення растрових даних, просторова фільтрація і растрова алгебра, гідрологічний аналіз, побудова профілів, зон видимості та об'ємів. Дає змогу вирішувати безліч аналітичних задач, наприклад, виявлення просторових взаємозв'язків, побудова вартісних поверхонь, багатофакторний аналіз і визначення відповідних місць розташування.

ArcGIS 3D Analyst надає користувачам функції моделювання та аналізу поверхонь, а також програми для створення і тривимірного відображення моделей місцевості як локального (додаток ArcScene), так і глобального (додаток ArcGlobe) масштабу. Інформація про рельєф і двовимірні просторові дані, що становлять основу тривимірної моделі місцевості, можуть бути доповнені реалістичними моделями об'єктів, написами та анімацією.

ArcGIS Geostatistical Analyst містить набір інструментів для геостатистичного аналізу просторових даних і побудови статистично достовірних поверхонь, виявлення глобальних і локальних трендів, аномалій і взаємозв'язків між наборами даних.

ArcGIS Schematics дає можливість автоматично створювати і відображати схеми, побудовані на основі геометричних мереж, що

зберігаються у базі геоданих. Вбудований механізм дає змогу оперативно створювати схеми мереж у різних графічних представленнях, які визначаються користувачем, і забезпечує інтерактивний зв'язок схеми і просторових даних.

ArcPress for ArcGIS – програмний растрезитор, що дає змогу виводити картографічний матеріал у стандартних для друку форматах. Вирішує задачі кольороподілу, підготовки і виведення на друкуючі пристрої.

ArcGIS Publisher призначений для публікації проектів, створених у настільних продуктах, для перегляду в безкоштовному додатку ArcGIS ArcReader. ArcGIS Publisher забезпечує захист проектів від несанкціонованого використання і тиражування, виконує архівацію даних для подальшого поширення.

ArcGIS Survey Analyst – поліпшує традиційні технологічні процеси по збирання та опрацювання геодезичної інформації. Усі необхідні інструменти тісно інтегровані з функціоналом настільних ГІС, що дає змогу забезпечити безперервний процес роботи у багатокористувальному режимі.

ArcGIS Tracking Analyst дає змогу відображати і вивчати динаміку розвитку різних подій чи явищ, створювати системи спостереження за об'єктами у режимі реального часу, планувати хід розвитку подій, забезпечувати управління та координацію оперативних дій.

ArcGIS Data Interoperability забезпечує роботу з просторовими даними у 70 форматах (GML, XML, DWG / DXF, Microstation Design, MapInfo MID / MIF і TAB, Oracle і Oracle Spatial, Intergraph GeoMedia Warehouse та ін.) Дає можливість створювати описи власних форматів для читання, імпорту та експорту з ArcGIS, а також перекладати дані зі стандарту в стандарт.


Maplex for ArcGIS суттєво знижує трудомісткість підготовки картографічного матеріалу. Включає унікальний механізм автоматичного розташування написів відповідно до заданих правил, функції для вирішення конфліктних ситуацій, перенесення і використання абrevіатур.

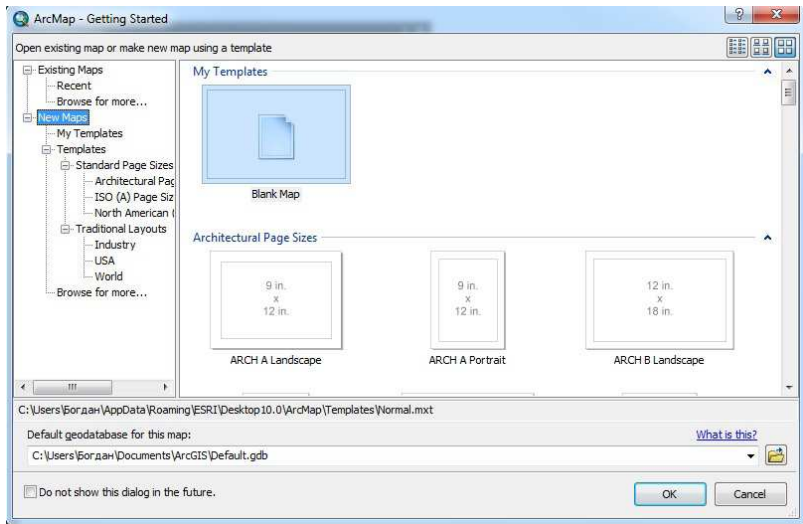
ArcScan for ArcGIS – програмний векторизатор. Основною функцією є перетворення відсканованих паперових карт у векторні



шари. Модуль інтегрований в середу ArcGIS, використовує всі можливості для редагування растрових і векторних даних.

Production Line Tool Set (PLTS) for ArcGIS – спеціалізоване програмне середовище для створення автоматизованого виробництва картографічної продукції. Містить у собі повний набір простих у використанні інструментів контролю якості даних, дає змогу створювати бази знань картографічних специфікацій і виробляти картографічну продукцію к цифровому та друкованому вигляді.

Запуск ArcMap відбувається за допомогою натискання кнопки ПУСК ⇒ ПРОГРАМИ ⇒ ArcGis ⇒ ArcMap . Якщо не було змінено системний реєстр і не запускалось додаткових утиліт повинно з'явитися стартове вікно (рис 2.1). Воно складається з декількох частин: ліва частина представляє собою перелік можливостей пошуку існуючих, нещодавно відкритих та створенню нових геоінформаційних моделей і карт; ліва частина відображає ескізи геоінформаційних моделей та карт (по замовчуванню з'являються нещодавно відкриті). У випадку, якщо програма запускається вперше цей список буде пустим. Нижня частина діалогового вікна відображає інформацію про шлях до проекту та використовувані в ньому бази геоданих.



**Рис. 2.1. Стартове вікно ArcMap.**

Крім списку відкритих попередніх файлів стартове вікно дає можливість вибрати ще кілька додаткових позицій:

1) *Existing Maps* – дають змогу відкривати нещодавно відкриті (**Recent**) або пошук інших геоінформаційних проєктів;

2) *NewMaps*– дає доступ до створення нових шаблонів, макетів карт, власних та вбудованих.

У нижньому лівому кутку вікна – знаходиться перемикач **Do not show this dialog in the future** – вибравши цей пункт, вказуємо на необхідність здійснювати обрані попередньо налаштування стартового вікна.

*Примітка:* в середовищі ArcMap прийнято замість терміна «документ» вживати термін «проєкт», що пов'язано з природою цих документів, а саме окремих картографічних та геоінформаційних проєктів. Форматна складова цих термінів включає два файлових розширення *\*.MXD* (проєкт) та *\*.MXT* (шаблон).

В основу інтерфейсу ArcMap взято технологію 1- віконного інтерфейсу, що передбачає відкриття кожного геоінформаційного проєкту в окремому вікні.

Зовнішній вигляд інтерфейсу ArcMap включає в себе такі основні складові (рис. 2.2):

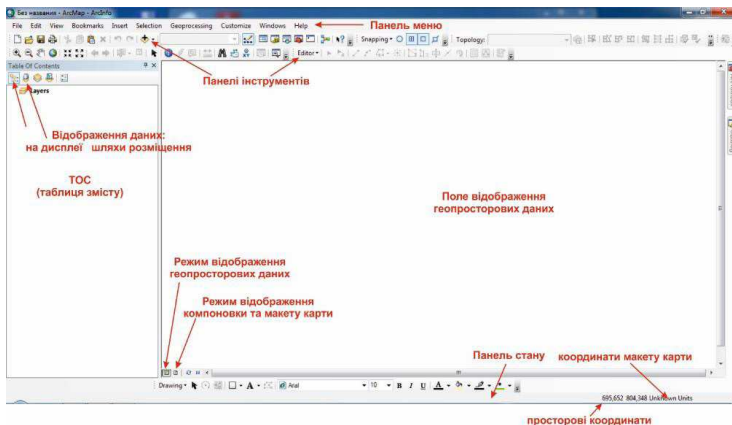


Рис. 2.2. Основні складові інтерфейсу ArcMap

– таблиця змісту (Table of Contents, або TOC) – складова частина інтерфейсу, яка в неналаштованому вигляді програми

розташовується у лівій частині програмного вікна програми і призначена для відображення тематичних шарів, їх легенд та використовуваних у створенні геоінформаційного проекту баз даних. Відображення геопросторових даних може відбуватися залежно від положення та послідовності шарів (**List by Drawing Order**), місця розташування джерела даних (**Listby Source**), видимістю відображення даних (**List by Visibility**) та вибіркою даних у шарах (**List by Selection**). Окрім того, можливим є налаштування властивостей таблиці змісту;

– *панель меню (Menu panel)* – елемент інтерфейсу, що відображає стандартні, або додаткові (у випадку додаткового налаштування чи використання додаткових модулів) елементи меню, що забезпечують доступу до стандартних функцій ArcMap;

– *панель інструментів (Toolbars)* – елемент інтерфейсу, які забезпечують використання як стандартних, так і розширених функціональних можливостей **ArcMap**, що забезпечується встановленими спеціалізованими програмними модулями.

– *панель статусу (Status bar)* – елемент інтерфейсу, що відображає процеси геоопрацювання, координати курсора в полі відображення геопросторових даних та координати курсора в межах макету карти.

***Примітка:** інтерфейс ArcMap змінюється залежно від версії та комплектації програмного забезпечення.*

***Примітка:** дані, що відображають координати курсора, залежать від обраної системи координат та основних налаштувань проекту (**Data Frame properties** ⇨ **General**).*

### **1.1. Огляд основних панелей інструментів**

Панелі інструментів в ArcMap є динамічними, що дає можливість їх переміщувати у межах дисплею залежно від потреб та зручності виконання робіт. Також реалізована можливість модифікації панелей інструментів та створення нових.

***Примітка:** забарвлення кнопок на панелі інструментів залежить від можливості застосування обраного інструмента в даний момент та наявності відповідного програмного модуля.*

### 1.1.1. Стандартна панель (*Standard*)

Стандартна панель (*Standard*) (рис. 2.3) забезпечує доступ до основних функцій та модулів програмного середовища.

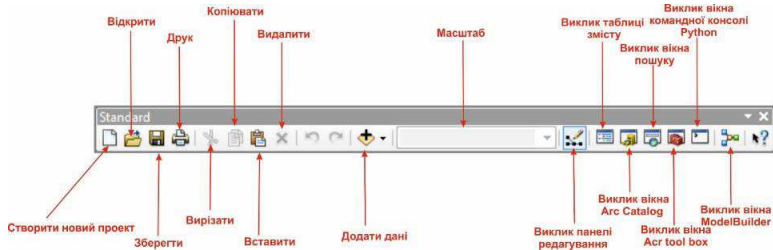


Рис. 2.3. Вигляд стандартної панелі (*Standard*)

### 1.1.2. Панель інструментів (*Tools*)

Панель інструментів (*Tools*) (рис.2.4) забезпечує доступ до основних функцій масштабування, вибірки, доступу до атрибутивної інформації та ін..

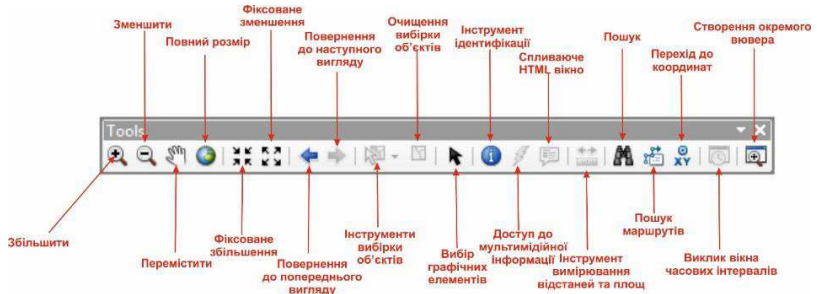


Рис. 2.4. Вигляд панелі інструментів

### 1.1.3. Панель рисування (*Draw*)

Панель рисування (*Draw*) (рис. 2.5) використовується для створення та редагування додаткових графічних об'єктів без атрибутивної бази даних. Використовується здебільшого для оформлення картографічних моделей. Вона забезпечує доступ до функцій створення і редагування графічних об'єктів.



Рис. 2.5. Видяг панелі інструментів

Крім головних, у середовищі ArcMap існує велика кількість інших панелей. Їхня наявність залежить передусім від версії програмного забезпечення та наявних ліцензій програмних модулів. Доступ до них відбувається за допомогою розширень (Extensions) (рис. 2.6), або через налаштування та створення нових панелей (рис. 2.7). У деяких випадках додаткові функції представлені у вигляді програмних кодів та скриптів, використання яких вимагає базових знань із програмування у різних середовищах.

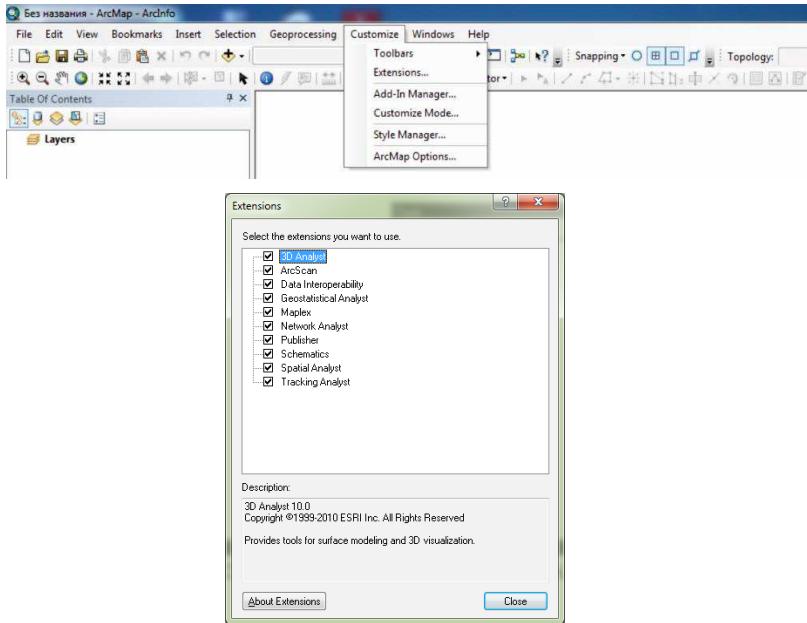
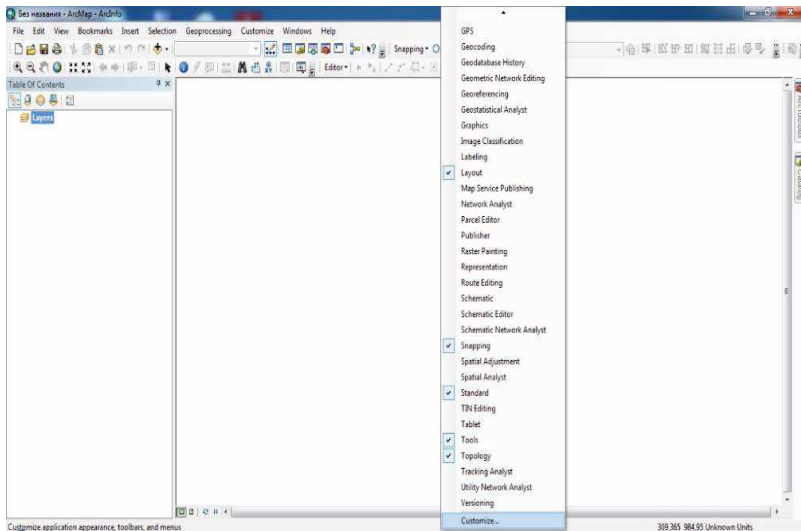


Рис. 2.6. Вікно доступу до програмних розширень та модулів (Extensions)



**Рис. 2.7. Вікно доступу до налаштувань панелей інструментів**

### **1.2. Створення геоінформаційного проекту**

Створення геоінформаційного проекту виконується за таким алгоритмом:

- Створення нового геоінформаційного проекту.
- Визначення системи координат, яка буде використовуватись у цьому проекті.
- Додавання геопросторових тематичних покривів для подальшого редагування й аналізу.
- Вибір способів відображення тематичних покривів у легенді до геоінформаційного проекту.
- Залежно від кінцевого призначення створюваного геоінформаційного проекту завершальним етапом можуть бути: компонування макету твердої копії картографічної моделі; підготовка електронної форми подання інформації; підготовка геоінформаційного проекту для публікації у мережі Інтернет.

Створення нових геоінформаційних проектів у середовищі ArcMap виконується за допомогою таких команд:

- Порожня Карта (Blank Map) зі стартового вікна (рис.2.8);

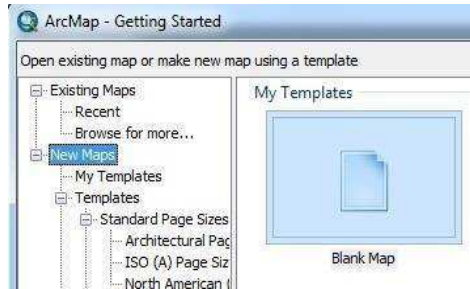
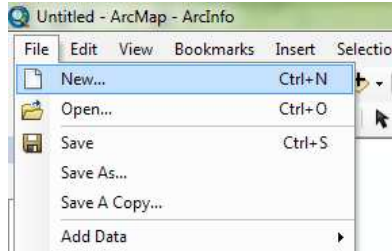


Рис. 2.8. Фрагмент стартового вікна можливістю вибору нового проекту

– Новий (New) з меню Файл (File):



– Новий файл карти (New map file) зі стандартної панелі:

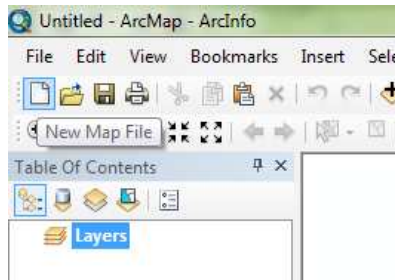


Рис. 2.9. Фрагмент стандартного меню з командою новий файл карти (New Map File).

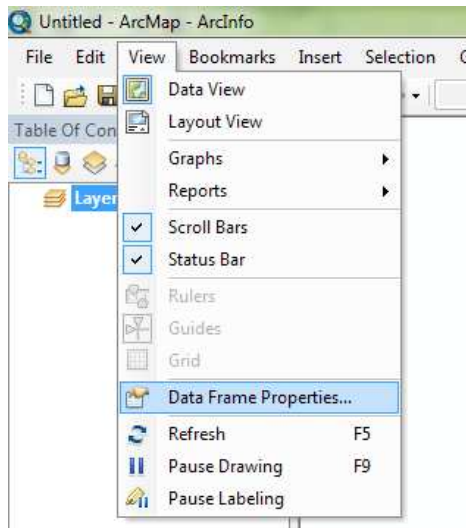
*! Примітка:* Згадані вище команди забезпечують можливість створення лише геоінформаційних проектів. Геoprосторові покpиви створюються за допомогою інших команд. Додатково існує можливість використання вбудованих чи власних шаблонів, що значно спрощує роботу над серіями карт.

### 1.2.1. Визначення системи координат

Однією із головних характеристик геопросторових даних є *система координат*, а її визначення для геоінформаційного проекту є одним з ключових завдань. Власне від системи координат залежить якість геопросторових даних, їх на збирання, аналіз та відображення. Вибір системи координат залежить від кількох чинників: системи координат наявних вихідних даних, для співмірності результатів з метою уникнення втрат якості даних при трансформації картографічних даних; передбачуваної точності отримуваних даних; умов технічного завдання.

Вибір та зміна системи координат для створюваного проекту здійснюється кількома шляхами:

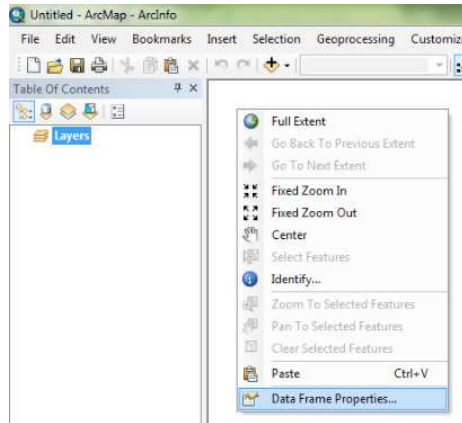
– вибір з меню View команди Властивості фрейму даних (Data Frame Properties) (див. рис. 2.10);



**Рис. 2.10. Доступ до Властивостей фрейму даних через меню Вид (View)**

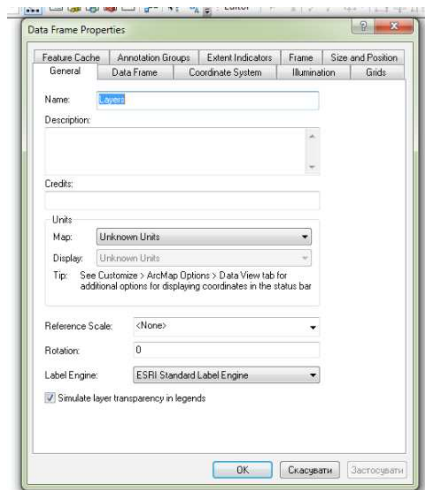
– Вибір команди Властивості фрейму даних (Data Frame Properties) з виринаючого меню шляхом натискання правої кнопки миші на курсор у межах фрейму даних (рис. 2.11).





**Рис. 2.11. Доступ до властивостей фрейму даних через вирінаюче вікно**

Після виклику вказаної команди з'являється діалогове вікно Властивостей фрейму даних (рис. 2.12), яке надає доступ до багатьох властивостей фрейму даних та макету карти за допомогою відповідних вкладок. Більшість з них буде розглядатися дещо пізніше.



**Рис. 2.12. Загальний вигляд діалогового вікна Властивостей фрейму даних (Data Frame Properties)**

Вкладка Coordinate system (рис. 2.13) має такий вигляд: у лівій верхній частині розташоване вікно Current coordinate system, в якій відображається інформація по існуючій системі координат, у лівій нижній знаходиться Select coordinate system, яка дає змогу власне вибрати необхідну систему координат. У правій частині вкладки розташовані команди, які дають змогу модифікувати, створювати та імпортувати властивості систем координат, додавати та видаляти їх зі списку Улюблене (Favorites)

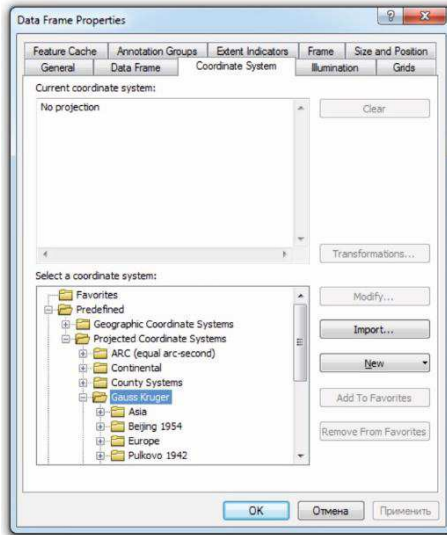


Рис. 2.13. Діалогове вікно вибору та зміни системи координат геоінформаційного проекту

В ArcGIS реалізовано можливість вибору та визначення значної кількості систем координат. Вони згруповані в дві основні категорії: географічні системи координат (Geographic Coordinate Systems) та проєкційні системи координати (Project Coordinate Systems).

**! Примітка:** Система координат фрейму даних у середовищі ArcMap може змінюватись за бажанням користувача під час робочої сесії та при зупиненому редагуванні геопросторових даних.

**! Примітка:** Система координат проекту що створюється може присвоюватися автоматично у випадку додавання першого геопросторового покриття з визначеною системою координат.

***Основні проєкції та системи координат, що використовуються для створення геоінформаційних проєктів на основі радянських та українських топографічних карт:***

– *Рівнокутна циліндрична проєкція Меркатора* — одна з головних картографічних проєкцій. Розроблена Герардом Меркатором для застосування у його “Атласі”. “Рівнокутна” в назві проєкції підкреслює те, що проєкція зберігає кути між напрямками. Меридіани у проєкції Меркатора представляються паралельними рівновіддаленими лініями. Паралелі ж являють собою паралельні лінії, відстань між якими дорівнює відстані між меридіанами в районі екватора і швидко збільшується при наближенні до полюсів.

– *Проєкція Гауса-Крюгера* – поперечна циліндрична рівнокутна картографічна проєкція, розроблена німецькими вченими Гаусом та Крюгером. Застосування цієї проєкції дає можливість практично без суттєвих спотворень зобразити досить значні ділянки земної поверхні, і, що дуже важливо, побудувати на цій території систему плоских прямокутних координат. Ця система є найбільш простою і зручною при проведенні інженерних та топографо-геодезичних робіт. Вона також відома як “Поперечна проєкція Меркатора” та є подібною до згаданої вище крім того, що циліндр розвертається навколо одного з меридіанів. Результатом є рівнокутова проєкція, що не зберігає правильні напрями. Відповідно спотворення об’єктів на територіях, по яких проходить центральний меридіан— мінімальні. На колишніх радянських та сучасних українських картах використовуються системи координат 1942 та 1963 років цієї проєкції.

**1.2.2. Додавання геопросторових даних в ArcMap**

У середовищі ArcMap реалізована можливість оперування великою кількістю форматів даних. У цей перелік входять формати векторної та растрової графіки, база банків даних, що використовуються у програмних продуктах не лише геоінформаційного спрямування. До таких програмних продуктів належать програми інженерного проєктування (CAD), дешифрування даних дистанційного зондування Землі (RS), оперування базами даних (DBMS) та багато інших.

Додавання геопросторових даних у середовищі ArcMap відбувається за допомогою команди Add data кількома способами:

– вибираючи в меню File команду Add Data (рис. 2.14). Цей спосіб дає можливість додавати геопросторові дані з різних джерел, в тому числі з мережі Internet, серверів геопросторової інформації та баз даних, що містять географічну інформацію проєкції координати та адреси об'єктів;

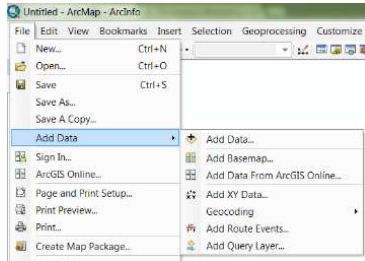


Рис. 2.14. Доступ до команди Add Data з меню File

– використовуючи відповідну піктограму Add Data зі стандартної панелі інструментів (рис. 2.15). За допомогою цього способу здійснюється доступ до геопросторових даних з локальних джерел та геовебсервісу ArcGIS Online;

**! Примітка:** Для можливості використання даних геовебсервісу ArcGIS Online необхідним є пройти процедуру реєстрації власного глобального ArcGIS акаунта. Дані які забезпечує цей сервіс можна використати як фонову основу власних карт, або для публікації власних даних у мережі Internet із застосуванням паролів та прав доступу до інформації.

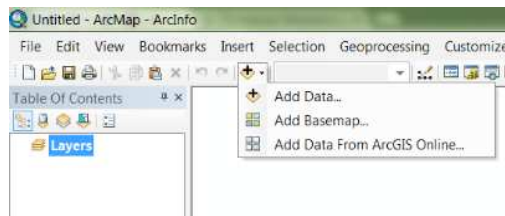


Рис. 2.15. Додавання даних за допомогою піктограми Add Data стандартної панелі інструментів.

– використовуючи прикріпне вікно ArcCatalog Window (див. рис. 2.16) або окремо ArcCatalog. Цей спосіб дає максимальні можливості з пошуку та додавання геопросторових даних з усіх доступних у середовищі ArcGIS джерел геопросторових даних.

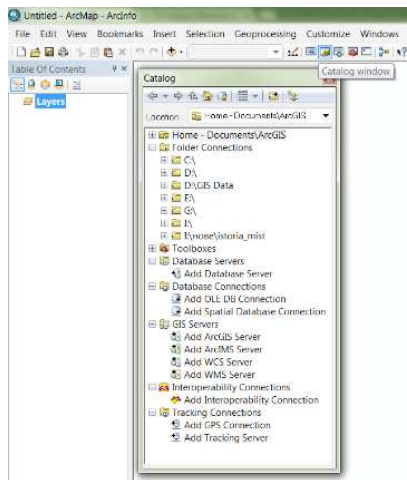


Рис. 2.16. Діалогове вікно ArcCatalog

В усіх випадках в разі застосування команди Add Data з'являється діалогове вікно вибору геопросторових даних і джерел (рис. 2.17). У випадку, якщо додавання даних відбувається вперше, то в діалоговому вікні треба у виринаючому списку Look in вибрати Folder connection та натиснути піктограму Connect to Folder. Після цього з'являється вікно, в якому можна вибрати шлях до необхідної папки з геоданими. Вибрана папка в майбутньому буде завжди присутня в діалоговому вікні Add Data, що суттєво спрощує доступ до геоданих. Подібно відбувається під'єднання до джерел даних у модулі ArcCatalog.

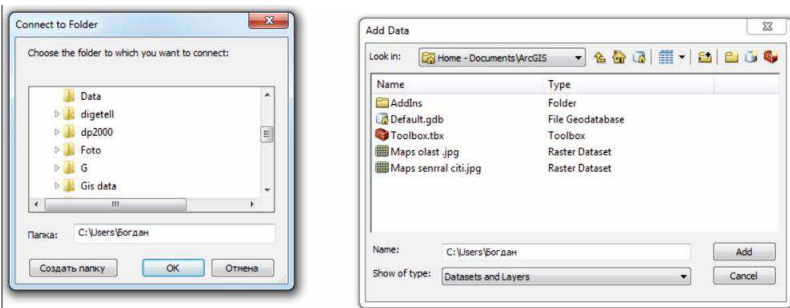
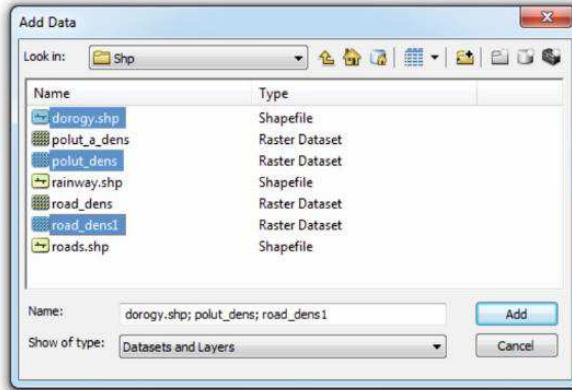


Рис. 2.17. Вікно додавання геопросторових даних та під'єднання їхніх джерел



**Рис. 2.18.** Діалогове вікно Add Data з вибраними геопросторовими даними

У вікні, що з'явилося можна одночасно додавати декілька файлів з геопросторовими даними натиснувши та утримуючи клавіші **Shift** (послідовна вибірка файлів) та **Ctrl** (одиничний вибір файлів) (рис. 2.18). Додані таким чином тематичні шари геоінформаційної моделі чи карти не зберігають своєї символної легенди. Останнього можна уникнути, використовуючи спеціально розроблений формат символного відображення даних **\*.LYR**.

**! Примітка:** можливість читання, відображення та аналізу геопросторових даних в середовищі ArcMap залежить від версії, комплектації та наявності додаткових форматних інтерпретаторів.

**! Примітка:** відображення геопросторових даних у різних форматах може відбуватися неналежно унаслідок недосконалості алгоритму перетворення та відсутності підтримки відповідних умовних позначень.

### 1.3. Координатна прив'язка і трансформація геопросторових даних

Координатна прив'язка геопросторових даних (топографічних і тематичних карт, аерокосмічних знімків, планів, схем і т. д.) у

середовищі програмних продуктів ГІС є необхідною передусім для забезпечення можливості виконання просторових розрахунків та відображення об'єктів, процесів і явищ. Суть цього процесу полягає у присвоєнні та геометричній трансформації координат вихідної інформації відповідно до системи координат і проекції.

Дещо складнішою є процедура геометричної корекції аерокосмічних знімків, яку виконують для того, щоб зображення земної поверхні було правильно представленим на площині та мало властивості карти. Складність цієї процедури потрібне передусім для вирішення таких завдань:

- виявлення зміни на різних знімках однієї території, коли необхідне попиксельне зіставлення зображень;
- створення мозаїк і фотокарт;
- використання знімків в ГІС, в тому числі сумісно з векторними даними;
- отримання точних величин відстаней і площ;
- виконання географічного аналізу, що потребує точної локалізації даних.

***! Примітка:*** У деяких випадках геометричної корекції потребують топографічні карти внаслідок їх неналежного зберігання.

Для корекцій зміщень зображень об'єктів місцевості за рахунок рельєфу при наявності цифрової моделі рельєфу (ЦМР) застосовують операцію ортотрансформації, яку рекомендують виконувати для знімків гірської місцевості або фотознімків будівель, якщо потрібний високий ступінь точності координування.

Розрізняють два основних випадки використання трансформування системи координат: сітка строк і стовпців растрового зображення повинна бути змінена відповідно до вибраної та використовуваної проекції і системи координат. Найчастіше трансформацію використовують для перетворення даних, що не співставляються, в одну і ту ж картографічну сітку координат.

***! Примітка:*** При відсутності спотворень зображень можна не виконувати трансформацію. Наприклад, при скануванні знімка або карти в потрібній проекції. У цьому випадку виконують лише координатну прив'язку.

Загалом, при невизначених властивостях зображення його трансформацію з однієї системи координат в іншу виконують за допомогою поліномів  $n$ -го порядку. Вони дають змогу розраховувати координати нової сітки строк і стовпців для комірок вихідного зображення по координатах заданих контрольних точок. Здебільшого це виконується за допомогою таких процедур:

- вибір способу трансформування;
- локалізація контрольних точок;
- розрахунок похибок та оцінка результатів трансформування;
- перевизначення значень комірок і створення вихідного файлу зображення з новою координатною інформацією в заголовку файлу або в окремому файлі.

Для вибору контрольних точок на площині геопросторових даних треба зважати на певні правила:

- їх кількість повинна бути достатньою для вибраного способу трансформування і задовольняти умову:

$$N > \frac{(n+1) \times (n+2)}{2} \qquad N > \frac{(n+1) \times (n+2)}{2}$$

де  $n$  — степінь полінома;

- точки повинні розташовуватися рівномірно по всьому полю зображення. Чим рівномірніше, тим надійнішим є результат трансформування;
- не треба використовувати мінливі об'єкти місцевості (береги озер, межі рослинності і т. д.).

Наступною є процедура створення вихідного файлу зображення при збереженні структури яскравості вихідного зображення. При цьому необхідно перевизначити значення яскравості комірок відповідно до їхнього нового положення, оскільки їх сітка у вихідному зображенні може мати іншу роздільну здатність і спрямованість осей.

Згідно з растровою технологією трансформоване зображення заповнюється комірка за коміркою пострічково. Процедура перевизначення значень комірок полягає в отриманні значень яскравості комірки вихідного зображення з координатами  $(x,y)$  і присвоєнню її комірки, що знаходиться у найбільш прийнятній точці з відповідними координатами  $(x,y)$  у новій сітці.



У середовищі ArcGIS реалізовано можливості географічної прив'язки і трансформації растрових та векторних даних, відмінність між якими полягає у використанні інших інструментів. Принцип таких операцій залишається один.

### 1.3.1. Географічна прив'язка растрових даних

Для географічної прив'язки растрового типу даних (топографічні карти і плани, схеми, аерокосмічні знімки та інше) в середовищі ArcGIS реалізовано набір інструментів під загальною назвою “Georeferencing” (рис. 2.19).

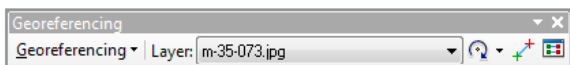


Рис. 2.19. Панель інструментів прив'язки “Georeferencing”

До складу панелі інструментів входять такі елементи:

– кнопка з випадаючим меню “Georeferencing” (рис. 2.20), яка забезпечує доступ до основних функцій географічної прив'язки.

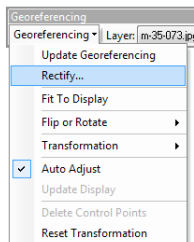
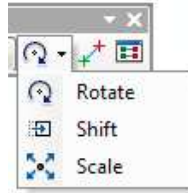


Рис. 2.20. Доступ до основних функцій Georeferencing.

– наступним елементом є випадаючий список “Layer”: растрових зображень які були додані в проект.

**! Примітка:** При прив'язці растрових зображень необхідно стежити, щоб у випадаючому списку було вказано растровий покрив, який позиціонується.

– для швидкого, або попереднього позиціонування і трансформування растрових зображень на панелі “Georeferencing” реалізовано інструменти повороту (Rotate), переміщення (Shift) та масштабування (Scale) (2.21);



**Рис. 2.21. Інструменти швидкого або попереднього позиціонування растрового зображення**

– інструментом, який відповідає за присвоєння координатної інформації растровому зображенню в панелі, є кнопка додавання контрольних точок (Add control points);

– для перевірки, корекції, збереження і завантаження координатної інформації використовується інструмент огляду таблиці зв'язків. Після натискання на кнопку цього інструменту з'являється відповідне вікно (рис. 2.22). За його допомогою можна модифікувати координати зображення та їх просторові відповідники, контролювати залишкову похибку для кожної точки координат та загальну середньоквадратичну похибку для усього растрового зображення, вибирати метод трансформації.

The 'Link Table' dialog box contains a table with the following data:

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	5706,991563	-839,947113	4662000,000000	5468000,000000	13,55931
2	667,364553	-1029,820691	4646000,000000	5467000,000000	0,66568
3	5875,350136	-6179,830059	4663000,000000	5451000,000000	3,94157
4	834,034064	-6369,511633	4647000,000000	5450000,000000	9,05117
5	1297,787745	-1044,819513	4648000,000000	5467000,000000	5,84090
6	1924,364160	-1061,943964	4650000,000000	5467000,000000	3,19056
7	2555,611841	-1079,516877	4652000,000000	5467000,000000	6,67933
8	3184,243684	-1094,212054	4654000,000000	5467000,000000	3,03333
9	3812,202816	-1108,971128	4656000,000000	5467000,000000	2,37105
10	4439,102120	-1125,921676	4658000,000000	5467000,000000	7,55417
11	5067,793731	-1140,267216	4660000,000000	5467000,000000	9,46385
12	5698,552889	-1156,087184	4662000,000000	5467000,000000	5,34901

Below the table, there is a checked checkbox for 'Auto Adjust', a 'Transformation' dropdown menu set to '1st Order Polynomial (Affine)', and a 'Total RMS Error' field showing '6,99985'. At the bottom, there are buttons for 'Load...', 'Save...', 'Restore From Dataset', and 'OK'.

**Рис. 2.22. Вікно таблиці зв'язків координат**

Процес прив'язки растрового зображення виконується за таким алгоритмом:

1. Додати растрове зображення до нового, або існуючого геоінформаційного проекту.

**! Примітка:** При додаванні неприв'язаного растрового зображення до нового чи існуючого геоінформаційного проекту необхідно перевірити/присвоїти фрейму даних відповідну до цього зображення систему координат. Якщо цієї операції не було здійснено, растровому зображенню необхідно присвоїти систему координат за допомогою команди визначення проекції (*Define projection*) з набору інструментів *Data management* в *Arc Toolbox*.

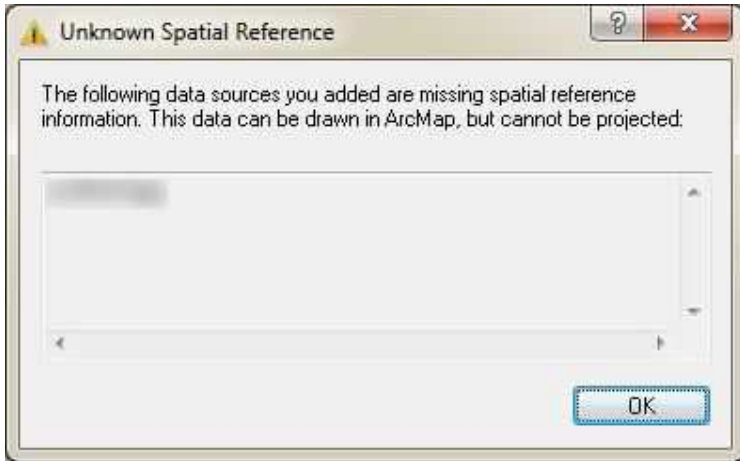
2. Побудувати пірамідальний файл для растрового зображення шляхом вибору ствердної відповіді в діалоговому вікні (рис. 2.23).

**! Примітка:** Пірамідальні шари растрових даних використовуються для підвищення продуктивності та швидкодії відображення даних. Вони є спрощеною версією вихідного набору і можуть містити велику кількість покривів його відображення. Кожен наступний покрив піраміди понижується у масштабі 2:1.



**Рис. 2.23.** Діалогове вікно створення пірамідального файла для растрового зображення

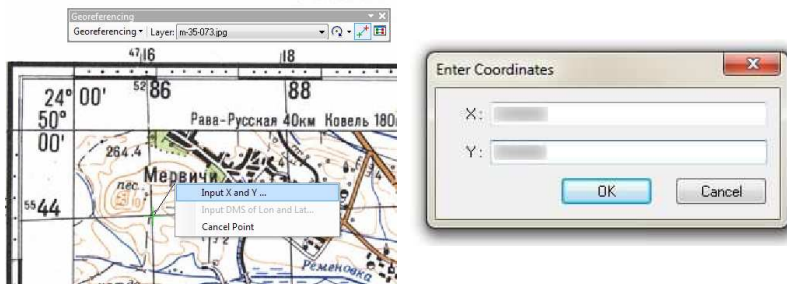
3. У випадку відсутності інформації про систему координат для растрового зображення ArcGIS видає повідомлення про невідому просторову прив'язку (рис. 2.24).



**Рис. 2.24.** Вікно повідомлення про невідому просторову прив'язку растрового зображення

4. Присвоєння координатної інформації растровому зображенню відбувається за допомогою кнопки додавання контрольних точок (Add control points). Це може відбуватися двома способами:

– *Зображення до відомих координат.* Використовується головно для прив'язки топографічних карт і планів з вказаними координатами. Процедура цього способу відбувається шляхом вибору координат комірки вихідного растрового зображення натисканням лівої кнопки миші та введення відповідних географічних координат натисканням лівої кнопки миші (рис. 2.25);

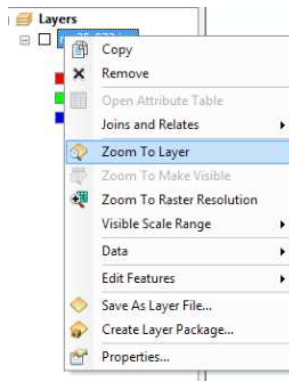


**Рис. 2.25.** Введення координат для растрового зображення

– *Зображення до зображення*. Використовується для координатної прив'язки карт, планів, схем та аерокосмічних знімків до геокодованих растрових і векторних покривів. Процедура виконання цього способу є подібною з попереднім способом та відрізняється останнім кроком. Після вибору координат комірки вихідного растрового зображення натисканням лівої кнопки миші тією ж кнопкою вибирають координати на зображенні, яке слугує джерелом цих координат.

**! Примітка:** *Вибір точок для координатної прив'язки способом “зображення до зображення” повинен відбуватися з урахуванням характеру об'єктів на зображенні. Передусім вони повинні чітко ідентифікуватися на обох зображеннях та не переміщуватися в просторі. Такими об'єктами можуть бути перехрестя доріг, кути будинків та ін..*

5. Після введення першої пари координат растрове зображення переміщується та може зникнути з площини геоінформаційного проекту. Для відновлення відображення растрового зображення у таблиці змісту правою кнопкою миші викликається виринаюче вікно, у якому вибирається команда “Збільшити до покриву” (*Zoom To Layer*) (рис. 2.26).



**Рис. 2.26.** Доступ до команди “Збільшити до покриву” (*Zoom To Layer*)

6. Після набору достатньої кількості пар координат вихідного зображення необхідно обрати метод трансформації, який забезпечить отримання максимально точного геокодування растрового зображення.

Доступ до цієї команди відбувається через кнопку «Georeferencing» відповідної панелі інструментів (рис. 2.27). Вибір методу трансформації залежить від типу та якості вихідного растрового зображення, а також характеру відображуваної території. Зокрема, для топографічних карт використовується зазвичай афінитивна трансформація (1<sup>st</sup> Order Polynomial Affine), а для аерокосмічних даних на гірську сильно розчленовану територію трансформацію вищих поліномів чи адаптивну (N<sup>st</sup> Order Polynomial, Adjust, Spline).

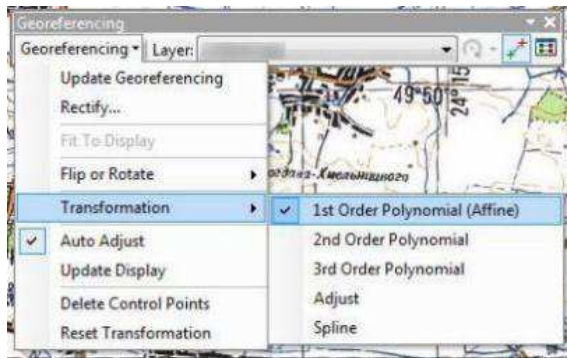


Рис. 2.27. Вибір методів трансформації растрового зображення

7. Результуюче геокодоване зображення отримується за допомогою команди “Ректифікувати” (Rectify) з панелі інструментів “Georeferencing” (рис. 2.28).

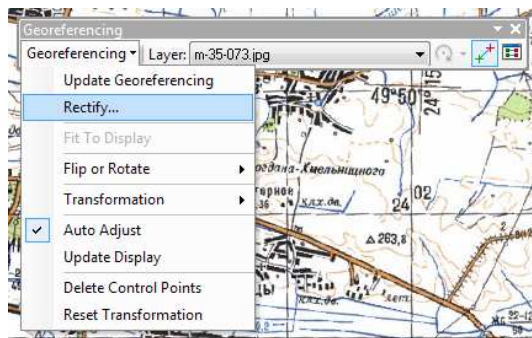


Рис.2.28. Доступ до команди ректифікації “Rectify”.

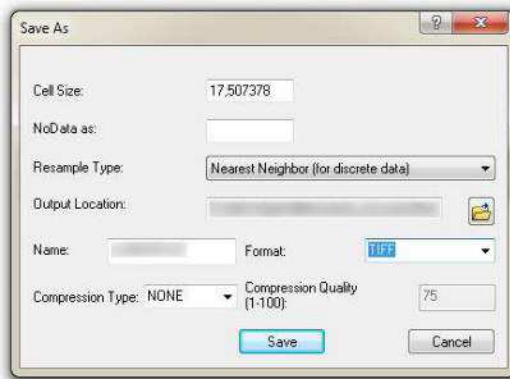
8. Властивості вихідного геокодованого зображення вибирають за допомогою діалогового вікна Save As (рис. 2.29). Серед властивостей растрового зображення можна обрати:

– *просторову роздільну здатність* (Cell Size), яка обирається в залежності від вихідної роздільної здатності растрового зображення та мети його створення;

– *тип ресемлінгу* геокодованого зображення (Resample Type) забезпечує тип відображення вихідного зображення залежно від типу растрових даних. Так, для топографічних карт, планів, схем та інших зображень, що мають дискретну природу меж, використовується метод найближчого сусіда (Nearest Neighbor), а для растрових аерокосмічних даних застосовують два інші методи білінійної інтерполяції (Bilinear Interpolation) та кубічного згортання (Cubic Convolution);

– *шлях до місця збереження* ректифікованого растрового зображення;

– *назву та формат* вихідного растрового файлу та його компресійні властивості.



**Рис. 2.29.** Діалогове вікно створення геокодованого растрового зображення

**! Примітка:** Геокодовані растрові зображення зберігаються у стандартних (JPEG, PNG, GIF, TIFF, BMP та ін.) та специфічних геоінформаційних (GRID, IMAGINE, BIL та ін.) форматах. Для кожного з форматів залежно від його специфікації створюються або

додаткові файли, які описують координатну основу, або координатна основа вписується в тіло самого файла. Останнє відбувається зазвичай у специфічних форматах.

**Формати для вихідного набору растрових даних.**

*Стандартні формати:*

JP2000 – Формат растрових даних JPEG 2000.

JPEG – Формат растрових даних Joint Photographic Experts Group.

GIF – Графічний обмінний формат для наборів растрових даних.

PNG – Формат растрових даних Portable Network Graphic.

TIFF — Теговий формат файла зображення для набору растрових даних (Tag Image File Format, TIFF).

BMP — Формат бітової графіки для наборів растрових даних.

*Специфічні геоінформаційні формати:*

BIL — Файл Esri Band Interleaved by Line (BIL).

BIP — Файл Esri Band Interleaved by Pixel (BIP).

BSQ — Файл Esri Band Sequential.

DAT — Файл ENVI DAT.

GRID — Формат Esri Набор растрових даних Ґрід (Grid raster dataset).

Зображення IMAGINE — Формат растрових даних ERDAS IMAGINE.

Для деяких форматів після процесу прив'язки створюються окремі файли, які відповідають за їхнє просторове розміщення:

image.tif image.tfw або image.tifw

image.bil image.blw або image.bilw

image.jpg image.jgw або image.jpgw

image.raster image.rasterw

image.bt image.btw

9. Після створення геокодованого растрового зображення його можна додавати до геоінформаційного проекту.

**! Примітка:** У випадку відсутності інформації про систему координат для растрових зображень їх може розкинути по площині геоінформаційного проекту. Особливо це стосується растрових і



*векторних даних, які опрацьовувались у різних системах координат та їх топографічних зонах.*

### **1.3.2. Трансформація векторних даних**

Геопросторові дані часто надходять у ГІС з різних джерел. Їх неспівпадіння деколи потребують виконання додаткових робіт по інтеграції нового набору даних з наявними даними, їх просторової та геометричної корекції. У середовищі редагування інструменти просторової корекції представляють інтерактивні методи вирівнювання та інтеграції даних. Векторна трансформація (Spatial Adjustment) підтримує різні методи трансформації для усіх геопросторових даних, редагування яких є можливим у середовищі ArcGIS. Векторна трансформація часто використовується при імпортуванні геопросторових даних з однієї системи координат в іншу, виправлення геометричних помилок, вирівнювання об'єктів одного шару вздовж меж об'єктів іншого шару, а також копіювання атрибутів одного шару в інший.

Для векторної трансформації геопросторових даних (векторизовані шари топографічної та тематичної інформації) в середовищі ArcGIS реалізовано набір інструментів під загальною назвою “Spatial Adjustment” (рис. 2.30). До складу панелі інструментів входять наступні елементи:

– кнопка з випадаючим меню “Spatial Adjustment”, яка забезпечує доступ до основних функцій географічної прив'язки векторних даних.

– Інструмент вибору елементів “Select Elements” який забезпечує виділення зав'язків між вихідними та кінцевими координатами трансформованих даних.

– Інструмент створення нового зв'язку переміщення “New Displacement Link”, який необхідний для створення пари вихідних та переміщених координат трансформованих векторних шарів.

– Інструмент зміни або модифікування зв'язку пар координат “Modify Link”.

– Інструмент створення кількох зав'язків переміщення “Multi Displacement Link”, який створює набір переміщень однією операцією і використовується для геометричного корегування об'єктів одного шару відносно меж іншого.

– Інструмент створення нового зв'язку ідентичності “New Identity Link” який може використовуватися для утримування незмінними вузлів векторного шару. Інструмент доступний лише при використанні методу трансформації “Гумовий лист” (Rubbersheet).

– Інструмент створення нової межі трансформування “New Limited Adjustment Area” дає змогу окреслити полігональну фігуру навколо об'єктів, до яких необхідно застосувати трансформацію. Усі інші об'єкти за межами цього полігону не підлягають векторній трансформації. Інструмент активується лише при методі трансформації “Гумовий лист” (Rubbersheet) та в поєднанні з інструментом одночасного створення багатьох трансформаційних зв'язків значно економить час процедури трансформації.

– Інструмент очистки межі трансформації “Clear Limited Adjustment Area”.

– Інструмент, який забезпечує огляд таблиці зав'язків пар координат “View Link Table” надає інформацію про вихідні та результуючі координати кожного окремого трансформаційного зв'язку, його ідентифікатор та часткову похибку.

– Інструмент співставлення (вирівнювання) країв об'єктів геопросторових шарів вздовж краю одного шару до суміжного “Edge Match”.

– Інструмент перенесення атрибутивних даних геопросторових об'єктів різних шарів “Attribute Transfer Tool”.



**Рис. 2.30. Панель інструментів прив'язки векторних покриттів (Spatial Adjustment)**

Доступ до цієї панелі інструментів можна виконати, вибравши відповідний пункт зі списку інструментів Toolbars, або за допомогою панелі інструментів Editor, в якому вибрати пункт More Editing Tools (рис. 2.31).

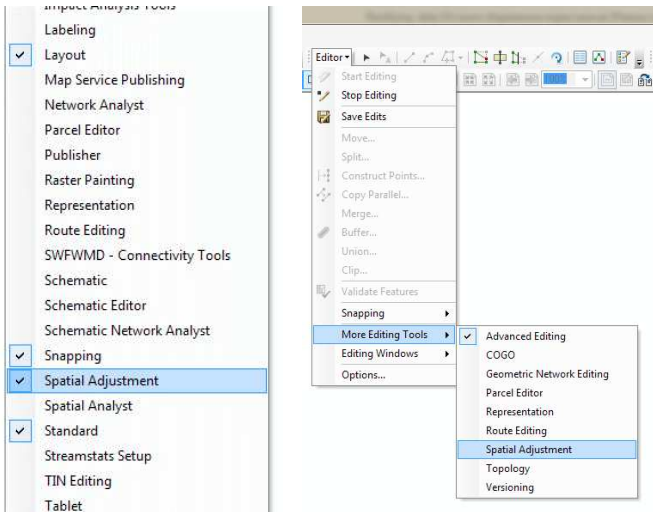


Рис. 2.31. Варіанти доступу до панелі інструментів Spatial Adjustment

Для трансформування векторних шарів необхідно виконати старт їх редагування у панелі інструментів Editor.

**! Примітка:** Векторну трансформацію можна робити як для одного, так і для декількох геопросторових шарів. Для цього необхідно, щоб набори цих даних знаходились в одному джерелі (паці, персональній чи файловій базі геоданих, робочій області). Крім того, геопросторові шари повинні мати однакову систему координат.

Процедура трансформації векторних шарів є такою:

1. За допомогою команди Set Adjust Data випадаючого меню кнопки Spatial Adjustment (рис. 2.32) та її діалогового вікна вказуються шари, до яких застосовують трансформацію.

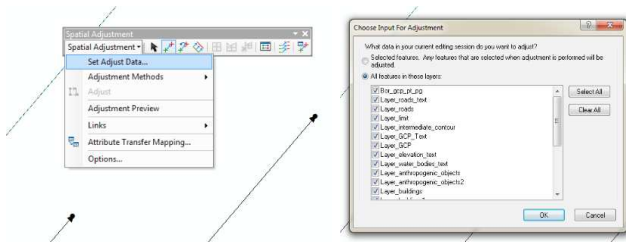


Рис. 2.32. Вибір геопросторових шарів для трансформації

2. За допомогою команди Adjustment Methods вибрати необхідний метод трансформації векторних даних (рис. 2.33).

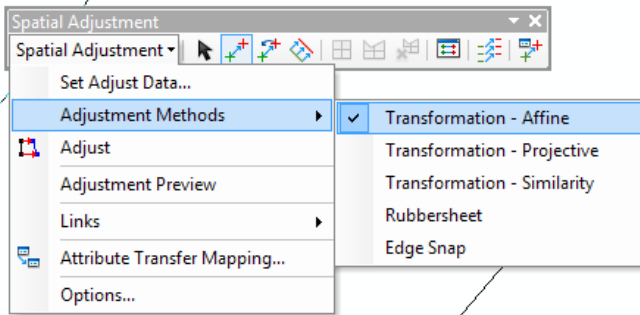


Рис. 2.33. Вибір методу трансформації геопросторових шарів

**! Примітка:** За допомогою відповідних методів трансформації можна пересувати та переміщувати об'єкти геопросторових шарів у межах однієї системи координат. Вони часто використовуються для перетворення даних з невідомих одиниць (скановані та векторизовані дані) до реальних географічних чи прямокутних координат. Трансформацію можна також використовувати для перетворення одиниць вимірів у межах однієї системи координат (десяткові градуси до метрів чи навпаки). Трансформаційні функції ґрунтуються на порівнянні координат вихідних та результуючих вузлів (контрольних точок) у зв'язках переміщення за допомогою відповідних формул.

Серед методів векторної трансформації в ArcGIS реалізовано такі:

- **Афінна трансформація (Affine transformation)** може диференційовано масштабувати, зміщувати, повертати і переміщувати геопросторові шари на основі щонайменше трьох зв'язків переміщення. Використовується для більшості випадків трансформації геопросторових даних, створених на основі топографічних, або тематичних карт і планів.

- **Проекційна трансформація (Projective transformation)** ґрунтуються на складніших формулах та потребує щонайменше

чотири зв'язки переміщення. Цей метод використовується головню для трансформації даних, отриманих на основі опрацювання аерокосмічної інформації.

– **Трансформація подібності (Similarity transformation)** масштабує, повертає та переміщує об'єкти геопросторових шарів. Проте цей метод не виконує незалежного масштабування осей, що не дозволяє здійснити зміни форм об'єктів за рахунок відхилення від них. Цю трансформацію використовують у випадку, коли необхідним є збереження характеристики форм об'єктів геопросторових шарів. Для виконання трансформації цим методом достатніми є два зв'язки переміщення. Більша ж їхня кількість потрібна для визначення середньоквадратичної похибки трансформації (RMS error).

– **Трансформація “гумовий лист” (Rubbersheet)** використовується здебільшого для виконання незначної геометричної корекції геопросторових даних до геометрично точнішої інформації, що міститься в іншому шарі. Геометричні характеристики об'єктів у геопросторових шарах буде залежати від близькості цих об'єктів до точки кінцевих координат зв'язку переміщення та його довжини. Опційно метод передбачає два варіанти: лінійний (Linear) та природного сусіда (Natural Neighbor). «Лінійний» варіант трансформації виконується дещо швидше, а отримання хорошого результату можливе за умови рівномірного розподілу по трансформованому геопросторовому шарі зв'язків переміщення. Варіант “природного сусіда” використовується зазвичай при наявності значно віддалених один від одного та нерівномірно розподілених у просторі геопросторового шару зв'язків переміщення.

– Доступ до цих варіантів здійснюється через вибір у випадуючому меню кнопки просторової трансформації (Spatial Adjustment) команди “опції” (Options), після чого з'являється діалогове вікно властивостей трансформації. (рис. 2.34). Вибравши зі списку методів трансформації “гумовий лист” (Rubbersheet) обираємо команду “опції” (Options) в якій і здійснюється вибір двох варіантів цього методу (рис. 2.35).

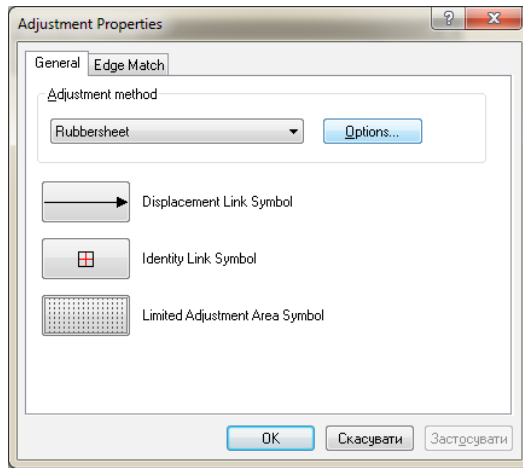


Рис. 2.34. Діалогове вікно властивостей трансформації (Adjustment properties)

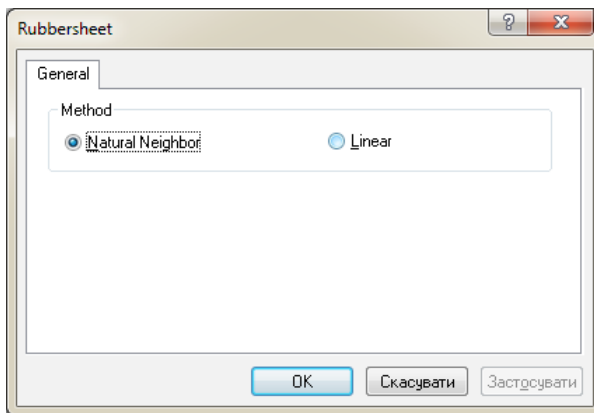
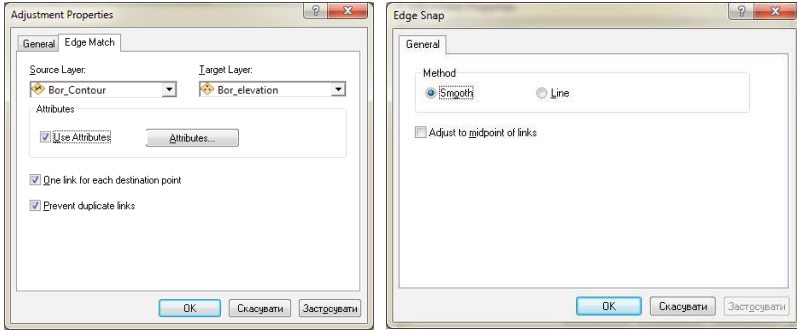


Рис. 2.35. Вікно вибору варіантів методу трансформації “Гумовий лист” (Rubbersheet)

– *Трансформація “Співставлення країв” (Edge match)* вирівнює межі об’єктів одного шару відносно об’єктів іншого шару (рис. 2.36). Цей метод трансформації головно використовується для об’єднання окремих частин геопросторових шарів, отриманих з різних векторизованих джерел інформації так, щоб кінці ліній кожного з

шарів просторово збігалися по координатах. Окремі властивості методу та способи прив'язки країв можна модифікувати у діалоговому вікні властивостей трансформації (*Adjustment properties*). Серед властивостей методу можна зробити вибір вихідного та результуючого шарів, можливість використання атрибутів для покращення результатів трансформації, уникнення дублювання зв'язків перенесення та ін.



**Рис. 2.36. Вікна властивостей трансформації “співставлення країв” (Edge Match)**

1. Залежно від обраного методу трансформації та мети трансформації, використовуючи інструменти створення нових зв'язків переміщення “New Displacement Link”, кількох зав'язків переміщення “Multi Displacement Link”, або нових зв'язків ідентичності “New Identity Link” створити нові трансформаційні зв'язки для вибору координат вихідного та кінцевого місцезнаходження точок на трансформованому геопросторовому шарі. Трансформаційні зв'язки можна модифікувати та визначати межі трансформованої ділянки геопросторового шару відповідними інструментами.

2. У разі необхідності трансформаційні зв'язки можна зберігати, завантажувати для наступного доопрацювання за допомогою команд випадючого списку “зв'язки” (Links) (рис. 2.37). Переглянути вихідні, кінцеві координати, ідентифікатори та залишкову помилку трансформаційних зв'язків можна за допомогою команди перегляду таблиці зв'язків та відповідного вікна.

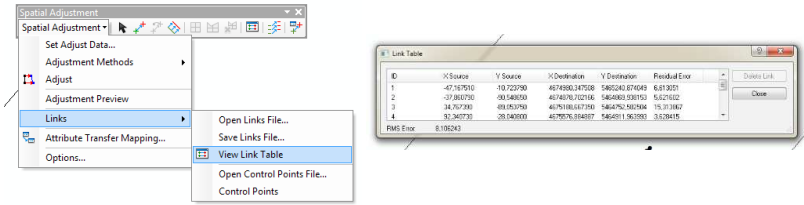


Рис. 2.37. Доступ до вікна таблиці трансформаційних зв'язків

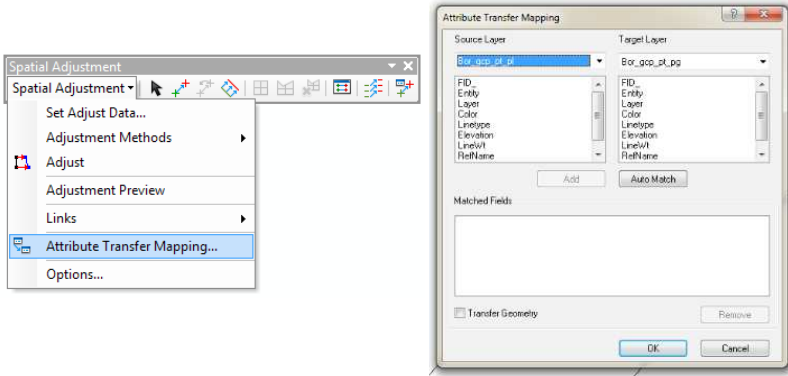
5. Крім геометричної трансформації векторних даних, за допомогою просторової трансформації (Spatial Adjustment) можна також переміщати атрибутивні дані між геопросторовими шарами інтерактивно. Для цього у випадяючому списку кнопки просторової трансформації реалізовано команду перенесення атрибутів (Attribute transfer mapping), після вибору якої з'являється відповідне діалогове вікно (рис. 2.38). Для правильного перенесення даних між геопросторовими шарами, у відповідному діалоговому вікні необхідно:

а) вибрати вихідний (source) (з якого необхідно перенести атрибутивні дані) та кінцевий (target) (в який необхідно передати атрибутивні дані) геопросторові шари шар;

б) зі списку полів вихідного та кінцевого геопросторового шарів треба вибрати поля, дані яких повинні збігатися та натиснути кнопку додати (Add). Після цього в полі погодження полів (Matching fields) з'являється відповідний перелік. Передбачено також можливість автоматичного співставлення полів. Крім перенесення атрибутивних даних опційно є можливість перенесення геометрії до об'єктів кінцевого геопросторового шару шляхом активації перемикача "Перенесення геометрії" (Transfer geometry).

6. Виконавши попередні кроки, геопросторові шари трансформують (Adjust) за допомогою відповідної команди. Перед тим можна виконати попередній перегляд результату трансформації (Adjustment Preview). Після отримання задовільного результату просторової трансформації можна зупинити та зберегти редагування.





**Рис. 2.38.** Доступ до діалогового вікна перенесення атрибутивних даних (Attribute transfer mapping)

### 1.3.3. Трансформація растрових та векторних даних засобами ArcToolbox

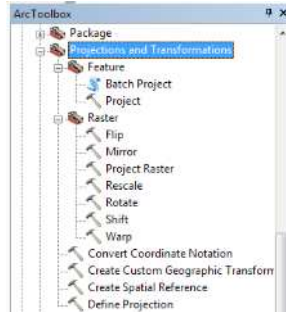
При отриманні даних ГІС, їх часто необхідно трансформувати або проєціювати. Оскільки дані, які отримуються, не завжди опрацьовані з точки зору координатної прив'язки. Ця ситуація виникає, коли необхідно трансформувати тривимірну поверхню Землі у плоский лист карти. Ці перетворення виконуються виключно за математичними законами та називаються картографічними проєкціями.

Для того, щоб зрозуміти принцип трансформації, необхідно пам'ятати, що усі точки на Земній кулі мають місцезрештування і просторові дані відповідають йому. Під неопрацьованими растровими даними розуміються ті дані, які отримані з сенсора або сканера та, зазвичай, не володіють координатами або внутрішньою ідентифікацією місцезрештування. Інструменти перетворення відповідають за трансформацію зображення у відповідне місцезрештування та зміну зображення на відповідну орієнтацію.

При відображенні Земної поверхні у двовимірному просторі відповідно відбувається спостворення форми, площі, довжини або напрямку об'єктів. Картографічна проєкція використовує математичні формули для зв'язку сферичних координат на глобусі з плоскими координатами. Різні проєкції мають різні типи спотворень. Деякі

проекції розроблені з урахуванням мінімізації спотворень однієї або двох характеристик даних. Проекція може зберігати площу просторового об'єкта, але змінювати його форму.

Виконання операцій з проекціями і трансформаціями геопросторових даних може виконуватися за допомогою відповідного набору інструментів у ArcToolbox (рис. 2.39).



**Рис. 2.39. Набір інструментів проекцій і трансформацій геопросторових даних у ArcToolbox**

#### **1.4. Створення та редагування векторних даних**

Однією з основних функцій геоінформаційних програмних засобів є введення геопросторової інформації, яка дасть змогу здійснити оперативний та якісний аналіз компонентів довкілля. Такою інформацією у ГІС виступають тематичні інформаційні покриття, що відображають компонентну складову довкілля у вигляді окремих координованих між собою шарів. Ці шари можуть мати як растровий, так і векторний характер. Різницю між ними ми вже розглядали у попередніх підрозділах.

ArcGIS дає змогу створювати і виконувати редагування різних типів даних та метаданих, зберігаються у шейп-файлах, базах геоданих і різних табличних форматах.

*Термін “метадані” використовується при посиланні на описову інформацію і являє собою скорочений опис форми і наповнення даних. У найширшому сенсі, метадані можна використовувати для опису інформаційних структур, таких як технічні стандарти і правила взаємозв'язку, які перебувають на периферії структур взаємодії електронного керування.*

*Пошук за метаданими, на противагу деталям або інформаційним ресурсам, є ефективнішим, оскільки метадані надають шукаючу інформацію, що входить до ресурсу. Але метадані стоять окремо від самих інформаційних ресурсів. Це важлива риса метаданих. Вони можуть стати доступними, у той час як сам ресурс залишається недосяжним.*

Згадані геопросторові векторні дані можуть включати в себе точки, лінії, полігони, текст (розміри і анотації), об'єкти-мультипатчі і мултиточки. Останні з переліку, використовуються для створення і підвищення реалістичності 3D символів та впорядкованих наборів об'єктів. До редагування векторних даних також входить опрацювання загальної геометрії за допомогою топології та геометричних мереж.

З форматної точки зору в ArcGIS можна використовувати дані не лише створювані в цьому програмному продукті, але й розроблених сторонніх виробників програмного забезпечення. У цьому підрозділі розглянемо основні формати геопросторових даних, які використовуються у програмному середовищі ArcGIS Desktop.

**База геоданих (.mdb)** є стандартним середовищем зберігання та управління геоданими в ArcGIS, яка може використовуватися у будь-який момент на персональних комп'ютерах, серверах або мобільних пристроях. Середовище бази геоданих підтримує різні типи даних:

- Атрибутивні таблиці.
- Географічні об'єкти.
- Супутникові та аерофотознімки.
- Дані моделювання земної поверхні.
- Вимірювання геодезичної зйомки місцевості.

ArcGIS володіє повним набором інструментів перетворення даних для перенесення існуючих геопросторових даних у базу геоданих. База геоданих визначає не лише як зберігаються дані, способи доступу до них та методи управління ними, але й може реалізувати складну логіку модулювання просторових зв'язків (топології, мереж і топографії місцевості), валідації даних (підтими і домени); довгі транзакції (наприклад, версіонування). Це дає змогу отримати максимальний ефект від просторових даних і коректно обслуговувати базу даних. ArcGIS реалізує базу геоданих як набір файлів у файловій системі або як набір таблиць у реляційній системі управління базами даних (СУБД).

*! Примітка:* під валідацією даних розуміють процес, що дає змогу визначити, наскільки точно з позицій потенційного користувача модель, створена на основі цих даних, представляє задані якісні та кількісні параметри реального світу.

*! Примітка:* під версіонуванням розуміють збереження історії змін об'єктів. На відміну від журналу реєстрації, крім збереження історії про те ким, коли і який об'єкт було змінено, механізм версіонування дає змогу адміністратору бази геоданих побачити конкретні зміни, які внесли користувачі.

**Шейп-файл (.shp)** є стандартним обмінним форматом для подання векторних нетопологічних даних, розробником якого є фірма ESRI. У цьому форматі можна подавати точки, мультиточки, лінії або полігони, але змішувати різні типи векторної інформації заборонено. Усі об'єкти можуть подаватися в 2-вимірному (X; Y), 3-вимірному (X; Y; Z) та 4-вимірному просторі (X; Y; Z; M) просторі.

*! Примітка:* значення M визначає відстань уздовж лінійного об'єкта від одного вузла (відомого місця) до іншого (об'єкта чи події).

У шейп-файлах для усіх об'єктів можна задати певний набір атрибутів. Кожен шейп-файл зберігається у вигляді чотирьох файлів: 1) з розширенням \*.shp для зберігання геометрії об'єктів; 2) з розширенням \*.dbf для подання атрибутивних даних для окремих об'єктів (цей файл зберігається у форматі *dBase III*); 3) з розширенням \*.shx для представлення допоміжних індексів, що забезпечують зв'язок між об'єктами простору та їх атрибутивною інформацією; 4) з розширенням \*.prj для збереження інформації про систему координат та проекцію, в яких знаходиться шейп-файл.

*! Примітка:* На сьогодні формат шейп-файлу підтримується більшістю виробників геоінформаційних програмних продуктів як обмінний, а деколи і основний (внутрішній) формат.

**Покриви ARC/INFO** – формат є стандартним для подання векторних топологічних даних (покривів) у програмних продуктах фірми ESRI. Цей формат містить просторову прив'язку та атрибутивні (описові) дані для географічних об'єктів. Покриви використовують набір класів, кожен з яких зберігає набір точок, ліній, полігонів або анотацій, що володіють топологією, яка визначає відношення між

об'єктами. Покриви зберігаються у вигляді каталогу, в якому кожен клас геопросторових об'єктів зберігається як набір файлів.

Формат підтримується також деякими іншими розробниками програмного забезпечення, проте він не надто поширений через його закритий характер.

***! Примітка:** покриви PC ARC/INFO подібні до покровів ArcInfo та ArcGIS Desktop окрім того, що атрибутивна інформація для кожного геопросторового об'єкта зберігається у форматі \*.dbf. Покриви PC ARC/INFO можна переглядати в ArcCatalog та створювати для них метадані. Проте інші операції з управління даними (копіювання, вставка, видалення), на жаль, є недоступними. Крім того, покриви створені в ArcInfo у версії старій 7-ї є недоступними в ArcCatalog без додаткової конвертації.*

**Обмінний формат покровів ARC/INFO (.E00)** є відкритим текстовим еквівалентом файлу покриву, унаслідок чого його розмір є суттєво більшим за вихідний покрів. Цей формат файлу, що використовується для перенесення покровів, TIN-мереж і пов'язаних таблиць INFO між різними комп'ютерами, не пов'язаними жодною файлообмінною мережею. Розширення \*.e00 поступово збільшується до \*.e01, \*.e02 ... \*.e0n у випадку, якщо обмінний файл складається з декількох окремих файлів.

***! Примітка:** при перенесенні експортних файлів \*.E00 необхідно забезпечити такі вимоги: вхідний файл \*.E00 не можна помістити у каталог, в назві якого, або в шляху до якого, присутній пробіл (це стосується також переміщення вихідних покровів чи сіток); ім'я вихідного покриву чи сітки не може мати довжину більше 13 символів та містити спеціальні символи (#, @ або %). При цьому дозволяється використовувати символ нижнього підкреслення.*

Для забезпечення можливості використання форматів геопросторових даних інших розробників геоінформаційного програмного забезпечення в ArcGIS Desktop реалізовано окремий модуль *Data Interoperability (Взаємодія даних)*, що є інтегрованим просторовим набором, який запускається у рамках геообробки. Він дає можливість об'єднувати геодані з декількох джерел та в різних форматах, використовувати ці дані з інструментами геообробки та публікувати їх за допомогою ArcGIS Server. Функціонально цей модуль забезпечує:

*1. Пряме зчитування геоданих.* За допомогою цієї функції забезпечується робота з наборами даних, що створені на програмному забезпеченні іншого розробника, без використання проміжного формату або інструменту конвертації. У цьому випадку набори геоданих перетворюються “на льоту”, як набори даних для читання та відображаються в пам’яті, в той час як файл-джерело залишається на диску в своєму рідному форматі.

*2. Підключення взаємодії* є створений користувачем зв’язок с одним або кількома джерелами даних, які керуються за допомогою дерева каталогів у середовищі ArcCatalog, як єдиний набір даних безпосереднього зчитування.

*3. Набір інструментів Data Interoperability* містить інструменти конвертування, які імпортують та експортують дані між базою геоданих і форматами сторонніх виробників.

*4. Інструменти Spatial ETL (просторового розпаковування, трансформувannya та завантаження)* – це створений користувачем інструмент геообробки, який здатний трансформувати дані між різними моделями даних і різними форматами файлів.

*5. Користувацький формат* – це перехідна робоча область, що експортується з FME Workbench (візуальний редактор технологічних процесів для покращення інструментів перетворення даних), як формат, що зберігається у зовнішньому файлі \*.fds та може бути імпортований на інші комп’ютери.

За допомогою цих функцій можливості використання інших форматів в ArcGIS значно розширюються.

Серед методів створення геоданих головну роль відіграє оцифрування, що є процесом перетворення об’єктів у цифровий формат. Існує декілька способів оцифрування просторових об’єктів, що передбачає оцифрування по екрану, на дигітайзері, або за допомогою систем автоматизованої векторизації.

Інтерактивне оцифрування по растровій підложці є найбільш поширеним методом. У цьому випадку можливо відобразити на екрані аерофотознімок або космічний знімок в якості базової карти.

При оцифруванні паперових карт використовується спеціальний інструмент у вигляді стола, підключеного до комп’ютера, який при роботі з маніпулятором (стилузом або спеціальною мишкою)

## ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі

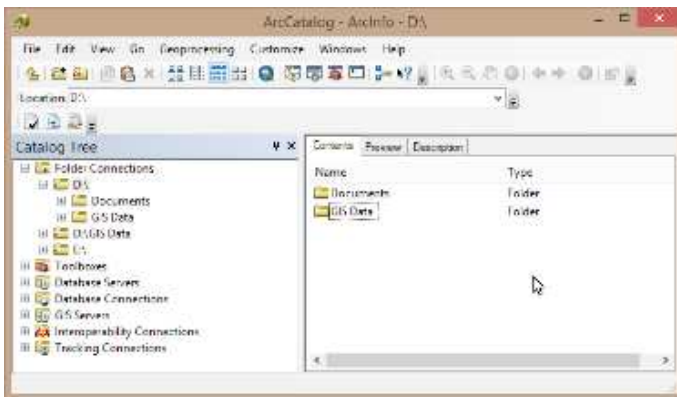
перетворює місцезположення на поверхні столу в координати  $x$  та  $y$  у цифровий вигляд і передає їх у компютер.

Ще один спосіб оцифрування – це автоматична та напівавтоматична векторизація. У програмному середовищі ArcGIS реалізовано окремий модуль для цього методу введення геопросторової інформації під назвою ArcScan. Він дає змогу виконувати автоматизоване або інтерактивне перетворення растрових даних у векторні з високою точністю та мінімальною участю оператора в процесі опрацювання даних.

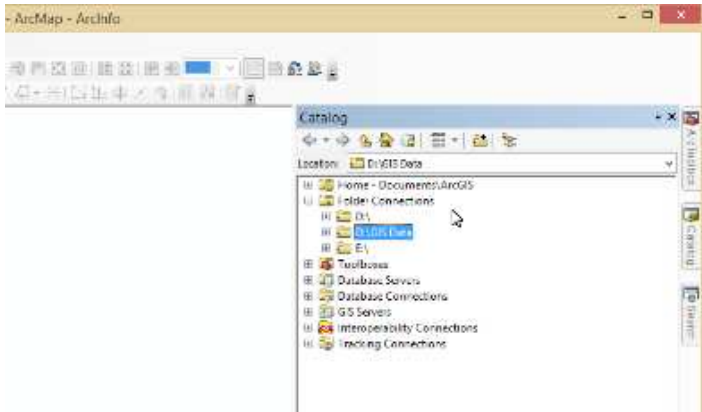
Деякі геопросторові дані збираються безпосередньо у польових умовах за допомогою GPS (Global Positioning System) приймачів. Ці інструменти вираховують своє місцезположення, використовуючи супутникові сигнали (деколи базові станції). Вони володіють різними функціями та бувають різної точності, тому треба переконатись, що GPS приймач достатньо точний для даних, які необхідно ним знімати. Пристрої GPS можуть підключатися до ноутбуків, планшетів, мобільних телефонів та інших пристроїв для запису даних у польових умовах.

Згідно з алгоритмом створення об'єктів у середовищі ArcMap, перед тим як почати створювати чи редагувати геопросторові об'єкти необхідно використати готовий чи створити новий клас геопросторових об'єктів, в якому вони будуть зберігатися.

Створення за допомогою модулів ArcCatalog та ArcToolBox. Доступ до модуля ArcCatalog в середовищі ArcGIS реалізовано окремим програмним засобом (рис. 2.40) та вікном у середовищі ArcMap.



a)



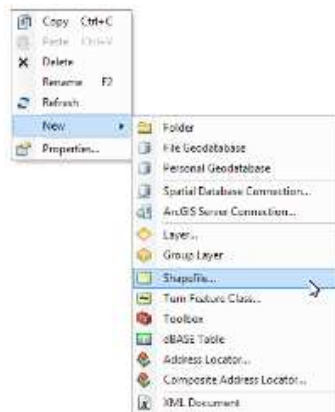
б)

**Рис. 2.40. Варіанти доступу до модуля ArcCatalog**

**а) окремим програмним засобом; б) вікном у середовищі ArcMap.**

Розглянемо створення геопросторових шарів у форматі \*.shp.

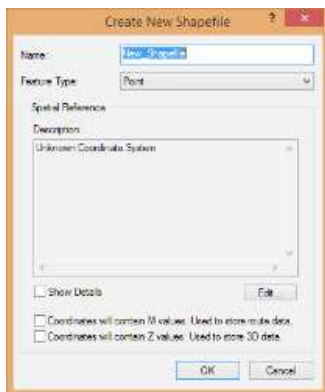
1. Використовуючи модуль ArcCatalog, насамперед необхідно вибрати робочу папку, в якій буде зберігатися геопросторовий шар.
2. Після того як папку вибрали, у вікні цієї папки правою кнопкою мишки вибираємо із випадаючого меню пункт New “Shapefile...” (рис. 2.41).



**Рис. 2.41. Доступ до команди створення нового шейпфайлу за допомогою випадаючого меню**



3. Після вибору команди New “Shapefile...” з’являється діалогове вікно створення нового шейп-файлу (Create Shapefile) (рис. 2.42).



**Рис. 2.42.** Діалогове вікно створення нового шейп-файлу (Create Shapefile)

У цьому вікні необхідно вказати таку інформацію:

а) назва геопросторового шару (Name).

**! Примітка:** Назву геопросторового шару треба вказувати латинкою та без застосування додаткових символів, оскільки це може вплинути на використання цих даних на інших робочих місцях.

б) тип геометрії геопросторових об’єктів (Feature type) (рис. 2.43). Серед типів геометрії для формату шейпфайлу доступні точкові (Point), лінійні (Polyline), полігональні (Polygon), мультиточкові (MultiPoint), поверхні з ділянками різної висоти (MultiPatch).



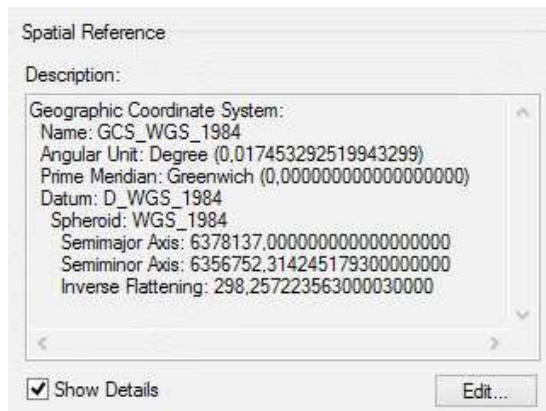
**Рис. 2.43.** Випадаюче меню типів геометрії об’єктів

**! Примітка:** Мультиточковий тип геометрії використовується в середовищі ArcGIS у випадку, коли об’єкти фізично відокремлені

в просторі, проте володіють лише одним записом в базі даних. Ідентичними мультиточковим є лінійні та площинні об'єкти, такі як острови в архіпелагах, острівні та анклавні частини країн тощо.

**! Примітка:** Поверхні з ділянками різної висоти (MultiPatch) – це тривимірні об'єкти, що використовуються для представлення зовнішньої поверхні або оболонки об'єктів, що охоплюють дискретну (з чіткими межами) площу або об'єм у тривимірному просторі. Ці поверхні можуть використовуватись для представлення простих та складних об'єктів (сфери, куби, будинки, дерева та ін.).

в) для визначення необхідної просторової прив'язки геопросторових шарів необхідно натиснути кнопку Edit та вибрати необхідну систему координат та проекцію (див. визначення системи координат). Після цього у вікні опису (Description) з'явиться опис проекції, який можна деталізувати за допомогою увімкнення опції “показати деталі” (Show details) (рис. 2.44).

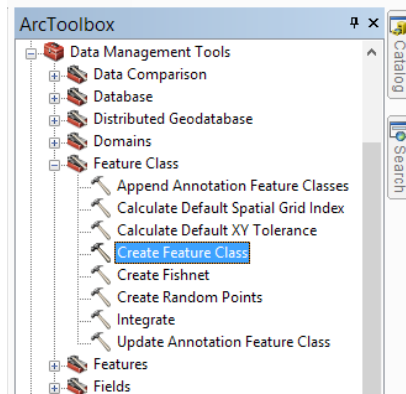


**Рис. 2.44. Фрагмент діалогового вікна з описом системи координат та проекції**

г) у цьому діалоговому вікні також присутня можливість створення геопросторових шарів з можливістю ручного визначення значень відстаней (M values) та висот (Z values).

Створення геопросторових шарів за допомогою модуля ArcToolBox відбувається за допомогою команди створення класу

об'єкта (Create Feature Class) з набору інструментів управління даними (Data Management Tools) (рис. 2.45)



**Рис. 2.45. Доступ до команди створення класу об'єкта.**

Після активації вказаної команди з'являється відповідне діалогове вікно, в якому вказують такі параметри (рис. 2.46):

1. Місце розташування класу об'єкта, в шляху якого треба використовувати лише букви та цифри латинського алфавіту без застосування додаткових символів.

2. Назва класу об'єкта. У випадку створення геопросторового шару у форматі шейпфайлу обов'язковим є вказання розширення вихідного файлу, а при створенні класів об'єктів у межах баз геоданих та їх наборів даних розширення не вказується.

3. Тип геометрії геопросторового шару. На відміну від створення геопросторового шару за допомогою ArcCatalog, у випадку використання команди в ArcToolBox серед типів геометрії відсутня поверхня з ділянками різної висоти (MultiPatch).

4. Наступні поля діалогового вікна відповідають за вмикання/вимикання можливості запису значень відстані (M) та висоти (Z).

5. Обов'язковим є вказання у наступному полі назви системи координат, що використовуватиметься для цього геопросторового шару, вибір якої можна здійснити за допомогою відповідного діалогового вікна (див. вибір системи координат).

б. Останні поля налаштування геобазы даних (Geodatabase Settings) заповнюються у випадку використання ArcSDE

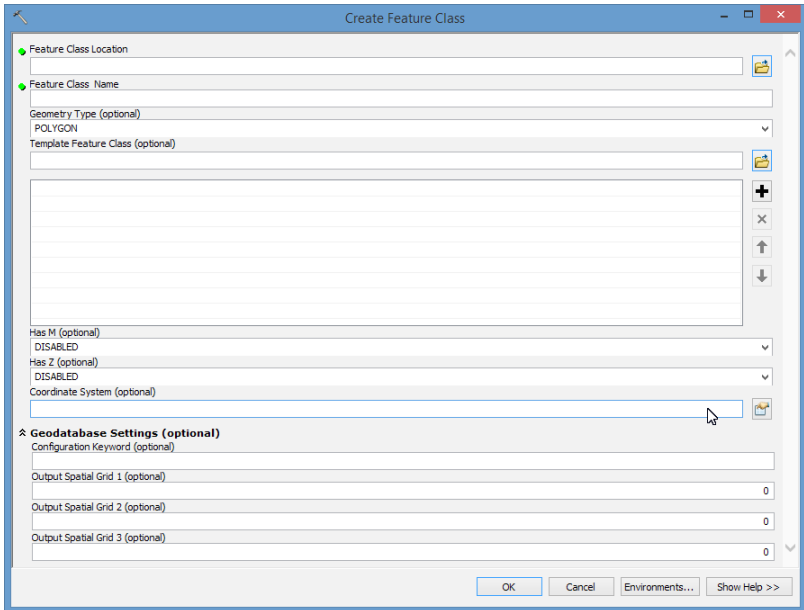


Рис. 2.46. Діалогове вікно створення класу об'єкта засобами ArcToolBox

**! Примітка:** ArcSDE (Spatial Database Engine) являє собою підсистему сервер-програмного забезпечення розробленого ESRI, який спрямований на використання систем керування базами даних для просторових даних, а самі просторові дані можуть бути використані в якості частини бази геоданих.

#### 1.4.1. Огляд основних інструментів редагування

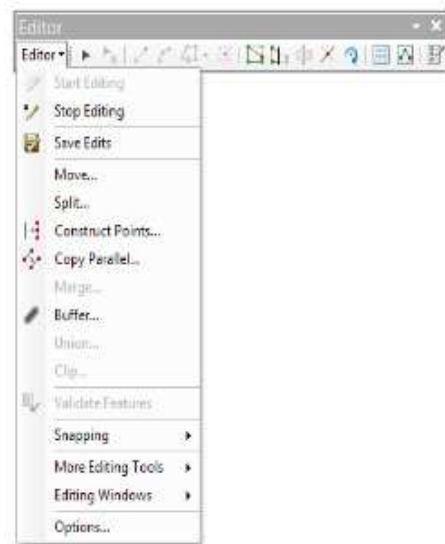
Редагування векторних даних у середовищі ArcGIS ArcMap відбувається за допомогою панелі інструментів редагування (Editor) (рис. 2.47).



Рис. 2.47. Панель інструментів редагування (Editor)

Панель інструментів редагування (Editor) складається з таких елементів:

1. Кнопка “**Редагування**” (**Editor**) забезпечує доступ до таких функцій (рис. 2.48):



**Рис. 2.48. Меню кнопки редагування (Edit)**

**А. Початок редагування (Start Editing)** (рис. 2.49). При активації цієї функції відбувається старт редагування векторних тематичних шарів, що знаходяться в одному джерелі даних. У випадку, якщо у фреймі даних присутні дані з різних джерел, при виборі цієї команди з’являється діалогове вікно початку редагування геопросторових шарів (Start Editing).

У цьому вікні у верхній частині відображається перелік доступних для редагування векторних даних, а в нижній – їхні джерела та типи. Після ствердної відповіді на запит редагування у правій частині інтерфейсу з’являється вікно Create Feature (рис. 2.50), в якому відображається перелік редагованих шарів (у верхній частині) та інструменти побудови (Construction Tools) об’єктів геопросторових шарів (у нижній).

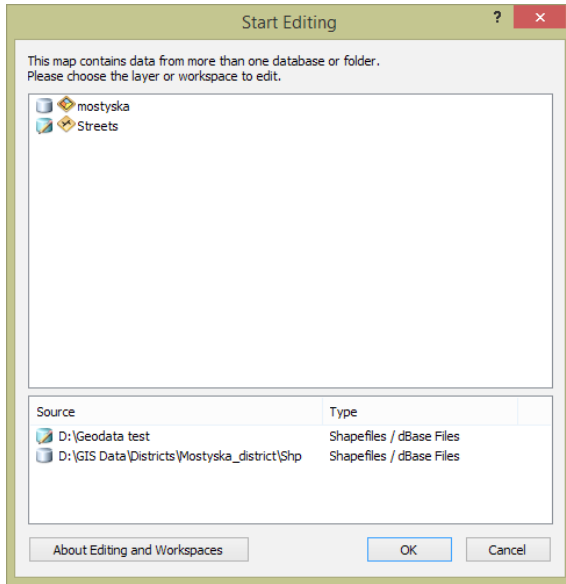


Рис. 2.49. Діалогове вікно початку редагування геопросторових шарів



Рис. 2.50. Вікно створення об'єктів у геопросторових шарах (Create Features)

При виборі одного з шарів джерела даних забезпечується можливість редагування усіх шарів.

У деяких випадках у вікні створення геопросторових об'єктів відсутній необхідний геопросторовий шар. У цьому випадку необхідно натиснути кнопку **“організувати шаблони” (Organize Templates)**, після чого з'явиться відповідне діалогове вікно (рис. 2.51), в якому можна відфільтрувати геопросторові шари, створити новий шаблон геопросторових об'єктів на основі їх відображення та класифікації, скопіювати, видалити вибрані шаблони, створити теги для комфортнішого пошуку та оперування шаблонами, переглянути властивості обраного шаблону геопросторового шару.

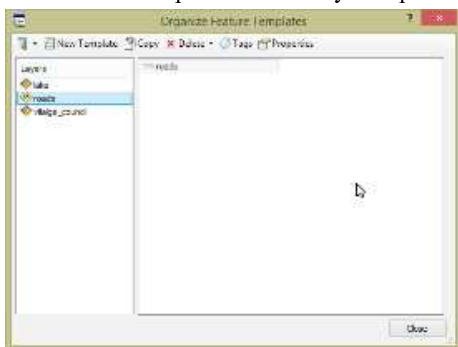


Рис. 2.51. Діалогове вікно організації шаблонів об'єктів

При створенні нового шаблону з'являється діалогове вікно (рис. 2.52), в якому здійснюється вибір геопросторових шарів на основі умовних позначень яких будуть створюватися відповідні шаблони (рис. 2.53).

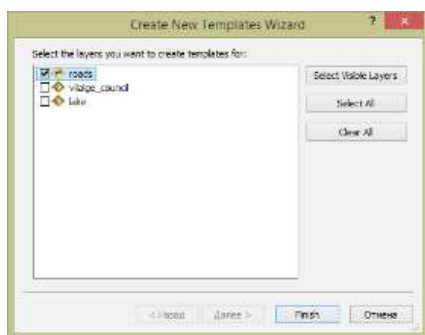
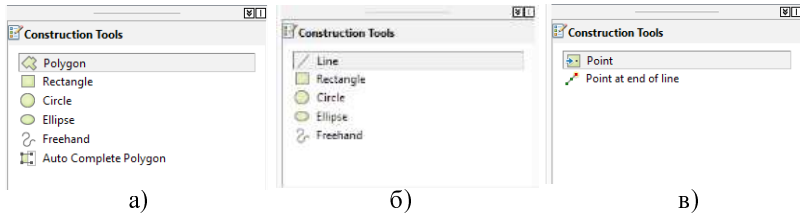


Рис. 2.52. Діалогове вікно створення нових шаблонів для геопросторових шарів

Для кожного типу даних, поданих у вікні, створення об'єктів пропонується свій набір інструментів побудови (рис. 2.53).



**Рис. 2.53. Варіанти інструментів побудови для точкових (а), лінійних (б) та полігональних (в) об'єктів геопросторових шарів**

Для полігонального типу об'єктів геопросторових даних присутні такі інструменти як:

**Полігон (Polygon)** – інструмент призначений для створення площинних об'єктів складної конфігурації.

**Прямокутник (Rectangle)** – інструмент призначений для створення площинних прямокутних об'єктів, початок створення якого передбачає векторизацію однієї зі сторін прямокутника, з подальшим визначення висоти, або ширини.

**Коло (Circle)** – інструмент, що використовується для створення круглих об'єктів з можливістю вказування радіуса та координат їх центру.

**Еліпс (Ellipse)** – інструмент призначений для побудови еліпсів з можливістю вказування координат центральної точки, радіусів та напрямку фігури.

Інструмент для створення довільних форм геопросторових об'єктів технологією “від руки” (**Freehand**).

Інструмент **автоматичного завершення полігональних геопросторових об'єктів (Auto complete polygon)** використовується для побудови полігональних об'єктів, що розташовуються між іншими існуючими полігонами. Особливу увагу при використанні цього інструменту треба звертати на пустоти між об'єктами, оскільки при їх наявності використання цього інструменту є неможливим.

Подібним набором інструментів володіють лінійні об'єкти, крім інструменту автоматичного створення полігонів.

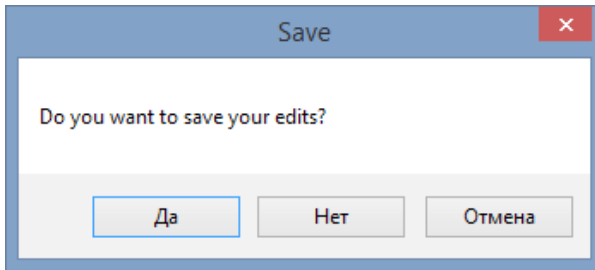


Набір інструментів точкових об'єктів представлений двома інструментами:

Інструмент **“торчка” (Point)** використовується для створення точкових об'єктів чи їх наборів (мультиточковий геопросторовий шар).

Інструмент **“точка в кінці лінії” (Point et and of line)** використовується для створення точкових геопросторових об'єктів на кінцях ліній, які можна задавати параметрично.

**Б. Зупинка редагування (Stop Editing)** – інструмент, що зупиняє редагування усіх векторних шарів (рис. 2.54). У випадку, якщо перед вибором цієї функції не було збережено змін редагування, з'явиться вікно з запитом про збереження редагованих даних.



**Рис. 2.54.** Діалогове вікно збереження даних після редагування

**В. Збереження редакційних змін (Save Edits)** – команда забезпечує збереження редакційних змін усіх векторних шарів з обраного джерела даних.

**Г. Переміщення (Move)** – команда, що забезпечує переміщення геометричного центру об'єкта з зазначенням зміни координат в одиницях обраної системи координат.

**Д. Розділення (Split)** – команда, яка є активною при виборі виключно лінійного об'єкта і дозволяє розділити його за заданими параметрами. Після вибору лінійного об'єкта та активації команди Split з'являється діалогове вікно з можливістю вибору пересічення лінії на основі відстаней (Distance, By Measure), кількості однакових елементів та відсоткового співвідношення довжин (рис. 2.55). Крім того, забезпечується можливість вибору початкової точки підрахунку значень (з початку лінії, або з кінця).

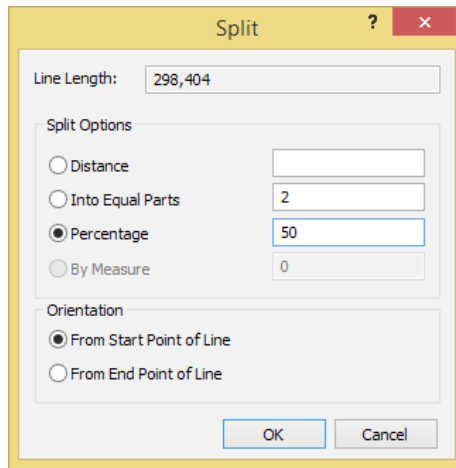


Рис. 2.55. Діалогове вікно команди “розділити” (Split).

Е. **Побудувати точкові об’єкти (Construct Points)** – команда, що дає змогу створювати точкові об’єкти на всій протяжності лінійного об’єкта на основі таких параметрів як: кількість точок та відстані між ними на основі розрахунку та вимірювання. Остання функція активується у випадку наявності значень відстаней для об’єктів. Активувавши цю команду, з’являється діалогове вікно (рис. 2.56), яке окрім згаданих параметрів, дає можливість вибору цільового точкового шару, в який будуть записані створені об’єкти. Подібно з функцією Split є можливість вибору початку підрахунку значень (з початку, або з кінця).

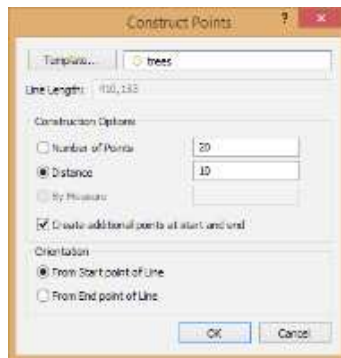
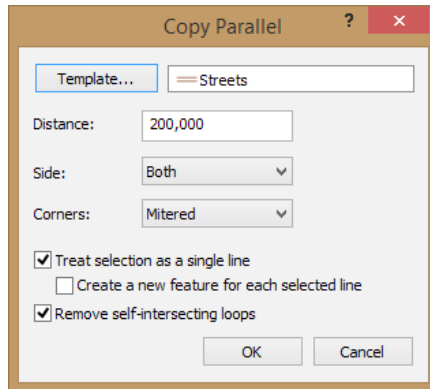


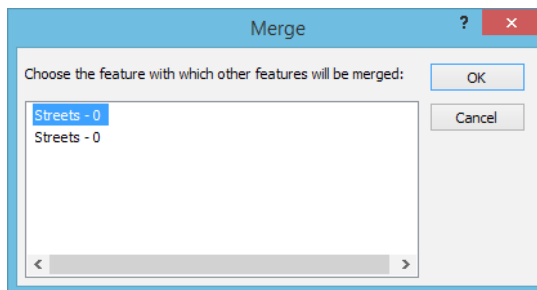
Рис. 2.56. Діалогове вікно побудови точкових об’єктів уздовж лінійних

**Ж. Копіювати паралельно (Copy Parallel)** – команда дає змогу зробити копії виключно лінійних об'єктів із зазначенням параметру відповідної відстані, залежності від сторін об'єкта та вигляду кутів. Окрім цього, в діалоговому вікні (рис. 2.57) є можливість вибору цільового шару, в який вносяться створені об'єкти.



**Рис. 2.57.** Діалогове вікно команди “копіювати паралельно” (Copy Parallel)

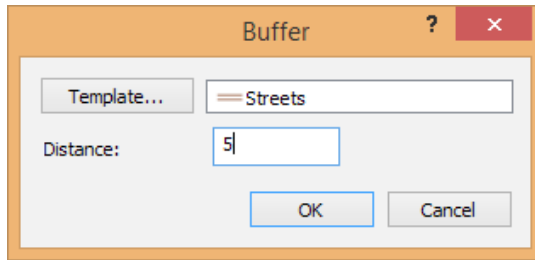
**З. Команда “злиття” (Merge)** забезпечує можливість об'єднання однотипних об'єктів із можливістю присвоєння атрибутивної інформації одного них. Після вибору цієї команди з'являється відповідне діалогове вікно (рис. 2.58), в якому пропонується обрати об'єкт, до якого треба долучити інші об'єкти з присвоєнням його атрибутивної інформації.



**Рис. 2.58.** Діалогове вікно “злиття” (Merge)

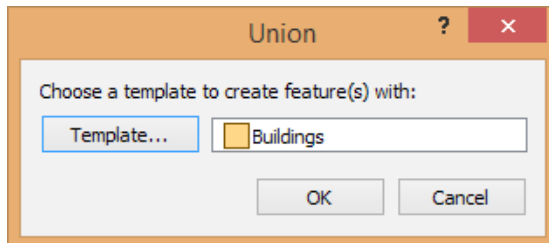
*! Примітка:* у процесі об'єднання об'єктів необхідно враховувати напрямок вектору та наявність нестиковок

**И. Команда створення буферів навколо вибраних об'єктів (Buffer)** використовується для побудови буферів однакової відстані навколо обраних об'єктів. Вони можуть будуватися як лінійні, так і полігональні об'єкти, залежно від вибору шару, в який вони будуть записуватися. Після вибору цієї команди з'являється діалогове вікно (рис. 2.59) в якому можна обрати шар, щоб записувати створені об'єкти та відстань буферної зони.



**Рис. 2.59.** Діалогове вікно створення буферів навколо обраних об'єктів (Buffer)

**К. Команда об'єднання (Union)** використовується для об'єднання кількох об'єктів в один новий об'єкт без їх видалення та можливістю створення останнього в іншому заздалегідь створеному шарі. Основною умовою використання цієї команди є однотипність геометрії об'єднуваних об'єктів. Після активування команди з'являється діалогове вікно (рис. 2.60), в якому необхідно вибрати покрив, що буде записувати новостворений об'єкт.



**Рис. 2.60.** Діалогове вікно об'єднання об'єктів (Union)

Л. Команда “вирізати” (Clip) дає змогу робити вирізування одного об’єкта іншим (рис. 2.61). Після активації команди з’являється діалогове вікно, яке забезпечує можливості вибору буферної відстані, на яку буде поширюватися вирізання від об’єкта, яким вирізають, а також збереження конфігурації буферної зони для об’єкта, що вирізається та вирізання площі об’єкта, що вирізається в межах відповідної буферної відстані.

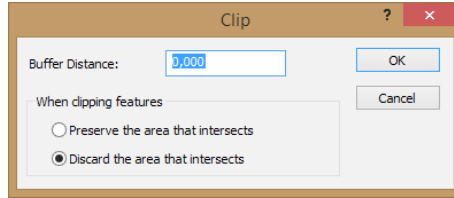
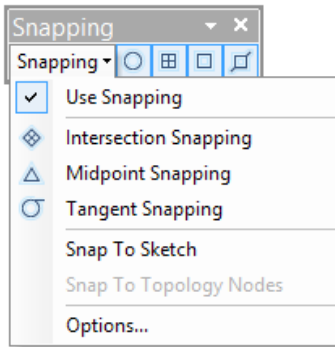


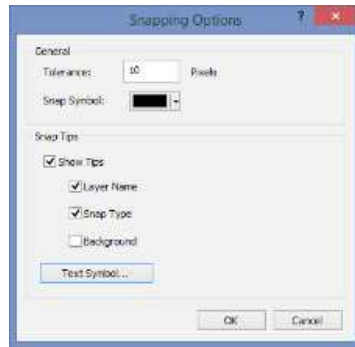
Рис. 2.61. Діалогове вікно команди “вирізати” (Clip)

М. Команда перевірки геопросторових об’єктів (Validate Features) активується виключно для геопросторових об’єктів, що містяться у базах геоданих. Перевірка Суть виконання цього процесу полягає у перевірці атрибутивних даних та взаємозв’язків геопросторових об’єктів. У разі виникнення помилок їх треба відредагувати в атрибутивній базі даних об’єктів, або у властивостях взаємозв’язків.

Н. Пункт меню “прив’язка” (Snapping) дає доступ до відповідної панелі інструментів і налаштування опцій прив’язки (рис. 2.62).



а)



б)

Рис. 2.62. Панель інструментів прив’язки (а) та вікно її параметрів (б)

*! Примітка:* Прив'язка слугує створенню об'єктів, що поєднуються один з одним, та забезпечує підвищення їх точності та зменшення кількості топологічних помилок. Прив'язка також використовується для географічної прив'язки растрових і векторних типів даних (топографічних карт, планів, матеріалів аерокосмічної зйомки), при здійсненні вимірювальних робіт тощо.

Команди на панелі інструментів “прив'язка” дають можливість здійснити прив'язку до: точкових геопросторових об'єктів (point snapping), початкових чи кінцевих вузлів лінійних геопросторових об'єктів (end snapping), вузлових точок геопросторових об'єктів (vertex snapping), ребра геопросторового об'єкта (edge snapping). Крім того, після натискання на однойменну кнопку на цій панелі інструментів з'являються можливості прив'язки до: місць перетину геопросторових об'єктів (intersection snapping), середніх точок лінійних, або ребра полігональних геопросторових об'єктів, до дотичних точок округлих геопросторових об'єктів (tangent snapping).

За допомогою цієї ж панелі інструментів можна ввімкнути та вимкнути функцію прив'язки до геопросторових об'єктів, їх ескізів, топологічних вузлів і налаштувати параметри самої прив'язки та її відображення.

О. Випадаюче меню “**Більше інструментів редагування**” (**More Editing Tools**) дає доступ до додаткових інструментів редагування, таких як: розширене редагування, редагування топології, просторового налаштування та інших (рис. 2.63). Деякі з додаткових панелей інструментів будуть описані пізніше.

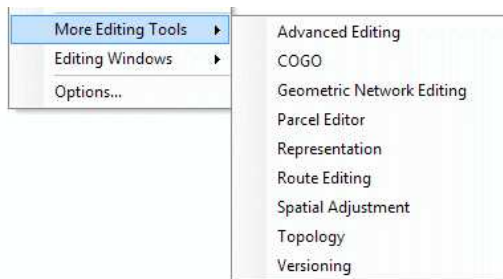
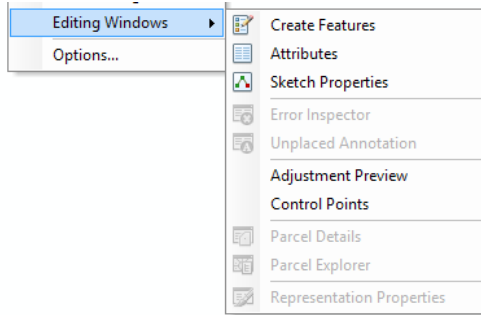


Рис. 2.63. Доступ до додаткових панелей інструментів редагування

П. Випадаюче меню “**Вікна редагування**” (**Editing Windows**) дає доступ до панелей створення об’єктів, додавання їх атрибутів, властивостей абрисів та іншого (рис. 2.64).



**Рис. 2.64.** Доступ до вікон редагування геопросторових даних

2. Наступною в панелі редагування є кнопка “**інструмент редагування**” (**Edit tool**). Він дає змогу вибирати геопросторові об’єкти, здійснювати їх переміщення, редагувати геометрію шляхом виділення та переміщення одного чи декількох вузлів в абрисі об’єкта.

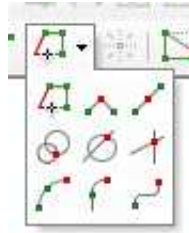
3. Кнопка “**редагування анотацій**” (**Edit Annotation**) – виконує функції вибору та редагування анотацій до об’єктів, серія команд розширеного редагування.

*! Примітка:* Під анотацією в ArcGIS розуміється спосіб відображення підписів до геопросторових об’єктів, що дає можливість зберігати їх на карті як картографічні об’єкти, безпосередньо в геоінформаційному проекті та/чи базі геоданих. При цьому, їх значно легше зберігати в географічній проекції і завантажувати у спроектований фрейм. Усі об’єкти класу анотацій володіють просторовим розміщенням і атрибутами. Кожен текстовий об’єкт-анотація може містити такі символи як шрифт, його розмір і колір, а також інші властивості текстових символів. Крім того, анотація може містити графіку (рамки, стрілки та ін.).

4. Кнопка “**прямий сегмент**” (**Straight Segment**) – забезпечує створення прямих сегментів лінійних чи полігональних геопросторових об’єктів.

5. Кнопка “**арковий сегмент кінцевої точки**” (**End Point Arc Segment**) – забезпечує створення округлих сегментів лінійних та полігональних геопросторових об’єктів шляхом точок початку, кінця та найбільшого вигину.

6. Наступним є набір інструментів (рис. 2.65), що складається з:



**Рис. 2.65. Набір додаткових інструментів з панелі редагування**

**А. Трасування (Trace)** – інструмент, що дозволяє створювати сегменти лінійних і полігональних геопросторових об’єктів на основі сегментів існуючих.

**Б. Прямий кут (Right Angle)** – інструмент забезпечує створення сегментів геопросторових об’єктів на основі прямих кутів.

**В. Середня точка (Midpoint)** – інструмент, за допомогою якого створюються сегменти на основі середніх точок відрізків.

**Г. Відстань-відстань (Distance-Distance)** – інструмент створює сегменти лінійних і полігональних геопросторових об’єктів на основі перетину двох кіл, діаметри яких представляють відповідні відстані.

**Д. Напрямок-відстань (Direction-Distance)** – за допомогою цього інструменту створюються сегменти лінійних і площинних геопросторових об’єктів на основі перетину вектору напрямку та кола, діаметр якого представляє відстань.

**Е. Перетин (Intersection)** – інструмент дає змогу будувати лінії, вузли яких створюються на перетинах векторів напрямів та існуючих геопросторових об’єктів.

**Є. Сегмент Арка (Arc Segment)** – за допомогою цього інструменту будуються сегменти лінійних та полігональних об’єктів у вигляді кривих, що формуються з дуг кіл на вказаній попередньо відстані по прямій між початком і кінцем сегмента.



**Ж. Сегмент дотичної кривої (Tangent Curve Segment)** – інструмент, що виконує подібні до попереднього функції з тією різницею, що при побудові одразу окреслюються дуги кіл у кінцевій точці сегмента.

**З. Сегмент кривої Безьє (Bezier Curve Segment)** – інструмент, що використовується для побудови довільних кривих методом Безьє. Добре використовувати при векторизації ізоліній (горизонталей, ізобат та ін.) для забезпечення візуальної плавності ходу сегментів лінійних чи полігональних геопросторових об'єктів.

***! Примітка:** Крива Безьє — параметрично задана крива, яка використовується у комп'ютерній графіці та суміжних областях. У векторній графіці, криві Безьє використовуються для моделювання плавних кривих, які можна масштабувати до нескінченності. Криві Безьє також використовуються в анімації як інструмент для управління рухом, та в географічних інформаційних системах.*

7. Наступним у панелі інструментів “редагування” (Editor) є інструмент для **створення точкових геопросторових об'єктів (Point)**, який активується у разі старту редагування точкового геопросторового шару.

8. Наступним є інструмент “**редагування вузлів**” (**Edit Vertices**), після активації якого з'являється відповідна панель інструментів (рис. 2.66) складовими якої є:



**Рис. 2.66. Панель інструментів “редагування вузлів” (Edit Vertices)**

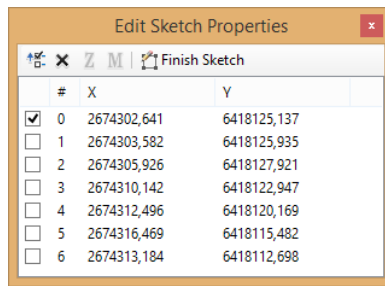
а) інструмент **редагування вузлів абрису (Modify Sketch Vertices)** геопросторового об'єкта, за допомогою якого можна виділяти та переміщувати у просторі відповідні вузли;

б) інструмент **додавання вузлів (Add Vertex)** забезпечує додавання необхідної кількості вузлів у абрис геопросторового об'єкта;

в) інструмент **видалення вузлів (Delete Vertex)** дає змогу вибрати та видалити вузли абрису геопросторового об'єкта;

г) інструмент **завершення абрису (Finish Sketch)** зупиняє редагування абрису геопросторового об'єкта та перетворює його власне у геопросторовий об'єкт.

д) інструмент **властивостей абрису (Sketch Properties)** дає змогу змінювати просторові координати кожного з вузлів, включаючи значення висоти та відстані. Після активації цього інструменту з'являється відповідне вікно з координатами кожного вузла абрису геопросторового об'єкта (рис. 2.67).



**Рис. 2.67. Вікно редагування просторових координат абрису геопросторового об'єкта**

9. Наступним є **“інструмент зміни форми об'єкта” (Reshape Feature Tool)**, що дає змогу змінювати форму ребра полігонального або лінійного геопросторового об'єкта, задаючи початок і кінець відрізка, на якому необхідно зробити зміни.

10. Для здійснення операцій довільного за формою розрізування полігональних геопросторових об'єктів на панелі інструментів реалізовано відповідний **“інструмент розрізання полігонів” (Cut Polygons Tool)**. Основною умовою здійснення цієї операції є обов'язкове виділення хоча б одного полігонального геопросторового об'єкта.

11. Розрізання лінійних геопросторових об'єктів забезпечує відповідний **“інструмент розрізання” (Split Tool)**, використання якого є можливим при виділенні хоча б одного геопросторового об'єкта.

12. Для здійснення довільного розвертання геопросторових об'єктів на панелі інструментів редагування присутня кнопка **“розвертання” (Rotate)**.

13. Доступ до атрибутивної бази даних геопросторових об'єктів здійснюється за допомогою кнопки **“атрибути” (Attributes)** після натискання на яку з'являється атрибутивна таблиця обраного шару.

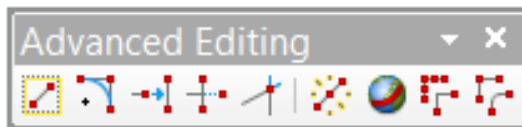
14. Наступною є кнопка **“властивості абрису” (Sketch Properties)**, що викликає відповідне вікно описана вище.

15. Створення геопросторових об'єктів здебільшого відбувається в окремому вікні **“створення об'єктів” (Create Features)**, доступ до якої можливий за допомогою останньої кнопки на панелі інструментів. Зазвичай це вікно з'являється автоматично після початку редагування хоча б одного з набору геопросторових шарів.

#### 1.4.2. Огляд додаткових інструментів редагування

Набір додаткових інструментів редагування залежить передусім від версії програмного забезпечення ArcGIS та наявності різнофункціональних модулів, що розширюють його можливості. Тому в цій частині розглянемо лише головні з додаткових інструментів, до яких належать **панель інструментів розширеного редагування (Advanced editing)** та відповідні меню, що виринають у процесі редагування після натискання на праву клавішу миші.

Розглянемо панель інструментів розширеного редагування (Advanced Editing) (рис. 2.69).

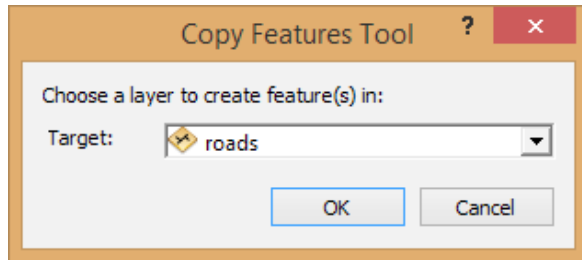


**Рис. 2.69. Панель інструментів розширеного редагування (Advanced Editing)**

Ця панель складається з таких інструментів:

**1. Інструмент копіювання геопросторових об'єктів (Copy Features Tool).** Після вибору необхідних геопросторових об'єктів та цього інструменту, курсор миші дещо змінює форму та дає змогу вказати, в якому саме місці робочої області карти треба скопіювати ці об'єкти. Після цього з'являється відповідне діалогове вікно (рис. 2.70),

в якому треба вказати, в який з геопросторових шарів треба скопіювати вибрані геопросторові об'єкти.



**Рис. 2.70.** Діалогове вікно вибору шару, в який необхідно скопіювати геопросторові об'єкти

*! Примітка:* Інструмент копіювання геопросторових об'єктів дає змогу копіювати об'єкти з однаковою геометрією геопросторових шарів.

## **2. Інструмент створення кривої сполучення (Fillet Tool).**

Інструмент призначений для створення заокруглених сполучень між двома лінійними геопросторовими об'єктами, або їх елементами. За його допомогою задаються місця початку та кінця заокруглення й інтерактивно вибирається форма заокруглення. Додатково, при використанні цього інструменту та за допомогою контекстного меню правої клавіші миші, з'являється можливість (рис. 2.71):

### **1) вкоротити існуючі сегменти (Trim Existing Segments).**

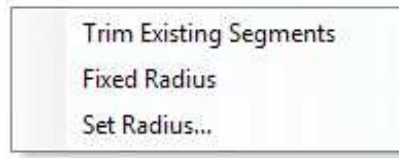
У випадку застосування утворюються окремо елементи геопросторових об'єктів та сполучної кривої. Якщо ж параметр не ввімкнутий, сполучна крива створюється окремим геопросторовим об'єктом, а лінії, на основі яких вона створювалась, залишаються незмінними;

### **2) використати фіксований радіус (Fixed Radius).**

Застосовується у випадку необхідності зафіксувати розмір дуги, що сполучає лінійні геопросторові об'єкти чи їх сегменти;

### **3) встановити радіус кривизни (Set Radius).**

Використовується у випадку необхідного чіткого вказання радіусу кривизни для сполучної кривої.



**Рис. 2.71. Додаткові параметри використання інструменту кривої сполучення**

Після вказання усіх параметрів, як у випадку з копіюванням об'єктів, з'являється діалогове вікно, в якому треба вказати геопросторовий шар, у якому треба зберегти заокруглений елемент.

*! Примітка:* Інструмент створення кривої сполучення (*Fillet Tool*) може застосовуватися лише для лінійних геопросторових об'єктів.

**3. Інструмент подовження лінії (Extend Tool).** Інструмент призначений для подовження лінійних геопросторових об'єктів до їх перетину з іншими геопросторовими об'єктами. Використання цього інструменту передбачає попереднє виділення геопросторових об'єктів, кінцеві вузли яких ми хочемо подовжити. Згодом вказується кінцевий вузол геопросторового об'єкта (початковий або кінцевий), що необхідно сполучити.

**4. Інструмент вкорочення лінійних об'єктів (Trim Tool).** Використання цього інструменту дає змогу вкоротити лінійні об'єкти іншими лінійними або полігональними об'єктами. Перед тим як використовувати цей інструмент, треба виділити геопросторовий об'єкт, яким ми хочемо вкоротити, а згодом, вибравши інструмент, вказати на сегмент об'єкта, який хочемо вкоротити.

**5. Інструмент перетинання ліній (Intersection Line).** Інструмент застосовується у випадку необхідності розділення лінійних геопросторових об'єктів на основі їх перетинання. Перед тим, як здійснити цю операцію, необхідно вибрати оди або декілька лінійних геопросторових об'єктів. Згодом, активувавши інструмент перетинання ліній (*Intersection Line*), вказати на сегменти лінійних геопросторових об'єктів, які необхідно виокремити.

**6. Інструмент розбивання багато-елементних геопросторових об'єктів (Explode Multi-part Features).** Даний інструмент використовується у разі необхідності перетворення складних багатоелементних геопросторових об'єктів на прості одноелементні з відповідною базою атрибутивних даних.

**7. Інструмент геодезичних побудов (Construct Geodetic).** Активування цього інструменту викликає відповідне діалогове вікно (рис. 2.72) та забезпечує можливість створення таких типів геодезичних побудов як:

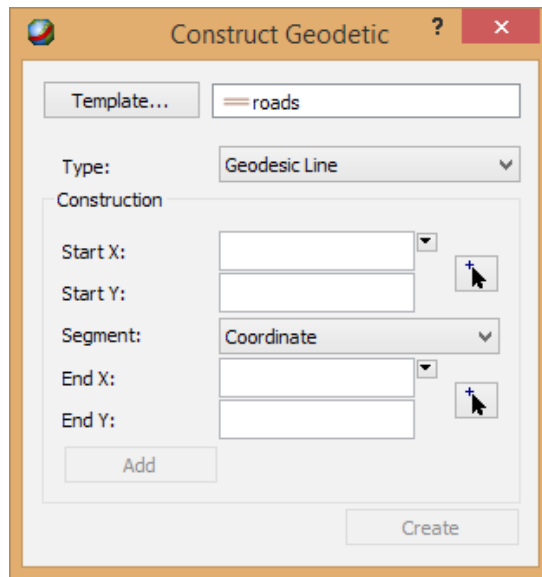


Рис. 2.72. Діалогове вікно інструменту геодезичних побудов

1) **геодезична лінія**, що є найкоротшою відстанню між точками на поверхні земного сфероїда. Прикладом використання геодезичних ліній є траси авіаційних перельотів;

2) **геодезичне коло**, що є фігурою, ребро якої визначається фіксованою геодезичною відстанню від однієї точки.

*! Примітка: Залежно від системи координат форма геодезичного кола може відрізнятися від круглої.*

**3) геодезичний еліпс**, що є фігурою, межа якої віддалена від двох точок-фокусів в сумі завжди на одну відстань. Цей тип геодезичних побудов можна використовувати для відображення еліпса спотворень для карти.

**4) великий еліпс** (ортодромія), що є лінією на поверхні сфероїда (еліпсоїда), яєй визначається перетином площини, побудованої по трьох точках (центр Землі і дві кінцеві точки сегмента).

**5) локсодромія** – лінія, яка не є найкоротшою відстанню між двома точками, але визначає постійний напрям (азимут). Маршрути ортодромії часто розбиваються на лінії локсодромій, що значно спрощує навігацію.

*! Примітка:* Для створення об'єктів на основі геодезичних побудов використовуються: координати початкової і кінцевої точок сегменту; напрямок та відстань до кінцевої точки сегмента; координати центральної точки та відповідні радіуси. Одиниці вказання координат і відстаней можна обирати з відповідного переліку.

**8. Інструмент генералізації (Generalize).** Інструмент призначений для спрощення вхідних лінійних та площинних геопросторових об'єктів з використанням алгоритму Дугласа-Пекера на основі значень максимального допуску. Зміна вказаного параметру відбувається за допомогою діалогового вікна, яке виринає одразу після виділення необхідного геопросторового об'єкта та інструменту генералізації.

*! Примітка:* Алгоритм Дугласа-Пекера дає змогу зменшувати число вузлів кривої, апроксимованої більшою серією точок. Алгоритм був незалежно відкритий у 1972 році Урсом Рамером та у 1973 році Давидом Дугласом і Томасом Пекером. Суть методу полягає в побудові на основі існуючої кривої, ламану з меншою кількістю вузлів. Алгоритм цього процесу визначає розходження, які розраховуються по максимальній відстані між вихідною і спрощеною кривими. Спрощена крива складається з підмножини вузлів, які визначаються з вихідної кривої.

**9. Інструмент згладжування (Smooth).** Інструмент призначений для згладжування прямих ребр та ломаних кутів геопросторових об'єктів. У цьому випадку геометрична форма редагованого об'єкта замінюється серією плавних лінійних сегментів. Процес згладжування складається з двох етапів: спрощення геометричної форми геопросторових об'єктів за

допомогою алгоритму Дугласа-Пекера; побудова кривих Безьє шляхом інтерполяції з проведенням параметричних кривих через набір вершин, що утворилися після спрощення.

**! Примітка:** криві Безьє були розроблені незалежно П'єром Безьє (компанія "Рено") і Полем де Кастельєсо (компанія "Сітроен") у 60-х роках ХХ століття. Крива Безьє є параметрично заданою кривою, що використовується у комп'ютерній графіці та суміжних областях. У векторній графіці, та зокрема ГІС, криві Безьє використовуються для моделювання згладжених кривих, які можна масштабувати до нескінченності.

Серед додаткових інструментів редагування треба також згадати контекстне меню правої кнопки миші (рис. 2.73), яке з'являється після створення або редагування нового геопросторового об'єкта.

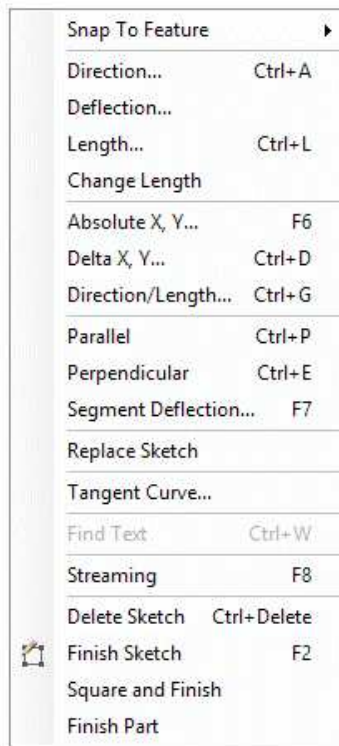


Рис. 2.73. Видгляд контекстного меню під час редагування геопросторових об'єктів



Згадане контекстне меню надає доступ до таких інструментів:

### 1. Прив'язка до геопросторових об'єктів (Snap To Features).

Інструмент використовується у разі необхідності інтерактивного зпівставлення вузлів та ребер створюваних геопросторових об'єктів до вже існуючих. Після наведення курсором миші на даний пункт меню з'являється відповідний виринаючий список (рис. 2.74). За допомогою цього списку інструменту можна в інтерактивному режимі здійснити прив'язку до наступних елементів існуючих геопросторових об'єктів: кінцева точка (початок і кінець лінійного об'єкта; вузлова точка лінійних та полігональних об'єктів; центральна точка лінійного об'єкта, що розташована рівновіддаленою від початку та кінця відрізка кривої вздовж об'єкта; ребро лінійного чи полігонального геопросторового об'єкта.

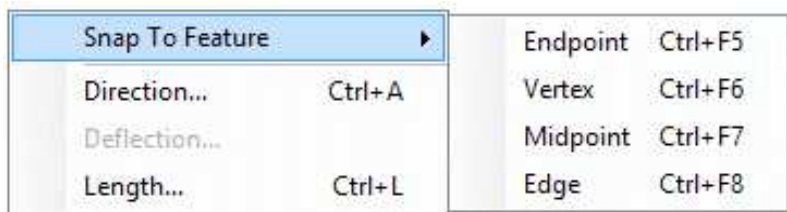


Рис. 2.74. Виринаючий список інструменту “Прив'язка до геопросторових об'єктів” (Snap To Features)

2. Напрямок (Direction). Інструмент використовується у разі необхідності чіткого вказання напрямку до наступного вузла сегменту кривої лінійного чи ребра полігонального геопросторових об'єктів. Після вибору даного пункту меню з'являється діалогове вікно, в якому вказується фіксоване значення кута від 0° до 360° в десяткових градусах (рис. 2.75).

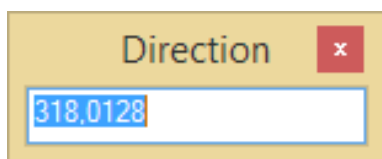


Рис. 2.75. Діалогове вікно “Напрямок” (Direction)

**3. Відхилення (Deflection).** Інструмент використовується у разі необхідності вказання фіксованого кута відхилення від початкового напрямку попереднього сегмента лінії лінійного або ребра полігонального геопросторового об'єкта, до наступного його вузла. Після вибору цього інструменту з'являється відповідне діалогове вікно, в якому вказується необхідне значення у десяткових градусах (рис. 2.76).

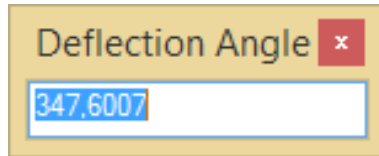


Рис. 2.76. Діалогове вікно “відхилення” (Deflection)

**4. Довжина (Length).** Інструмент застосовується для створення сегментів фіксованої довжини для лінійних та полігональних геопросторових об'єктів. Після вибору цього пункту меню з'являється діалогове вікно, в якому вказують необхідну довжину відрізка в одиницях виміру обраної для фрейму даних системи координат (рис. 2.77).

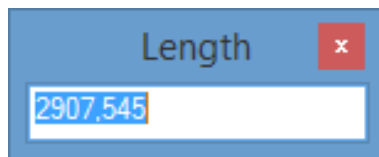


Рис. 2.77. Діалогове вікно “Довжина” (Length)

**5. Змінити довжину (Change Length).** Інструмент використовується для інтерактивної зміни довжини останнього сегменту лінійного чи полігонального об'єкта.

**6. Абсолютний X, Y... (Absolute X, Y...).** Інструмент, за допомогою якого вказуються необхідні для конкретного вузла лінійного чи полігонального об'єкта, координати в обраних одиницях виміру (рис. 2.88).

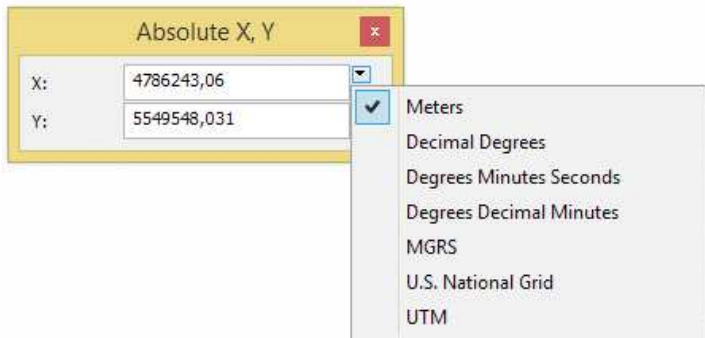


Рис. 2.88. Діалогове вікно Абсолютний X, Y... (Absolute X, Y...)

**7. Напрямок/довжина... (Direction/Length...).** За допомогою цього інструменту вказуються необхідні напрям і довжина наступного сегменту лінійного або полігонального геопросторового об'єкта. Після вибору цього пункту контекстного меню з'являється діалогове вікно, в якому задаються відповідні параметри (рис. 2.89).

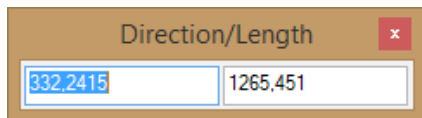


Рис. 2.89. Діалогове вікно “Напрямок/довжина...” (Direction/Length...)

**8. Паралельна пряма (Parallel).** Інструмент, за допомогою якого створюються паралельні сегменти лінійних або полігональних геопросторових об'єктів. Використання цього інструменту реалізується шляхом одночасного натискання та утримання комбінацій клавіш CTRL+P і вказанням курсором миші сегментів лінійних чи полігональних геопросторових об'єктів, стосовно яких необхідно виконати паралельну пряму створюваного геопросторового об'єкта.

**9. Перпендикулярна пряма (Perpendicular).** За допомогою цього інструменту створюються перпендикулярні сегменти лінійних чи полігональних геопросторових об'єктів. Подібно до інструменту

“паралельна пряма” для використання цієї функції необхідно одночасно натиснути та утримувати комбінації клавіш CTRL+E при вказанні курсором миші сегменту, стосовно якого необхідно зробити перпендикуляр.

**10. Відхилення (Deflection).** Інструмент дає змогу в інтерактивному режимі, під час створення лінійних чи полігональних об’єктів, задати відхилення наступного сегмента. Ця операція реалізується шляхом одночасного натискання та утримання функціональної клавіші “F7” з вказанням курсором миші сегмента лінійного чи полігонального геопросторових об’єктів, стосовно яких необхідно виконати відхилення.

**11. Дотична крива (Tangent Curve).** Інструмент дає змогу в інтерактивному режимі побудувати сегмент дотичної кривої лінійного чи полігонального геопросторового об’єкта. Після вибору цього пункту меню з’являється відповідне діалогове вікно, в якому можна задати параметри створюваного сегмента (рис. 2.90).

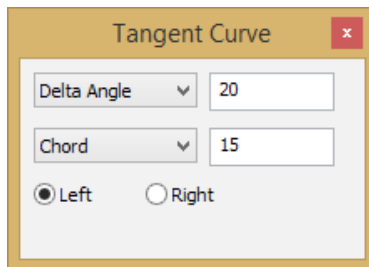


Рис. 2.90. Діалогове вікно параметрів створення сегмента дотичної кривої

**12. Пошук тексту (Find Text).** Інструмент призначений для пошуку слів чи символів. Вибір цього інструменту може здійснюватися шляхом натискання комбінацій клавіш “CTRL+W”.

**13. Поточковий режим оцифрування (Streaming).** У потоковому режимі оцифрування при переміщенні курсора миші по карті, ArcMap додає вершини автоматично через визначений інтервал. Поточковий режим доцільно використовувати у разі необхідності

оцифрування згладжених кривих (ріки, ізолінії і т. д.). цей режим досить часто використовується під час оцифрування на планшетах та планшетах-дигітайзерах. Для початку оцифрування в потоковому режимі необхідно задати першу точку, з якої почнеться оцифрування, та натиснути функціональну клавішу “F8”.

**14. Видалення абрису (Delete Sketch).** Інструмент використовується у разі необхідності видалення усього абрису створюваного геопросторового об’єкта та активується шляхом натискання комбінацій клавіш “CNTRL+Delete”.

**15. Завершення абрису (Finish Sketch).** Інструмент використовується для завершення абрису та створення нового геопросторового об’єкта. Команда активується після натискання функціональної клавіші “F2”.

**16. Завершення лінії або полігону під прямим кутом (Square and Finish).** Інструмент дає змогу завершити редагування лінійного чи полігонального геопросторового об’єкта, додаючи два нових сегменти під кутом  $90^\circ$  по відношенню один до одного. Ця команда застосовується для забезпечення точності при створенні прямокутних форм (будинки, квартали та ін.).

**17. Завершення частини (Finish Part).** Команда використовується для завершення редагування однієї частини багатокomпонентних об’єктів (острови, анклави, ліси і т. д.).

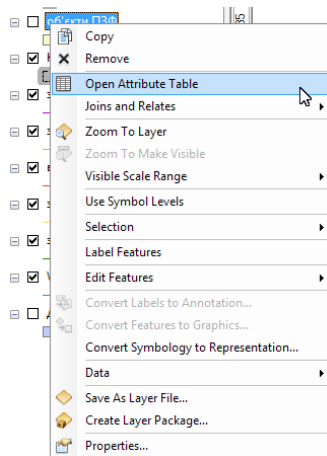
### **1.4.3. Створення структури та редагування атрибутивної бази даних**

Поряд з геометричною (просторовою) інформацією про об’єкти навколишнього середовища, таблична інформація що їх супроводжує (*атрибутивна інформація*), є основою ідентифікації їх властивостей. Крім того, ця інформація дає змогу візуалізувати, будувати запити та аналізувати геопросторові дані. Загалом, атрибутивні таблиці формуються зі стовпців (полів), що містять дані одного визначеного типу та рядків, кількість записів в яких мусить відповідати кількості стовпців.

Окремо треба згадати про *класи просторових об’єктів*, що є таблицями зі спеціальними полями, які містять інформацію про

геометрію геопросторових об'єктів. До таких полів відноситься поле “Форма” (*Shape*) для точкових, лінійних та полігональних типів геометрії векторних даних, поле “Великі бінарні об'єкти” (BLOB) для класів об'єктів-анотацій. З метою забезпечення цілісності та систематизованості інформації деякі поля в атрибутивних базах даних заповнюються автоматично. До таких полів відноситься вже згадане нами поле “Форма” (*Shape*) та “Унікальний ідентифікатор об'єкта” (*ObjectID* або *FID*). У випадку використання формату бази геоданих для зберігання геопросторової інформації до полів, що автоматично заповнюються, додаються “довжина форми” (*Shape Length*) та “площа форми” (*Shape Area*). Значення в цих полях записуються в одиницях виміру, обраної для геопросторового покриття, системи координат.

Доступ до таблиці атрибутів відбувається за допомогою натискання в таблиці змісту правою кнопкою на необхідний геопросторовий шар чи таблицю та вибору з контекстного меню команди “Відкрити таблицю атрибутів” (*Open Attribute Table*) (рис. 2.91).



**Рис. 2.91.** Доступ до команди “Відкрити таблицю атрибутів” (*Open Attribute Table*)

У середовищі ArcGIS візуалізація табличної інформації здійснюється за допомогою відповідного вікна (рис. 2.92), що є

## ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі

контейнером, в якому відображаються усі відкриті таблиці у вигляді вкладок, які активуються вибором курсору та натискання лівої клавіші миші. Вікно таблиці також містить панель інструментів та декілька меню, що дають змогу працювати з атрибутами в таблиці та у відношенні до просторових даних на карті.

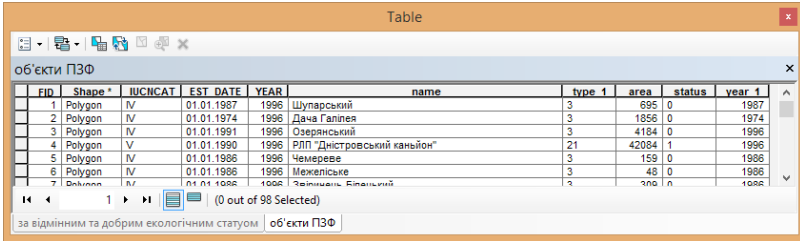


Рис. 2.92. Вікно доступу до табличної інформації

Серед інструментів у панелі інструментів вікна доступу до табличної інформації є:

1. **Опції таблиці (Table Options).** Кнопка зі списком команд, що дають змогу керувати, редагувати даними в таблицях, змінювати їх вигляд та структуру. Після натискання на дану кнопку правою кнопкою миші з’являється виринаюче меню (рис. 2.93), що надає доступ до таких команд:

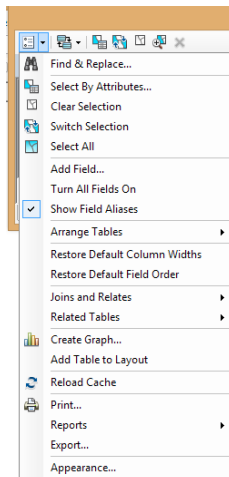


Рис. 2.93. Випадаюче меню кнопки “Опції таблиці” (Table Options)

А. **Знайти та замінити ... (Find & Replace ...)**. Інструмент, за допомогою якого відбувається пошук та заміна значень у таблиці з певними параметрами, які задаються у відповідному діалоговому вікні (рис. 2.94).

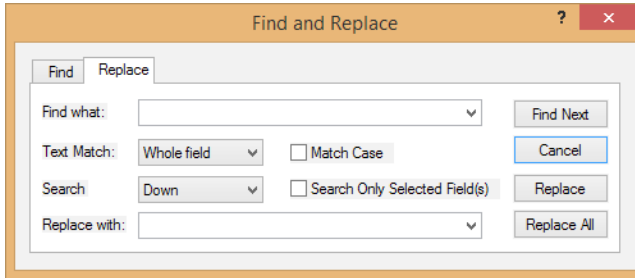


Рис. 2.94. Діалогове вікно знайти та замінити ... (Find & Replace ...)

*! Примітка:* функції заміни значень у таблиці активуються виключно після початку редагування геопросторового шару чи відповідної таблиці.

Б. **Вибрати за атрибутами (Select by Attributes ...)**. Команда дає можливість здійснити вибірку геопросторових об'єктів на основі атрибутивних даних. Дублювання цієї команди здійснено також у відповідному меню “Вибірка” (Selection) (рис. 2.95).

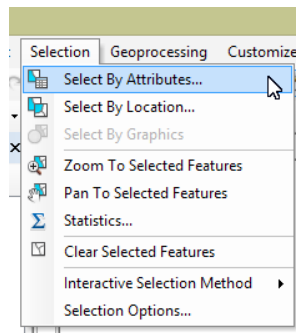


Рис. 2.95. Альтернативний доступ до команди “Вибрати за атрибутами” (Select by Attributes ...) за допомогою меню “Вибірка” (Selection)

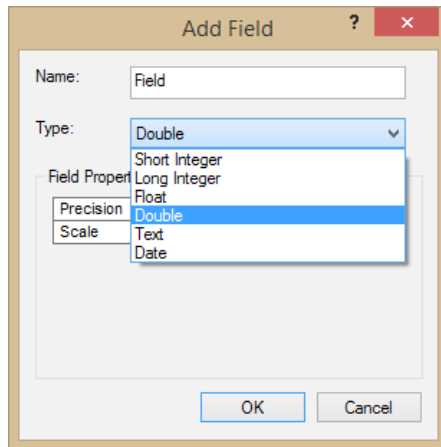


В. Команда **“Очистити вибірку” (Clear Selection)** забирає виділення з геопросторових об’єктів та відповідних записів в атрибутивній таблиці до них.

Г. Команда **“Змінити вибірку” (Switch Selection)** дає змогу вибрати усі геопросторові об’єкти, що не були виділені під час попередньої процедури вибірки за атрибутами чи місцем розташування.

Ґ. За допомогою команди **“Виділити все” (Select All)** здійснюється виділення усіх об’єктів в необхідному геопросторовому покритті чи таблиці.

Е. Команда **“Додати поле ...” (Add Field ...)** дає змогу додавати до існуючої таблиці нові поля значень відповідних значень (рис. 2.96). Після виклику цієї команди з’являється відповідне діалогове вікно, що дає змогу вказати назву, тип і властивості створюваного поля. Серед типів полів в ArcGIS, для формату \*.SHP, забезпечено можливість введення значень у коротких (Short Integer) та довгих (Long Integer) цілих числах, десяткових значень з фіксованою (Double) та плаваючою (Float) десятковою комою, текстової (Text) та часової (Date) інформації. Властивості поля значень (Field Properties) дають можливість визначити кількість знаків (включно з пробілами та іншими допустимими символами), що може містити поле, кількість десяткових значень після коми та значення за замовчуванням.



**Рис. 2.96.** Діалогове вікно додавання нового поля таблиці.

Д. Команда **“Включити усі поля” (Turn All Fields On)** дає змогу відобразити в таблиці усі поля після того, як окремі з них були вимкнуті для перегляду.

Е. Команда **“Показати присвоєні імена для полів” (Show Field Alias)** дає змогу відобразити в таблиці присвоєні для кожного поля імена. Потреба використання присвоєних імен виникає передусім з обмежень, які діють у середовищі ArcGIS на використання відмінних від латинських символів.

Є. Команда **“Розставити таблиці” (Arrange Tables)** дає змогу організувати розташування таблиць та їх груп найзручніше для користувача.

Ж. Команда **“Відновити ширину колонок за замовчуванням” (Restore Default Column Widths)** відновлює ширину колонок таблиці, ґрунтуючись на кількості символів у полі значень.

З. За допомогою команди **“Відновити порядок полів за замовчуванням”** відновлюється порядок колонок таблиці стосовно її початкової структури.

Окремо розглянемо набір команд (рис. 2.97), які дають змогу об'єднати (Join) та пов'язати (Relate) між собою дані атрибутивних таблиць різних геопросторових шарів та інших джерел табличної інформації.

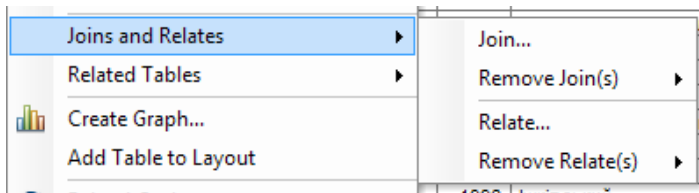
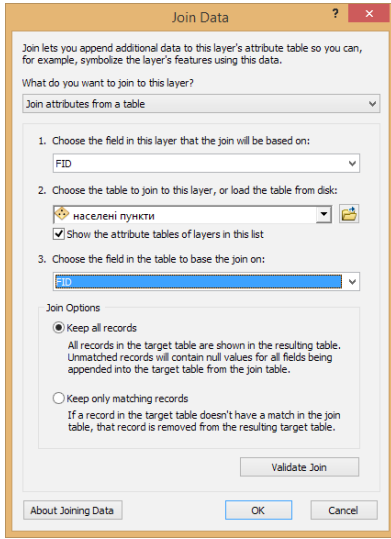


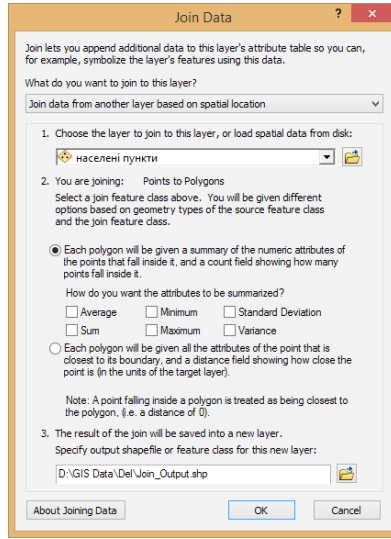
Рис. 2.97. Доступ до команд об'єднати (Join) та пов'язати (Relate)

І. Команда **“Об'єднати” (Join)** дає змогу підключити дані атрибутивних таблиць чи іншої табличної інформації до атрибутивної таблиці необхідного геопросторового шару методом “один до одного”. Після її вибору з'являється відповідне діалогове вікно, в якому реалізовано можливість об'єднання даних на основі атрибутивних

даних (рис. 2.98а) та просторового розташування геопросторових об'єктів (рис. 2.98б).



а)



б)

Рис. 2.98. Діалогове вікно об'єднання даних

І. Команда “Видалити об'єднання” (**Remove Join(s)**) дає змогу видалити кожне окреме об'єднання вибравши його зі списку, або усі разом вибравши команду “Видалити усі об'єднання” (**Remove All Joins**).

Й. команда “Зв'язування” (**Relate**) забезпечує можливість перенесення атрибутивних даних з різних джерел табличної інформації для кожного окремого геопросторового об'єкта у випадку, коли їх відношення описуються методами “один до багатьох” та “багато до багатьох” (рис. 2.99). Після вибору цієї команди з'являється діалогове вікно, в якому послідовно треба вибрати поле атрибутивних даних обраного геопросторового шару, обрати джерело даних, з яким необхідно зробити зв'язок та відповідне поле, яке міститиме значення, що відповідають даним вихідного поля. Кожен новий зв'язок мусить бути названий своїм власним унікальним ім'ям для забезпечення можливості операцій з ним.

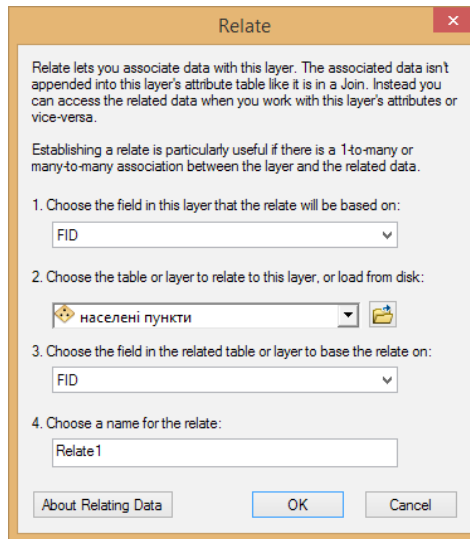


Рис. 2.99. Вигляд діалогового вікна “Зв’язування” (Relate)

К. Як у випадку з операцією об’єднання кожен зв’язок можна видалити окремо вибравши його з випадаючого меню **“Видалити зв’язок(-ки)” (Remove Relate(s))**, або видалити усі зв’язки за допомогою команди **“Видалити усі зв’язки” (Remove All Relates)**.

Л. Наступна команда **“Створити графік ...” (Create Graph...)** дає змогу створювати на основі атрибутивної інформації геопросторового шару графіки, гістограми, діаграми та ін.. Після вибору цього пункту випадаючого меню з’являється діалогове вікно (рис. 2.100), в якому здійснюється вибір необхідних параметрів (поля значень, підписи осей, загальний вигляд та ін.) майбутнього графіка. Крім того, вибрані до того геопросторові об’єкти також будуть відображатися кольором вибірки, що значно спрощує їх ідентифікацію. Згодом підготовлені таким чином графіки можна додати до макета карти готової для друку.

М. Команда **“Додати таблицю до макету” (Add Table to Layout)** додає обрану таблицю до компоновки макету карти готової до друку.

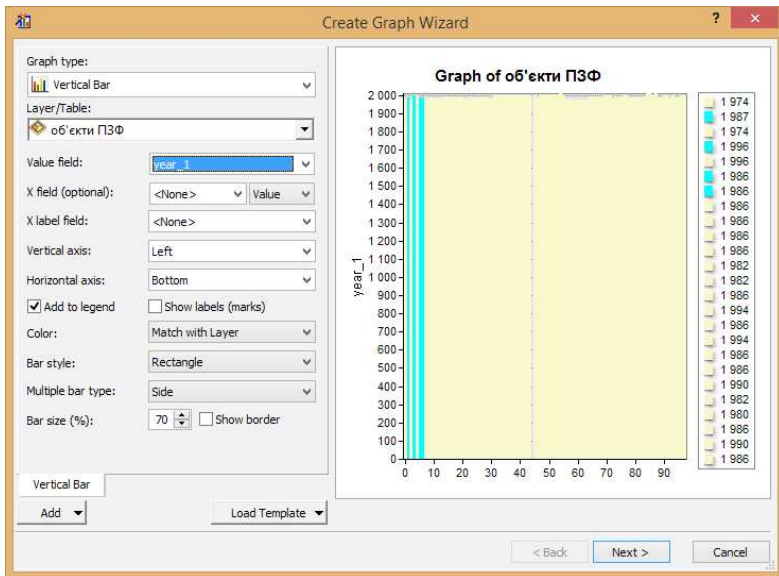


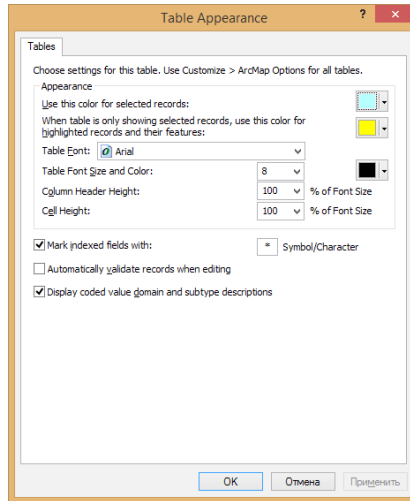
Рис. 2.100. Діалогове вікно створення графіків

Н. команда **“Перезавантажити тимчасове сховище даних” (Reload Cache)** дає змогу оновити дані при роботі з великими їх об’ємами у корпоративних чи інтернет – мережах або даними, що передбачають динамічне оновлення (дані з автоматичних систем збирання інформації та ін.).

О. У середовищі ArcGIS також реалізовано можливість друку, підготовки статистичних звітів та експорту вибраних табличних даних за допомогою команд **“Друк” (Print)** **“Звіти” (Reports)** та **“Експорт” (Export)**.

П. За допомогою команди **“Зовнішній вигляд” (Appearance)** можна налаштувати вигляд табличної інформації за бажанням користувача. Після її вибору з’являється відповідне діалогове вікно, яке забезпечує зміни параметрів відображення (рис. 2.101).

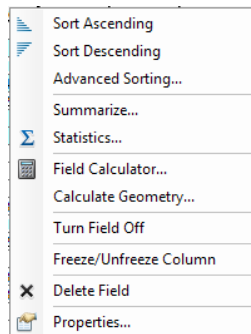
Крім того, за допомогою панелі інструментів, що знаходиться у верхній частині контейнеру таблиці, можна отримати доступ до зв’язаних таблиць, викликати вікно вибірки за атрибутами, змінити та очистити вибірку, масштабувати фрейм до вибраних геопросторових об’єктів та здійснити їх видалення.



**Рис. 2.101.** Діалогове вікно зміни налаштувань відображення табличної інформації

У нижній частині контейнера таблиці реалізовано можливість пересування по записах в атрибутивній таблиці, представлення усіх або виділених геопросторових об'єктів та їхню загальну кількість.

Важливим компонентом у роботі з таблицями є можливість здійснення різноманітних операцій зі значеннями у полях. Доступ до цих можливостей здійснюється за допомогою натискання правою клавішою миші на необхідне поле, в результаті чого з'являється відповідне контекстне меню (рис. 2.102).



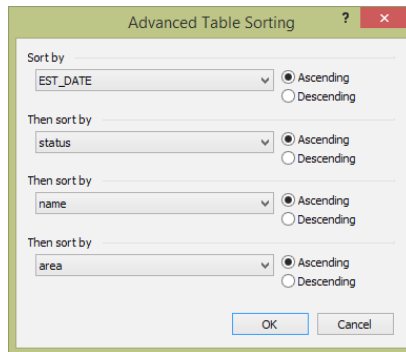
**Рис. 2.102.** Контекстне меню операцій зі значеннями у конкретному полі

Серед операцій з полями представлені такі команди:

а) команда **“Сортувати по висхідній” (Sort Ascending)** дає змогу розподіляти значення в полі за принципом “від найменшого до найбільшого”;

б) команда **“Сортувати по низхідній” (Sort Descending)** дозволяє розподіляти значення в полі за принципом “від найбільшого до найменшого”;

в) за допомогою команди **“Розширене сортування ...” (Advanced Sorting ...)** можливим є сортування значень у таблиці за кількома полями (до чотирьох включно) та визначеними параметрами (рис. 2.103). Після активації цієї команди з’являється відповідне діалогове вікно, в якому послідовно можна вибрати поля та спосіб їх сортування;



**Рис. 2.103. Діалогове вікно “Розширене сортування таблиці” (Advanced Table Sorting)**

г) команда **“Сумувати ...” (Summarize ...)** дає змогу створювати нові табличні дані на основі розрахунків основних статистичних показників для кожного окремого поля. Після її вибору з’являється діалогове вікно (рис. 2.104) в якому послідовно треба вказати поле, по якому необхідно виконати цю операцію, основні статистичні показники, які треба включити у вихідну таблицю та шлях на комп’ютері де вона буде зберігатися. У разі необхідності ця операція може застосовуватися лише до вибраних геопросторових об’єктів чи рядків у табличних даних;

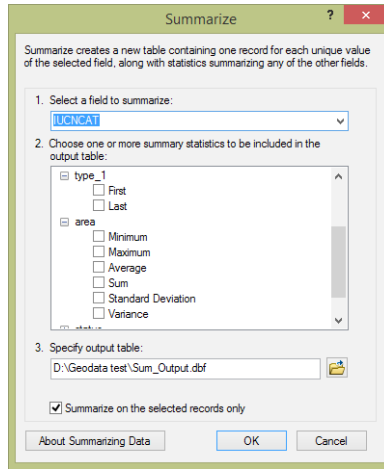


Рис. 2.104. Діалогове вікно “Сумувати” (Summarize)

г) команда “Статистика ...” (Statistics ...) дає змогу швидко отримати інформацію по основних статистичних показниках та частоті розподілу значень обраного поля. Після її вибору з’являється діалогове вікно (рис. 2.105), яке у правій частині містить інформацію про основні статистичні показники, а у лівій – розподіл значень;

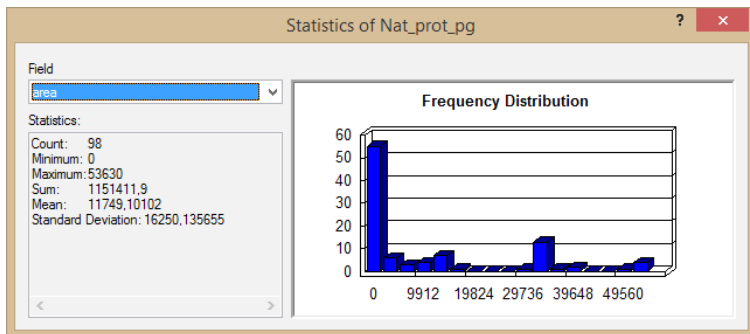


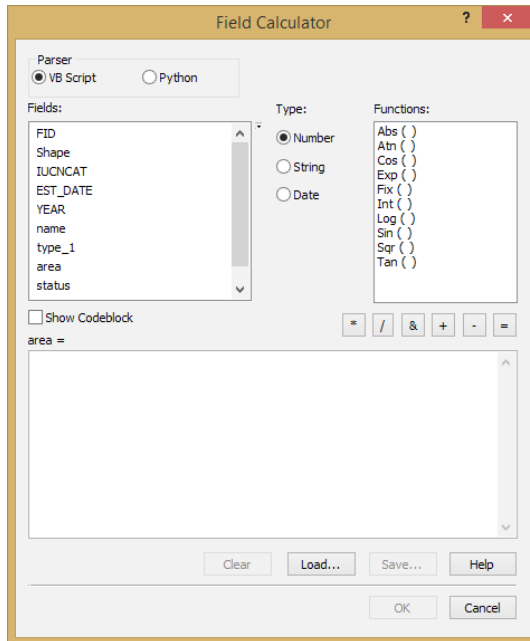
Рис. 2.105. Діалогове вікно основних статистичних показників

д) команда “Розрахунок поля...” (Field calculator...) дає змогу здійснити розрахунок в обраному полі за визначеним виразом (рис. 2.106). Після її активації з’являється відповідне діалогове вікно,



в якому необхідно побудувати відповідний запит, використовуючи основні числові, текстові та часові функції;

***Примітка:** для правильного розрахунку значень необхідно стежити за типом значень поля та основних функцій. Крім того, розрахункові вирази можна будувати, зберігати і завантажувати, використовуючи мови програмування Visual Basic та Python.*



**Рис. 2.106.** Діалогове вікно розрахунку значень у полі (Field calculator)

е) для розрахунку основних картометричних параметрів окремо реалізовано команду **“Розрахунок геометрії...” (Calculate geometry...)**. Після вибору цієї команди з’являється діалогове вікно (рис. 2.107), у якому треба обрати тип картометричного параметра (площа, периметр або довжина, координати центральних точок та ін.), систему координат та одиниці виміру. Для кожного типу геометрії геопросторових об’єктів властивий свій набір картометричних параметрів, які можна обрати;

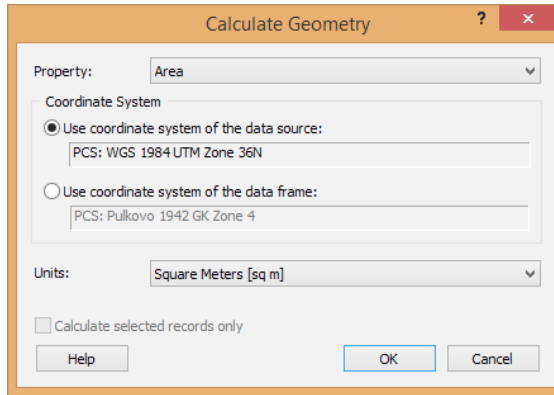


Рис. 2.107. Діалогове вікно розрахунку геометрії (Calculate geometry)

***Примітка:** Цю команду можна застосовувати як у режимі редагування, так і безпосередньо при роботі з геопросторовими даними. У випадку, якщо операція виконується безпосередньо з об'єктами, з'являється відповідне діалогове вікно яке попереджає про неможливість операції повернення до попереднього стану поля (рис. 2.108).*

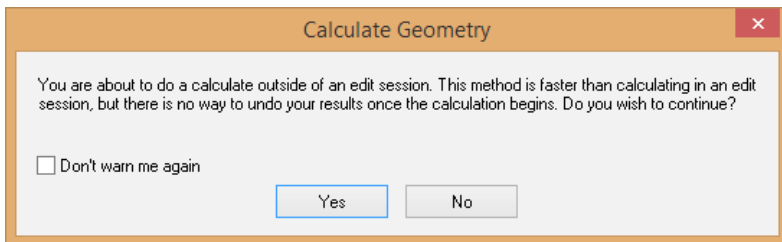
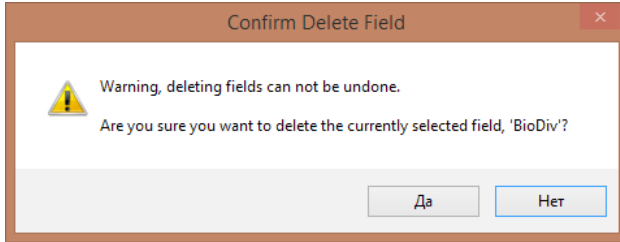


Рис. 2.108. Діалогове вікно попередження про неможливість повернення змін у полі значень

є) у разі необхідності приховати окреме поле значень, поданому випадаючому меню реалізовано команду **“Вимкнути поле значень” (Turn Field Off)**. Після вибору цієї команди обране поле зникає з відображення таблиці;

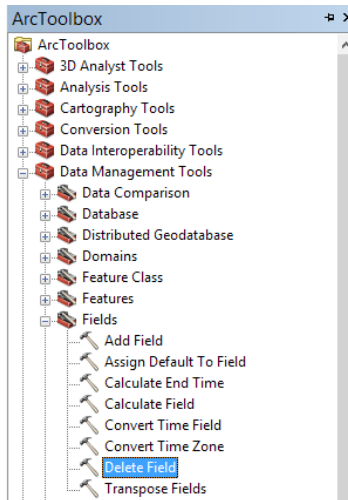
ж) команда **“Заморозити/розморозити колонку” (Freeze/unfreeze column)** переміщує обране поле значень на початок стовпців таблиці та фіксує його положення;

з) для видалення обраного поля у випадяючому меню реалізовано команду “Видалити поле” (**Delete Field**). Після вибору команди з’являється діалогове вікно підтвердження чи відміни видалення (рис. 2.109).



**Рис. 2.109.** Діалогове вікно підтвердження чи відміни видалення поля

Для видалення одразу кількох полів можна скористатись командою з набору інструментів **ArcToolbox/Data Management tools/Fields/Delete Field** (рис. 2.110) після вибору якої з’являється відповідне діалогове вікно, в якому треба вибрати необхідний геопросторовий шар або таблицю та відзначити поля, які треба видалити (рис. 2.111).



**Рис. 2.110.** Доступ до команди видалення одразу кількох полів значень з набору інструментів ArcToolbox

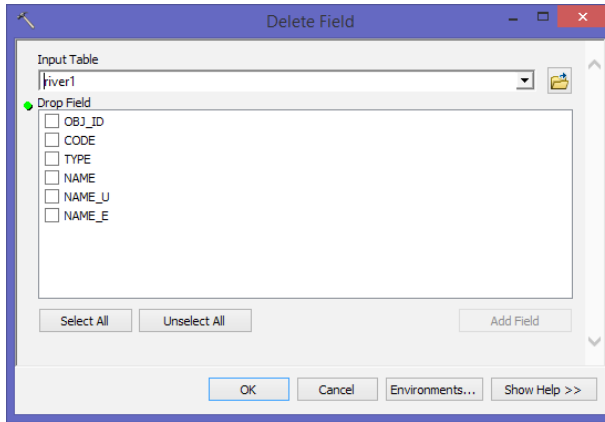


Рис. 2.111. Діалогове вікно видалення полів табличних даних

и) ідентифікувати властивості обраного поля можна за допомогою команди **“Властивості...” (Properties...)**, що дає змогу відобразити назву, тип, маску поля та інші його властивості. Після активації даної команди з’являється відповідне діалогове вікно (рис. 2.112), в якому можна вимкнути/ввімкнути поле для відображення, зробити його лише для читання (без можливості редагування), або виділити його кольором.

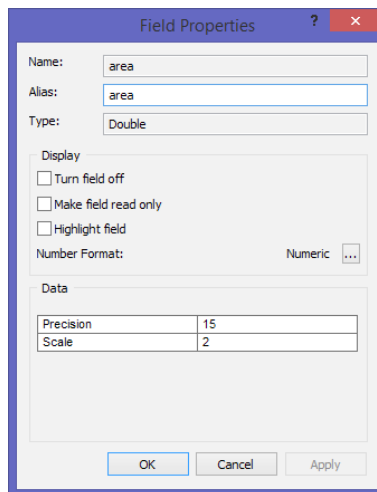


Рис. 2.112. Діалогове вікно властивостей поля

#### **1.4.4. Створення топології геопросторових об'єктів**

Початкові дослідження з топології належать Леонарду Ейлеру. Вважається, що стаття Ейлера “*Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*” (“Розв'язання питання, пов'язаного з геометрією положення”), надрукована у 1736 році, містила перші результати з топології. Нова точка зору, запропонована Ейлером, полягала у тому, щоб під час вивчення певних питань з геометрії відмовитися від розглядання метричних властивостей геометричних фігур, таких як довжина та площа.

У 1895 році Анрі Пуанкаре опублікував цикл статей *Analysis Situs*, у яких заклав підвалини алгебраїчної топології. Удосконалюючи попередні дослідження стосовно зв'язності топологічних просторів, Пуанкаре впровадив поняття гомотопії і гомології та дав визначення фундаментальної групи.

У певному розумінні, роботи Пуанкаре підвели підсумок дослідженням Ейлера, Люїл'є, Гауса, Рімана, Лістінга, Мебіуса, Жордана, Клейна, Бетті та ін. з комбінаторної та геометричної топології. Важливою відзнакою майже усіх цих робіт, включаючи Пуанкаре, був їхній інтуїтивний характер. Водночас із суттєвою кількістю прикладів топологічних об'єктів і результатів щодо їхніх властивостей, новій галузі математики бракувало чи не найголовнішого: строгого визначення об'єктів її дослідження, тобто, сучасною мовою, топологічних просторів.

Усвідомлення важливості топологічної парадигми у математичному аналізі, пов'язаної із строгим обґрунтуванням границь, неперервності та компактності у роботах Больцано, Коші, Вейерштрасса, Кантора та ін. призвело до аксіоматичного визначення основних понять топології і розвитку загальної топології, а разом з нею і топології векторних просторів, функціонального аналізу. Отже, проблеми аналізу утворюють друге, великою мірою, незалежне від питань геометрії, джерело для розвитку топології. Зазначимо, що ще й досі шляхи розвитку загальної і алгебраїчної топології майже не перетинаються.

Загальновизнана нині аксіоматика топології ґрунтується на теорії множин, яка була утворена Георгом Кантором у другій половині

XIX століття. У 1872 році Кантор подав визначення відкритих і замкнених множин дійсних чисел. Цікаво відзначити, що Кантор надійшов до деяких ідей теорії множин, наприклад, множини Кантора, у межах своїх досліджень з рядів Фур'є. Систематизуючи роботи Георга Кантора, Віто Вольтерри, Чезаре Арцели, Жака Адамара та ін., у 1906 році Моріс Фреше означив поняття метричного простору. Трохи пізніше було усвідомлено, що метричний простір — це частковий випадок загальнішого поняття, топологічного простору. У 1914 році Фелікс Гаусдорф використав термін “топологічний простір” у близькому до сучасного змісті (розглянуті ним топологічні простори зараз називають гаусдорфовими).

Власне термін “топология” (“topologie” німецькою мовою) вперше з'явився лише у 1847 році у статті Лістінга *Vorstudien zur Topologie*. Однак на той час Лістінг вже понад 10 років використовував цей термін в своїх листуваннях. “Topology”, англійська форма терміну, була запропонована у 1883 році в журналі *Nature* для того, щоб розрізнити якісну геометрію від геометрії звичайної, в якій превалюють кількісні співвідношення. Слово *topologist* – тобто тополог, у розумінні “спеціаліст з топології” було вперше використано у 1905 році в журналі *Spectator*. Завдяки впливу згаданих вище статей Пуанкаре, топологія тривалий час була відома ще під назвою *Analysis Situs* (лат. аналіз місця).

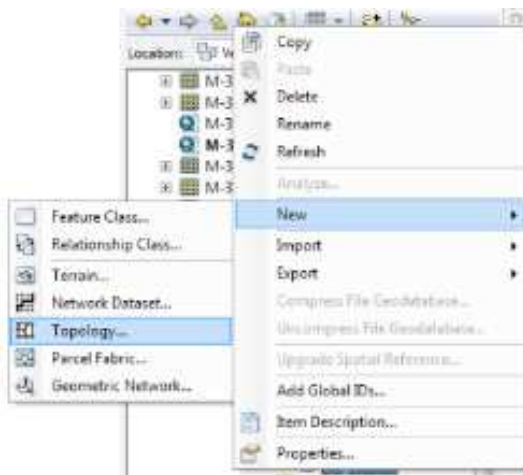
Під топологією в ArcGIS розуміють клас об'єктів, що встановлює просторові відносини між географічними об'єктами, є основною властивістю для гарантії якості даних. Топологія уможливує проведення розширеного просторового аналізу і відіграє фундаментальну роль у забезпеченні якості бази даних ГІС.

У середовищі ArcGIS реалізовано можливість створення, аналізу та контролю топологічних взаємовідносин між об'єктами у просторі. Це виконується за допомогою відповідної панелі інструментів та їх набору в ArcToolBox.

Алгоритм створення шару топології такий:

1. Додати або імпортувати геопросторові покриття у набір даних (Feature Dataset) персональної або файлової бази геоданих, після чого у цьому ж наборі необхідно створити новий покрив топології.

2. Використовуючи ArcCatalog, вибрати необхідний набір даних Feature Dataset з персональної або файлової бази геоданих та, натиснувши праву кнопку миші вибрати з випадаючого меню команди New команду Topology (рис. 2.113).



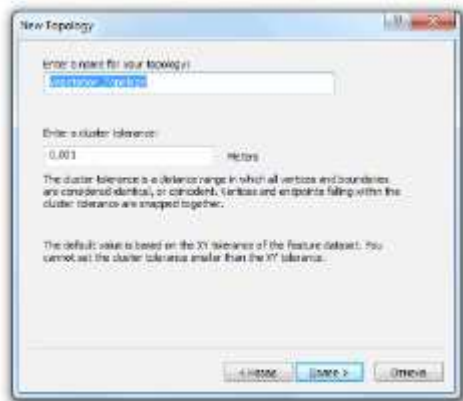
**Рис.2.113.** Створення топологічного шару за допомогою ArcCatalog

3. Після здійснення вищезгаданої операції з'являється діалогове вікно майстра створення шару топології з поясненнями (рис. 2.114).



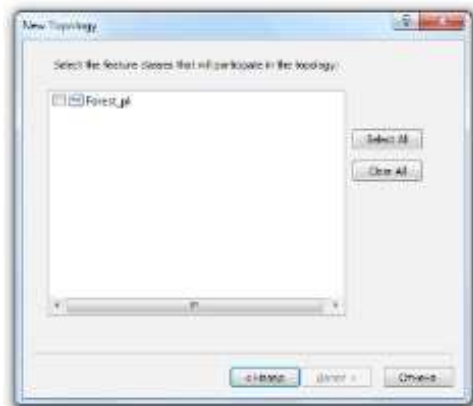
**Рис. 2.114.** Стартове діалогове вікно майстра створення шару топології

4. У наступному вікні пропонується ввести назву шару топології та значення кластерної точності (рис.2.115).



**Рис. 2.115. Вікно присвоєння назви та кластерної точності для шару топології**

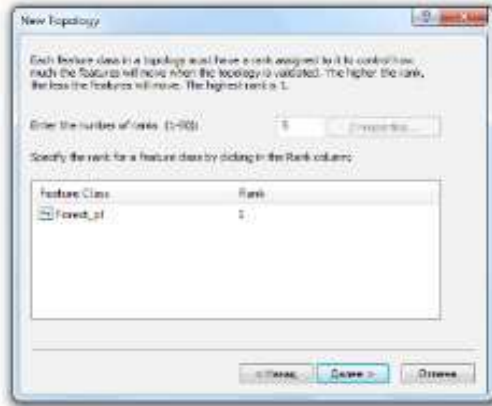
5. Наступним з'являється вікно, в якому можна обрати шари геопросторових об'єктів, які будуть брати участь у топології (рис. 2.116).



**Рис. 2.116. Вікно вибору шарів, які прийматимуть участь у створенні шару топології**

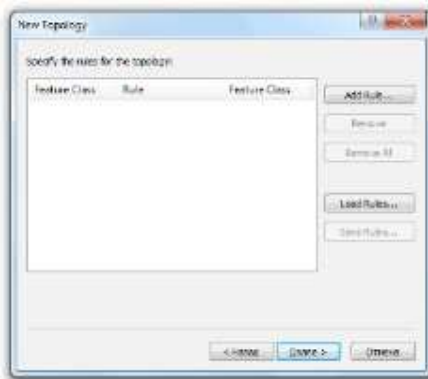


6. У наступному вікні задається ранг кожного просторового шару, що бере участь у топології. Ранги визначають важливість кожного окремого шару геопросторових даних. Таким чином найвищий 1 ранг вказує на вирішальне значення при побудові даного шару топології (рис. 2.117).



**Рис. 2.117. Вікно присвоєння відповідних рангів для кожного шару геопросторових даних, які беруть участь у топології**

7. Наступним з'являється вікно, у якому зазначають правила, які застосовуються для створення шару топології. За допомогою цього вікна можна додавати, видаляти, зберігати та завантажувати набір правил для створення шару топології (рис. 2.118).



**Рис. 2.118. Вікно вибору правил для створення шару топології**

8. Наступним кроком є вибір правил для створення топології. За допомогою команди Add Rule і відповідного діалогового вікна здійснюється вибір шарів та правил (рис. 2.119).



Рис. 2.119. Вікно додавання правил для шару топології

Серед топологічних правил, які можна застосувати при побудові шару топології, такі:

– **Must Not Overlap** – правило, яке забороняє накладання ліній в одному шарі;

– **Must Not Intersect** – правило, яке забороняє перетинання ліній в одному шарі;

– **Must Be Covered By Feature Class Of** – правило, яке вказує на необхідність геометричних збігів ліній двох шарів.

– **Must Not Overlap With** – правило, яке вказує про заборону накладання ліній одного шару на лінії іншого.

– **Must Be Covered By Boundary Of** – правило, яке вказує на необхідність геометричної подібності ліній одного шару до меж полігону іншого шару;

– **Must Not Have Dangles** – правило, яке забороняє наявність висячих вузлів у лінійному шарі.

– **Must Not Have Pseudos** – правило, яке забороняє наявність псевдо – вузлів на однорідних сегментах лінії.

– **Must Not Self-Overlap** – правило, яке вказує на заборону самонакладання об'єктів в одному шарі.

– **Must Not Self-Intersect** – правило, яке забороняє самопересікання ліній в одному шарі.

– **Must Be Single Part** – правило, яке вказує на заборону лінійним об'єктам одного шару складатися з більш як одної частини.

– **Must Not Intersect Or Touch Interior** – правило, яке вказує на те, що лінії одного шару мусять дотикатися до ліній цього самого шару їхніми кінцевими вузлами.

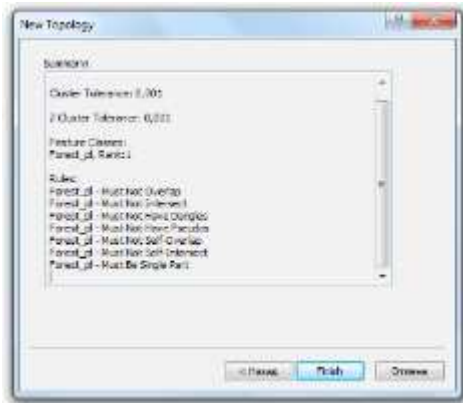
– **Endpoint Must Be Covered By** – правило, яке вказує на необхідність перекривання кінцевих вузлів лінійного шару точковими об'єктами іншого шару.

– **Must Not Intersect With** – правило, яке вказує на заборону перетинання лінійними об'єктами одного шару об'єктів іншого.

– **Must Not Intersect Or Touch Interior With** – правило, яке вказує на те, що лінійні об'єкти одного шару мають дотикатися кінцевими вузлами до об'єктів іншого шару.

– **Must Be Inside** – правило, яке вказує на те, що лінії одного шару мусять розміщуватися у межах полігональних об'єктів іншого шару.

9. Після завершення вибору правил топології і натискання кнопки далі (Next) з'являється вікно умов створення топологічного шару, в якому вибираємо кнопку завершення (Finish) (рис. 2.120).



**Рис.2. 120. Інформаційне вікно умов створення топологічного шару**

10. Після цього з'являється діалогове вікно із запитом про підтвердження створення топології (рис. 2.121).

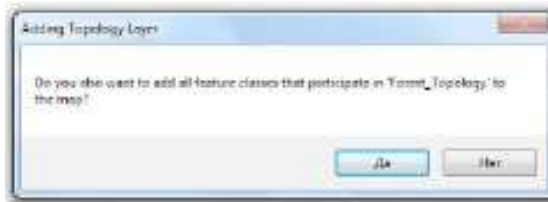


**Рис. 2.121. Вікно підтвердження створення топологічного шару**

Алгоритм редагування геопросторового шару з урахуванням помилок топології передбачає такі кроки:

1. Додати створений шар топології до фрейму геоінформаційного проекту.

2. Після додавання шару топології програма видає повідомлення, яке пропонує додати до карти усі геопросторові шари, що беруть участь у топології (рис. 2.122). Після цього у межах карти з'являються геопросторові шари та шар топології з відповідними умовними позначеннями лінійних і площинних помилок.



**Рис. 2.122. Діалогове вікно запити на додавання геопросторових шарів, що беруть участь у топології**

3. Для внесення змін у геопросторові об'єкти, що беруть участь у топології, необхідно стартувати їх редагування за допомогою команди панелі інструментів Editor.

4. Крім того, для редагування топологічного шару в середовищі ArcGIS передбачено окрему панель інструментів (рис. 2.123).

5



**Рис. 2.123. Панель інструментів редагування топологічного шару**

Серед інструментів, поданих на згаданій панелі, є такі:

– Випадаюче меню **“Топологія” (Topology)** дає змогу вибрати необхідний топологічний шар, яких у фреймі даних може бути декілька;

– **“Топологія карти” (Map topology)** – інструмент, що дає змогу вибрати геопросторові шари, які беруть участь у топології. Після активації цього інструменту з’являється відповідне діалогове вікно, в якому і здійснюється вибір геопросторових шарів (рис. 2.123);

– **“Інструмент редагування топології” (Topology Edit Tool)** забезпечує можливість вибору та редагування об’єктів виключно топологічного шару.

– **“Модифікація грані” (Modify Edge)** – інструмент забезпечує можливість редагування топологічних граней геопросторових об’єктів шляхом додавання, видалення, пересування та інших операцій з вузлами топологічних об’єктів.

– **“Зміна форми грані” (Reshape Edge Tool)** – інструмент дає змогу змінювати форму граней топологічних об’єктів шляхом перецифрування фрагментів граней.

– **“Показати спільні об’єкти” (Show Shared Features)** – за допомогою цього інструменту відображається перелік об’єктів, що мають спільні елементи.

– **“Конструювати полігони” (Construct Polygons)** – інструмент дає змогу створювати нові полігони на основі лінійних об’єктів та записувати їх у наперед створений полігональний геопросторовий шар.

– **“Розділити полігон” (Split Polygon)** – інструмент дає змогу розділити існуючий полігон лінійним об’єктом, що його перетинає.

– **“Розбити лінії” (Planarize Lines)** – за допомогою цього інструменту відбувається розбивання ліній на фрагменти у вузлах їх перетину.

– **“Підтвердити топологію у вибраній площі” (Validate Topology in Specified Area)** – інструмент забезпечує виконання перевірки топології у межах виділеної прямокутної області.

– **“Підтвердити топологію у цьому розширенні” (Validate Topology in Current Extend)** – інструмент виконує перевірку топології у межах видимої на дисплеї карти.

– **“Виправити помилки топології” (Fix Topology Error)** – цей інструмент забезпечує можливість визначення і виправлення помилок

топології. Для цього необхідно вибрати помилку лівою кнопкою миші, а правою, з випадаючого меню, обрати необхідну команду (рис. 2.124).

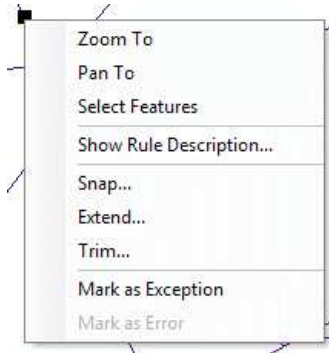


Рис. 2.124. Випадаюче меню інструменту “Виправити помилки топології” (Fix Topology Error).

– “Інспектор помилок” (Error inspector) – інструмент викликає відповідне вікно, в якому відображаються помилки топології (рис. 2.125). У цьому ж вікні можна переглядати описи помилок, переміщуватися між ними та обирати способи їх виправлення за допомогою випадаючого меню правої кнопки миші.

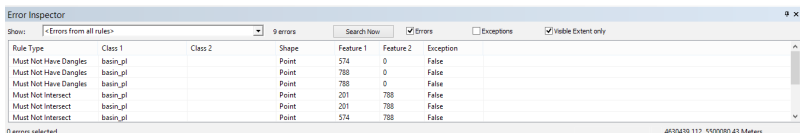


Рис. 2.125. Вікно “Інспектор помилок” (Error inspector)

### 1.5. Аналіз геопросторових даних в ArcGIS Desktop

Одним із головних завдань, які можуть виконуватися в середовищі ArcGIS Desktop, є аналіз геопросторових даних. Можливості цього програмного продукту залежать передусім від його версії та наявних ліцензій на використання того чи іншого додаткового модуля чи розширення. Кожен із модулів додає нові можливості виконання робіт, такі як геообробка, тривимірні ГІС, мережевий аналіз, підготовка макетів друкованих топографічних карт і планів.

***Примітка:** під геообробкою розуміють опрацювання географічної інформації, що є однією з головних функцій географічної інформаційної системи. Вона дає можливість створення нової інформації шляхом виконання операцій над існуючими геопросторовими даними.*

### **1.5.1. Створення та аналіз цифрових моделей рельєфу**

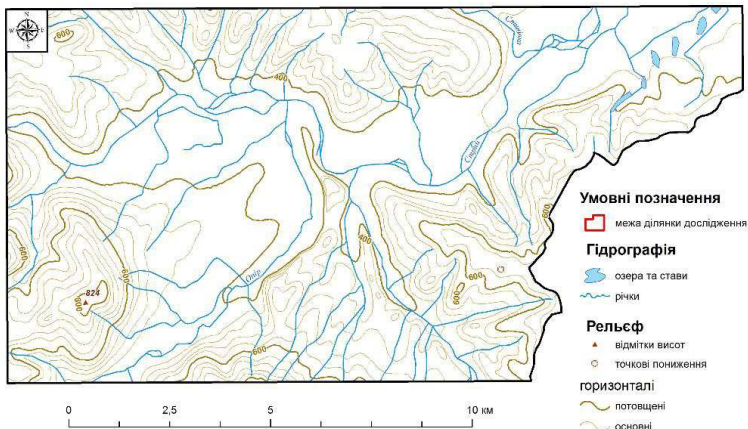
Створення та аналіз цифрових моделей рельєфу (ЦМР) – одне з найважливіших завдань, що ставлять у процесі географічних, екологічних, геологічних, інженерних та інших досліджень. За їх допомогою можна виконувати аналіз крутизни та експозиції схилів, розраховувати площі та об'єми геопросторових об'єктів, будувати гіпсометричні профілі та гідромережу, розраховувати рівні та площі затоплень, напрям геохімічних міграцій, аналіз зон видимості, орторектифікацію зображень та багато інших прикладних завдань.

Як головні джерела інформації для побудови ЦМР можуть використовуватися дані дистанційного знімання Землі, геодезичних зйомок топографічних карт, планів та інше.

У середовищі ArcGIS реалізовано можливість побудови ЦМР у модулях Spatial Analyst та 3D Analyst. Розглянемо два способи на основі інтерполяції GRID та TIN моделей. Для цього необхідна така інформація: горизонталі, відмітки абсолютних висот та урізів води, гідрографічна мережа (річки, потоки, озера), точкові пониження у рельєфі, межі ділянки дослідження (рис. 2.126).

Процес інтерполяції поля абсолютних висот розроблений так, щоб отримати максимальні переваги від окремо взятих вхідних даних з визначеними характеристиками, що використовують для відображення рельєфу. Цей метод ґрунтується на інтерполяційній техніці повторної обмеженої різниці, удосконаленій так, щоб отримати обчислювальну ефективність локальних інтерполяційних методів без втрати континуальності поверхні, яка забезпечується глобальними інтерполяційними методами. Це техніка дискретної сплайнової поверхні, в якій алгоритм побудови нерівностей рельєфу модифікується з метою відображення різких змін у рельєфі (водотоки та хребти). Важливою складовою у процесі інтерполяції є використання геометрично коректної гідрологічної мережі, напрямком вектора лінії якої мусить збігатися з напрямком течії, що дає змогу генерувати ЦМР високої точності.

Іншою складовою, що використовується у процесі інтерполяції, виступають горизонталі, які проходять ступеневу обробку. Першим етапом обробки є побудова вищезгаданим модулем генералізованої дренажної моделі шляхом визначення локальних максимумів кривизни у кожному контурі, ділянок найкрутіших схилів та побудовою мережі тальвегів і вододілів. Зазначена інформація використовується для заповнення правильних гідроморфологічних властивостей поверхні генерованої ЦМР, а також для верифікації її точності. Наступним етапом є власне використання даних горизонталей, в якому всі контури зчитуються та генералізуються, після чого в межах кожної комірки ЦМР знімається значення максимум 50 вузлових точок горизонталей, для того щоб визначити так звану “критичну точку”, значення якої буде відповідати значенню комірки растру ЦМР.



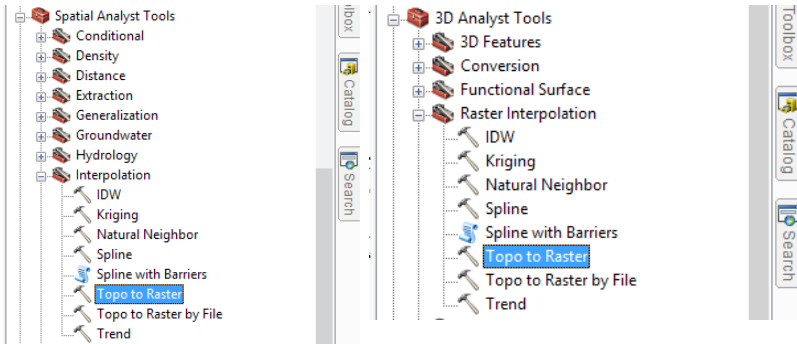
**Рис. 2.126. Приклад необхідних геопросторових шарів для побудови ЦМР**

Одним з алгоритмів, що значно удосконалює властивості ЦМР, є опція процесу дренажного підсилення. Вона дає змогу виявляти та виправляти недоліки генерованої моделі, зокрема псевдопониження (тобто такі, що не вказані як наявні пониження), які виникають у процесі інтерполяції поверхні рельєфу. Цей алгоритм знищує псевдопониження шляхом модифікування ЦМР, прийнявши русло водотоку за найнижчу від сусідніх ділянку поверхні. Алгоритм може не виконуватися тільки у випадку, якщо знищення псевдопонижень заперечує вхідну інформацію про абсолютні відмітки більш



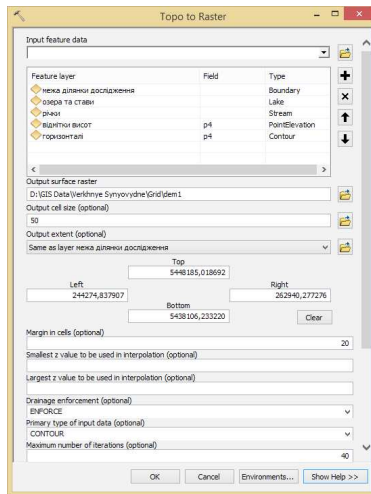
ніж на значення допустимого відхилення, що відображає точність і густоту відміток абсолютних висот по відношенню до дренажної поверхні.

Для побудови растрової GRID моделі необхідно у згаданих модулях реалізувати окрему команду “Торо to Raster”, яка знаходиться у наборі інструментів Spatial Analyst Tools « Interpolation або 3D Analyst Tools « Raster Interpolation (рис. 2.127):



**Рис. 2.127.** Доступ до команди “Торо to Raster” в панелі ArcToolbox

Після активації команди “Торо to Raster” з’являється відповідне діалогове вікно, в якому необхідно вказати таку інформацію:



**Рис. 2.128.** Діалогове вікно команди “Торо to Raster”

### **Вхідні дані геопросторових об'єктів (Input feature data).**

За допомогою випадуючого списку або за вікна пошуку додати геопросторові дані, які будуть брати участь у побудові ЦМР. Важливим у цьому випадку є вказати правильну інформацію стосовно типу об'єктів та їх атрибутивної інформації. Відповідно:

– для горизонталей у полі “field” вибирають колонку атрибутивної таблиці, в якій міститься інформація про абсолютні висоти, а в полі “type” треба вибрати значення “Contour”;

– для відміток висот та урізів води, як у випадку з горизонталями в полі “field”, вибирають колонку атрибутивної таблиці, в якій міститься інформація про абсолютні висоти;

– для водотоків (річок, струмків і т.д.) в полі “type” треба вибрати значення “Stream”;

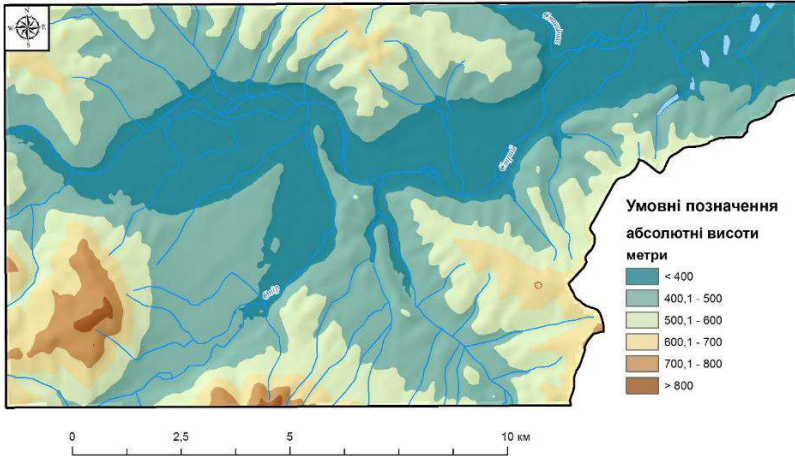
– у випадку необхідності моделювання цифрової моделі рельєфу, яка враховувала поверхню площинних водних тіл для відповідного геопросторового шару, в полі “type” треба обрати значення “Lake”;

– межа ділянки досліджень представляє собою полігональний шар, що може містити один або декілька геопросторових об'єктів, у межах яких виконується моделювання поверхні рельєфу. Для відповідного геопросторового шару в полі “type” необхідно обрати значення “Boundary”;

– для територій з яскраво вираженими локальними пониженнями до набору геопросторових шарів, що використовуються для моделювання рельєфу, можна додати точкові об'єкти, які представляють відповідні пониження. У випадку наявності інформації про абсолютну висоту для окремих об'єктів у полі “field” вибирають колонку атрибутивної таблиці, в якій міститься інформація про неї, а в полі “type” треба вибрати значення “Sink”.

Наступним кроком є налаштування **параметрів для створюваної моделі** таких як: місцезоташування файлу (Output surface raster), розмір комірки (Output cell size), межі моделі (Output extent) та інші додаткові параметри. Окремо можна зберегти файл параметрів, за допомогою якого та команди “Toro to Raster by File” можна генерувати цифрові моделі рельєфу за визначеними параметрами.

У результаті застосування вищезгаданої функції створюється растровий покрив у вибраному форматі, що представляє матрицю абсолютних висот обраної території (рис. 2.129).

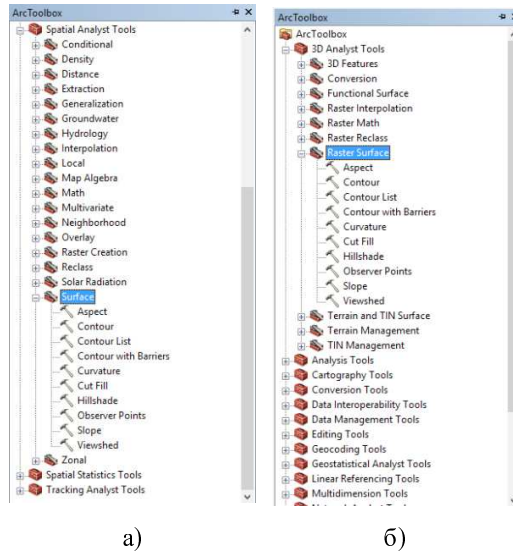


**Рис. 2.129. Цифрова модель рельєфу**

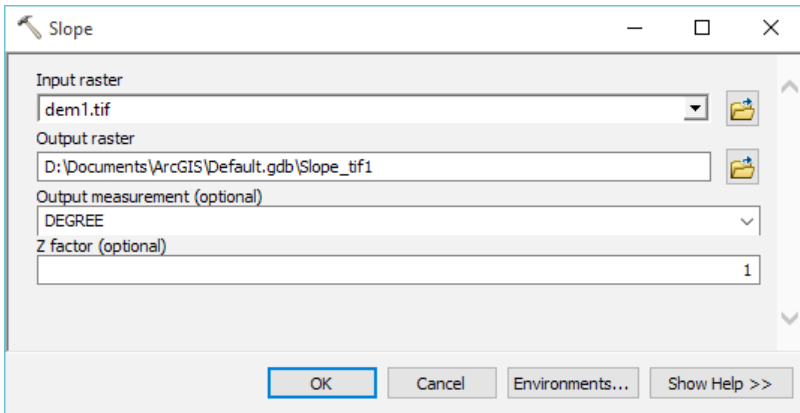
Серед головних морфометричних та морфологічних параметрів рельєфу, які можна швидко визначити за допомогою ЦМР є такі: 1) крутизна схилів, 2) експозиція схилів, 3) кривизна схилів, 4) вертикальне розчленування рельєфу, 5) горизонтальне розчленування рельєфу та ін..

Для виконання аналізу поверхонь, в тому числі рельєфу, в середовищі ArcGIS Desktop використовуються інструменти з набору Spatial Analyst Tools “ Surface (рис. 2.130а) або 3D Analyst “ Raster Surface (рис. 2.130).

Суть методу розрахунку крутизни схилів полягає у визначенні максимальної швидкості зміни значення від однієї комірки до сусідньої. Концептуально функція крутизни схилів вписує певну площину до значень абсолютних висот ділянки розміром 3×3 комірки навколо опрацьованої або центральної комірки. Для визначення цього параметра використовується команда “Slope” з вищезгаданого набору інструментів. Після її активації з’являється відповідне діалогове вікно (рис. 2.131). Як вхідний растр (Input Raster) зазначають растрову модель рельєфу. Вихідною інформацією є растровий файл, що відображає крутизну схилів, шлях до якого вписується у відповідному полі. Крім того, окремо можна обрати одиниці виміру (Output measurement): градуси (degree) або % (percent\_rise).



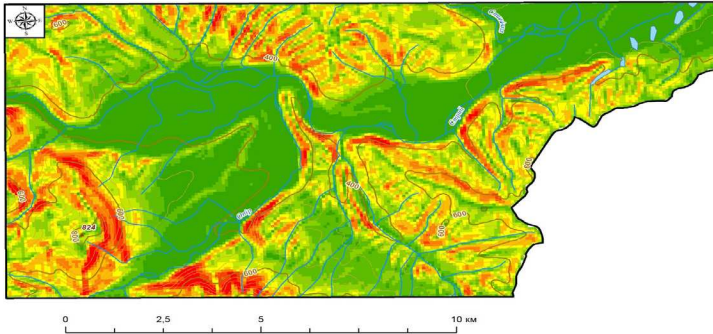
**Рис. 2.130.** Доступ до операцій з аналізу поверхонь в наборі інструментів Spatial Analyst Tools (а) та 3D Analyst Tools (б)



**Рис. 2.131.** Діалогове вікно команди “Slope”

***Примітка:** Z factor – величина, що використовується в разі необхідності перерахунку розміру комірок растру, який створений у неметричній системі. В інших випадках значення залишається за замовчуванням “1”.*

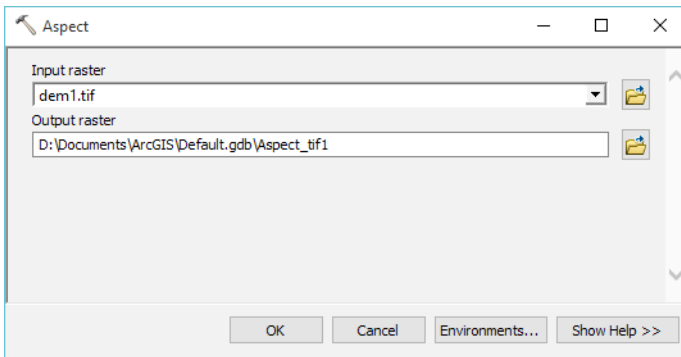
У результаті виконання команди створюється растровий файл, що відображає просторову диференціацію значення крутизни схилів в обраних одиницях (рис. 2.132).



**Рис. 2.132.** Приклад геопросторового шару крутизни схилів

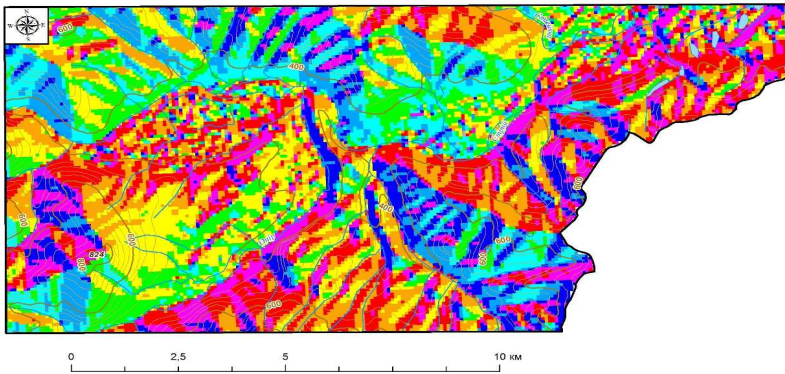
Експозиція схилів розраховувалася з використанням команди “Aspect”. Вона дорівнює азимуту проекції нормалі схилу на горизонтальну площину. Значення усіх комірок вихідного растру вказують напрямок по компасу з яким стикається поверхня в даному місці. Це значення змінюється у межах від 0° до 360° за годинниковою стрілкою. Горизонтальні поверхні в цьому алгоритмі кодуються значенням “-1”.

Діалогове вікно команди (рис. 2.133) складається усього з двох полів: вхідний растр (input raster), що представляє собою матрицю абсолютних висот, та вихідний растр (output raster) експозиції схилів.



**Рис. 2.133.** Діалогове вікно команди “Aspect”.

У результаті виконання команди “Aspect” створюється растровий файл, у комірках якої записуються значення експозиції (рис. 2.134).



**Рис. 2.134.** Приклад геопросторового шару експозиції схилів

Такі морфометричні характеристики рельєфу як вертикальне і горизонтальне розчленування рельєфу, можуть розраховуватися різними методами. Найвідомішим і загально визнаним є метод рівновеликих квадратів. Для побудови мережі рівновеликих квадратів використана функція CreateFishnet з набору інструментів Data Management Tools. Завданням цього методу є визначення густоти лінійних об'єктів на визначеній квадратній чи прямокутній площі.

Визначивши межі та розмір квадрата для геопросторового аналізу, який у нашому випадку склав  $1 \times 1$  км, за допомогою модуля Geoprocessing виконано операцію Intersect для лінійної теми горизонталей, що дало змогу присвоїти для кожного окремого квадрата окремим сегментам ізоліній ідентифікаційний номер. Наступним кроком стало визначення максимальних і мінімальних значень горизонталей та їх різниці. Згодом значення різниці абсолютних висот проінтерпольовані шляхом побудови інтерполяційної поверхні методом Spline за регулярною мережею значень. Аналогічно побудована карта горизонтального розчленування, в якій використовувалися значення сумарної довжини потоків.

Іншим варіантом побудови карт показника вертикального розчленування є використання функції Raster Calculator. Для виконання розрахунку важливо побудувати растрове поле крутизни схилів за виразом:

$$\Delta h = a \cdot \arctg \frac{\alpha}{\rho},$$

де  $\Delta h$  – перевищення висот, м;  $a$  – розмір комірки, м;  $\alpha$  – крутизна схилу, радіани;  $\rho$  – стала для переведення радіан у градуси, що розраховується як  $180/\rho$ . Введення цієї сталої зумовлене використанням у модулі Spatial Analyst при тригонометричних розрахунках значень у радіанах.

Аналогічно розраховують такий важливий морфометричний показник як довжина схилу. Вираз у цьому випадку набуде такої форми:

$$l = \frac{a}{\cos \frac{\alpha}{\rho}},$$

де  $l$  – довжина схилу, м;  $a$  – розмір комірки, м;  $\alpha$  – крутизна схилу, радіани. Відповідно значення найменшої модельованої довжини схилу безпосередньо залежить від розміру комірки.

### **1.5.2. Створення та аналіз поверхонь щільності геопросторових об'єктів**

Щільність геопросторових об'єктів розраховує їх поширення, визначаючи величину досліджуваного явища у кожному місці і просторового відношення місцезоташування досліджуваних величин. Поверхні щільності показують, де саме сконцентровані точкові та лінійні об'єкти. Як приклад можна навести карту щільності червонокнижних видів рослин і тварин, основою для якої є точкові об'єкти, що відображають загальну кількість особин. Оскільки не усі види (особливо фауни) мають постійно визначене місцезоташування, за допомогою побудови поверхні щільності можна відобразити передбачуване поширення видів досліджуваною територією.

За допомогою модуля Spatial Analyst в середовищі ArcGIS можна розраховувати щільність, використовуючи прості або ядрові

розрахунки. У простому розрахунку щільності для отримання значення щільності кожної комірки точки і лінії, що потрапляють у межі області пошуку, додаються та діляться на розмір області пошуку. Різниця між інструментами “Щільність точок” (Point Density) і “Щільність ліній” (Line Density) полягає лише у тому, що при виконанні аналізу використовуються різні типи геопросторових об’єктів (точкові та лінійні відповідно).

**Примітка:** При розрахунку щільності тих чи інших точкових або лінійних об’єктів можна використовувати додатковий параметр кількості, що записується окремим полем в атрибутивні таблиці геопросторового шару.

Різниця між вихідними даними цих інструментів, а також інструмента “Щільність ядер” (Kernel Density) полягає в тому, що в точковій та лінійній щільності параметрично задаються прилеглі території, що дає змогу розраховувати щільність значень навколо кожної вихідної комірки растру. Щільність ядер розподіляє відомі значення для кожної точки з точкового місцерозташування. Результуючі поверхні, що оточують кожну точку в щільності ядер, засновані на квадратичній формулі з найбільшим значенням у центрі поверхні та згладжується до нуля на відстані радіусу пошуку, а для кожної вихідної комірки розраховується загальна кількість сумарних пересічень окремих поверхонь розподілу. Доступ до згаданих інструментів забезпечується за допомогою модуля ArcToolbox (рис. 2.135).

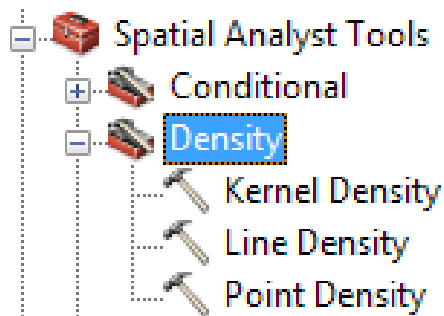
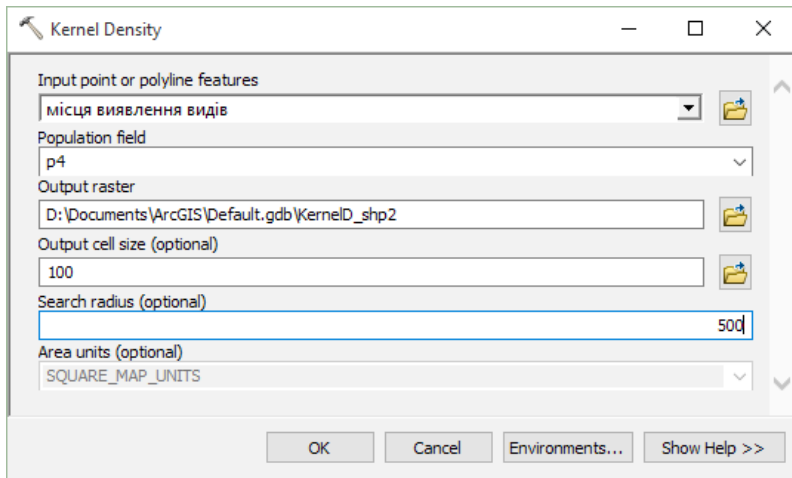


Рис. 2.135. Доступ до інструментів аналізу щільності геопросторових об’єктів



У діалоговому вікні ядрової щільності (Kernel Density) (рис. 2.136) в якості вхідної інформації (Input point чи polyline features) використовуються об'єкти точкових або лінійних геопросторових шарів. У разі наявності в атрибутивній таблиці кількісних значень тих чи інших об'єктів у точковому чи лінійному шарі, поле, яке їх містить, вказує в якості популяційного поля (Population field). Вихідною інформацією (Output raster) є растрова поверхня, роздільну здатність якої в разі необхідності можна вказати в полі розміру комірки вихідного растру (Output cell size (optional)), що вказується в одиницях системи координат обраної для поданого геопросторового шару чи фрейму даних. Важливим параметром при розрахунку щільності є радіус пошуку об'єктів, який автоматично розраховується алгоритмом команди, ґрунтуючись на мінімальних та максимальних відстанях між сусідніми об'єктами геопросторового шару. Цей параметр можна також вказати самостійно у відповідному полі (Search radius (optional)). Крім того, в діалоговому вікні забезпечено можливість вибору одиниць площі (Area units (optional)) на якій будуть розраховуватись значення щільності. Подібні параметри зазначають в діалоговому вікні розрахунку щільності об'єктів лінійних геопросторових шарів (Line Density) (рис. 2.137).



**Рис. 2.136.** Діалогове вікно розрахунку ядрової щільності

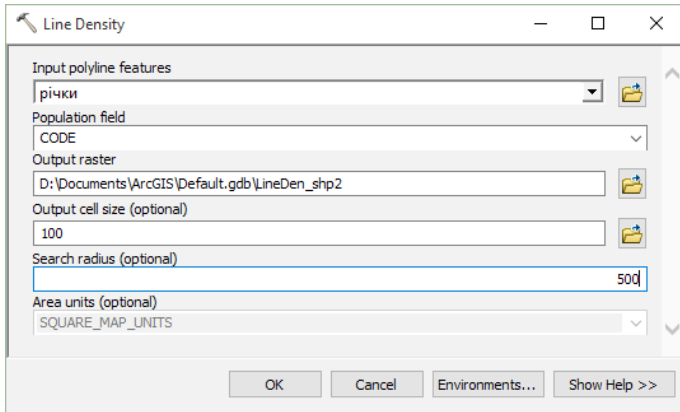


Рис. 2.137. Діалогове вікно розрахунку щільності лінійних об'єктів

Діалогове вікно розрахунку щільності об'єктів у точкових геопросторових шарах (рис. 2.138) надає можливість, крім вищезгаданих параметрів, обрати форму та параметри фігури, в межах якої буде здійснено розрахунок щільності або в розмірних одиницях карти, або в кількості комірок вихідного растру.

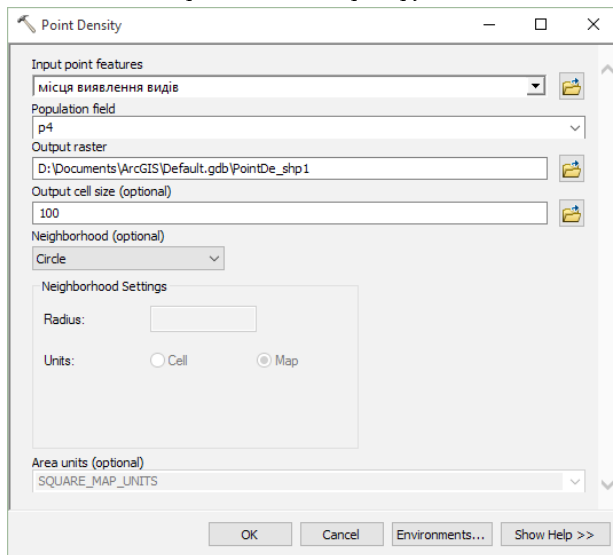


Рис. 2.138. Діалогове вікно розрахунку щільності точкових об'єктів

Як приклад використання цього інструментарію наведемо модель щільності поширення червонокнижних видів у межах Ужанського національного природного парку (рис. 2.139). Ця модель вказує на певні закономірності досліджуваного явища, а саме, в приуроченості місць поширення червонокнижних видів до долини річки Уж та її найбільших приток.

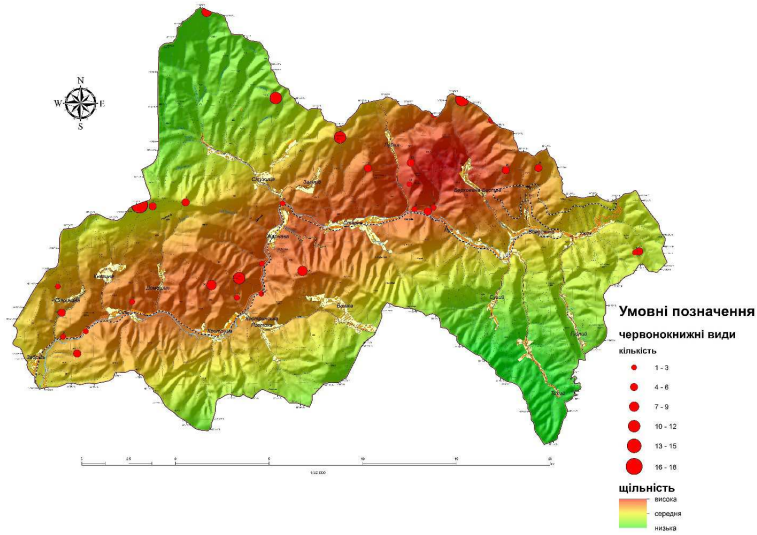


Рис. 2.139. Модель щільності поширення червонокнижних видів у межах Ужанського НПП

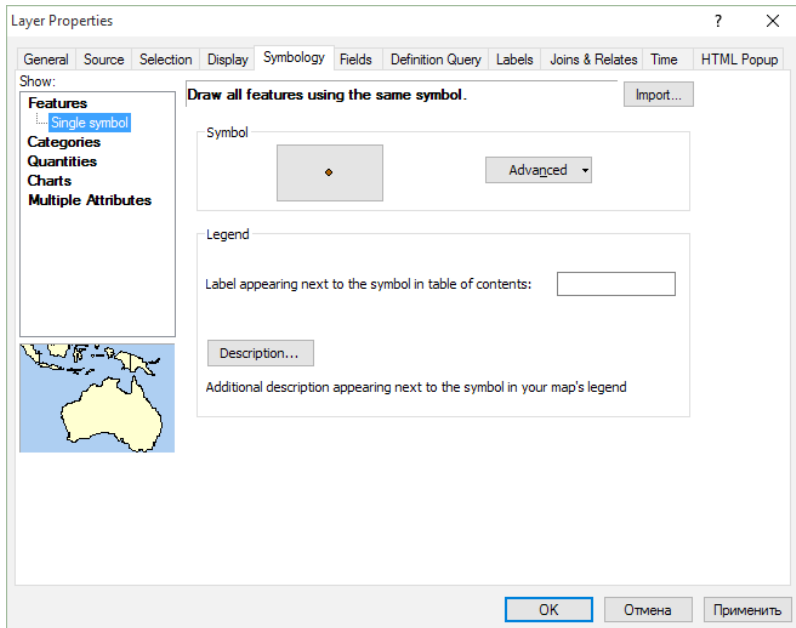
## 1.6. Створення авторських картографічних моделей

### 1.6.1. Відображення геопросторових об'єктів та їх характеристик на картографічних моделях

У середовищі ArcGIS Desktop досить добре реалізована можливість візуалізації отриманих у процесі картування та моделювання результатів. Окремо розглянемо можливості відображення точкових, лінійних, полігональних векторних геопросторових шарів, растрових зображень та відображення об'єктів у тривимірному просторі.

Для доступу до інструментів налаштування відображення геопросторових об'єктів треба правою кнопкою миші натиснути

на геопросторовий шар та обрати з випадаючого меню пункт “Властивості” (Properties), після чого у вікні “Властивості шару” (Layer Properties), що з’явилося, перейти на вкладку “Символіка” (Symbology) (рис. 2.140). У лівій частині “Показати:” (Show) цього вікна можна обрати, за яким принципом треба відображати геопросторові об’єкти. Варіанти відображення такі:



**Рис. 2.140.** Вигляд вкладки “Символіка” (Symbology) у вікні “Властивостей шару” (Layer properties).

– “Одиничний символ” (Single Symbol) – відображає усі об’єкти в обраному геопросторовому шарі однаково. Цей спосіб доцільно використовувати, коли об’єкти в одному геопросторовому шарі не мають жодної класифікаційної ознаки, або їх класифікація уже здійснилася на рівні різних геопросторових шарів. Як приклад наведемо карту розміщення постійних пробних площ на території заповідника “Горгани” (рис. 2.141), у якій кожному елементу легенди відповідає свій геопросторових шар;



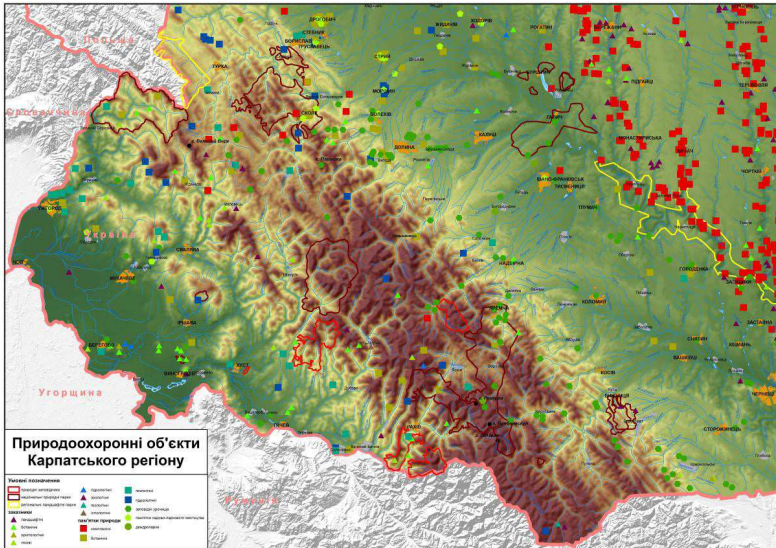


Рис. 2.142. Природоохоронні об'єкти Карпатського регіону

– “Кількості” (**Quantities**) – спосіб дає змогу відображати об'єкти в геопросторових шарах, ґрунтуючись на їх кількісних числових значеннях. Цей спосіб має такі можливості:

– “Градація кольорів” (**Graduated color**) – спосіб використовується для класифікації та відображення кількісних показників на основі зміни кольорового забарвлення кожного з класів. Як приклад наведемо карту кліматичних зон заповідника “Горгани” (рис. 2.143), в якій градієнтом відображені зони від прохолодної до більш холодної, ґрунтуючись на значеннях середньо-багаторічної температури повітря.

– “Градація символів” (**Graduated symbol**) – використовується для відображення величиною значка кількісної характеристики об'єкта геопросторового шару. Прикладом застосування такого способу є вже представлена нами карта щільності червонокнижних видів, де різним розміром символів відображена кількість червонокнижних видів.

– “Пропорційні символи” (**Proportional symbols**) – використовується у випадку, коли важливим є відношення розміру символу та його кількісної характеристики.



– “Багатшарова діаграма” (Stacked) – спосіб використовується для відображення акумулятивних значень полів атрибутивної бази даних.

Для зміни умовного знаку об’єкта геопросторового шару в правій частині вкладки треба двічі натиснути правою кнопкою миші на символ та в діалоговому вікні “Вибір символу” (Symbol selector) обрати необхідне умовне позначення для відображення об’єктів геопросторових шарів.

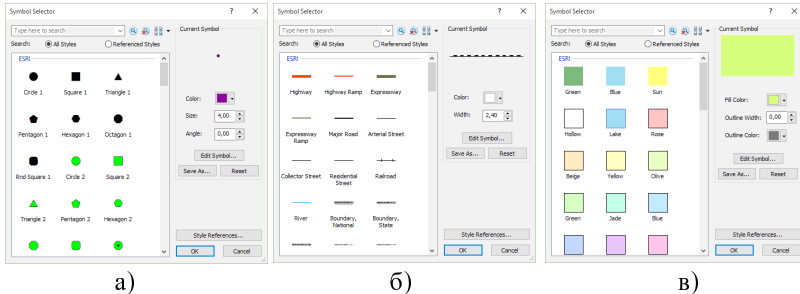


Рис. 2.144. Вікно вибору символу (Symbol Selector):

а) точкових, б) лінійних, в) площинних об’єктів геопросторових шарів

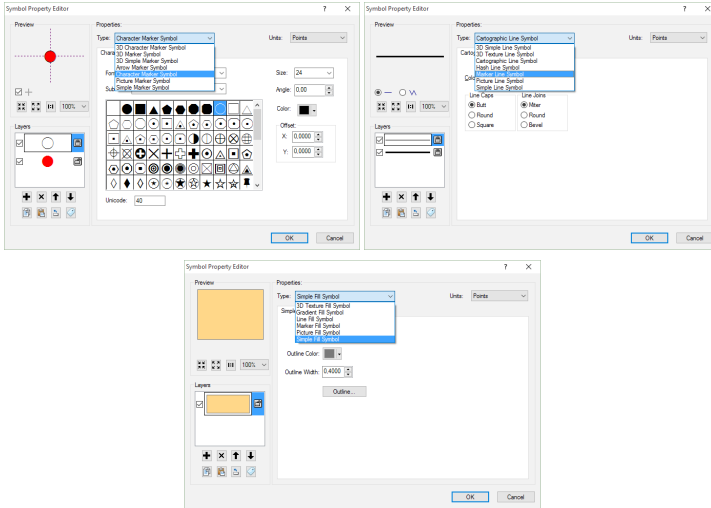
У згаданому вікні можна обрати колір, розмір та кут для точкових об’єктів, колір та ширину лінійних об’єктів, колір заливки, ширину контуру, колір контуру площинних об’єктів. Крім того, реалізовано можливість редагування, збереження та відновлення до попереднього варіанту символу.

Для редагування символів і створення складних умовних позначень необхідно у вікні вибору символу (Symbol Selector) натиснути кнопку “Редагувати” (Edit) та у діалоговому вікні “Редагування властивостей символу” (Symbol Property Editor) (рис. 2.145), у якому спочатку вибрати необхідний тип символів у полі “Тип” (Type), згодом сам символ та його характеристики (розмір, колір, кут та ін.).

– “Одиничні значення” (Unique Values) – спосіб застосовується для даних, що мають дискретну природу (землекористування, ґрунти, типи лісу та ін.)

– “Класифіковані” (Classified) – спосіб використовується для відображення континуальних растрових поверхонь, значення яких можна коректно розкласифікувати (гіпсометричні рівні, крутизна схилів, відстані до об’єктів та ін.).

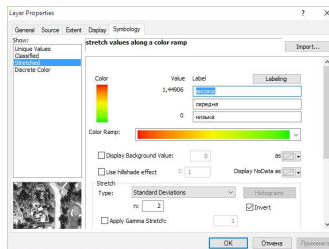




**Рис. 2.145. Видіг діалогового вікна редагування властивостей символу (Symbol Properties Editor) для:**  
**а) точкових, б) лінійних та в) полігональних об'єктів**  
**геопросторових шарів**

Для растрових даних серед типів відображення є такі (рис. 2.146):  
 – “Розтягування” (Stretched) – спосіб застосовується у випадку необхідності відображення континуальних даних без чіткого вказання класів значень.

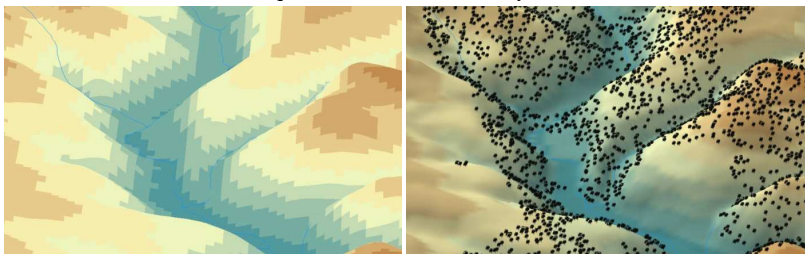
– “Дискретні кольори” (Discrete color) – цей спосіб використовується для відображення дискретних растрових даних у довільних кольорах на основі вибраної палітри та кількості кольорів.



**Рис. 2.147. Вид діалогового вікна властивостей шару (Layer Properties) для растрових даних**

Головним інструментом для відображення геопросторових об'єктів у тривимірному просторі слугує модуль ArcScene, який (як) забезпечує можливість використання двох, принципово відмінних підходів у створенні 3-D моделі – TIN (триангуляційна нерегулярна мережа) та GRID (растрова матриця висот).

Процес відображення геопросторових даних у 3-D моделюванні передбачає кілька етапів. Перший полягає у визначенні просторових характеристик растрової матриці висот. При цьому важливо обрати метричну систему координат. Це зумовлено необхідністю уникнення проблем перерахунку одиниць вимірювання та врахуванням додаткових коефіцієнтів. На наступному етапі треба додати поверхні рельєфу до сцени та налаштувати її відображення, що здійснюють за допомогою визначення властивостей відображення як самої модельованої поверхні, так і тривимірного її представлення. Для отримання згладженого відображення рельєфу обирають метод повторної вибірки зображення зі зміною його роздільної здатності із відображенням на дисплеї з *Nearest Neighbor* (відображення дискретних поверхонь) (рис. 2.148,а) на *Cubic Convolution* (відображення континуальних поверхонь) (рис. 2.148,б), а також збільшується роздільна здатність растру цифрової моделі рельєфу. З огляду на значення вертикального розчленування досліджуваної території, збільшено вертикальний масштаб відображення рельєфу з 1 : 1 на 1 : 3. Для удосконалення відображення 3-D моделі надаються ефекти затінення поверхні залежно від позиції джерела світла та згладжування тіней.



а)

б)

**Рис. 2.148. Фрагмент 3-D моделі**  
а) до налаштування; б) після налаштування

### 1.6.2. Створення макетів карт

Створення макетів карт відбувається за таким алгоритмом:

– Перейти в режим відображення компоновання та макету карти (рис. 2.149).

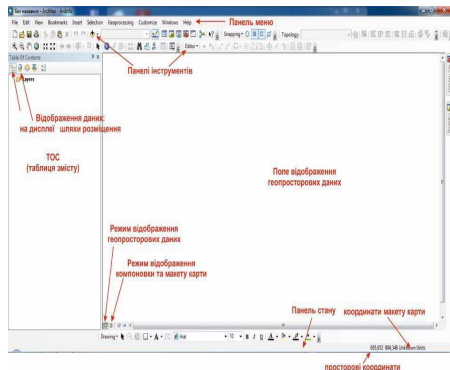


Рис. 2.149. Перехід між режимами відображення

– Вибір розміру та орієнтації макета за допомогою меню “Файл” (File) та команди “Налаштування сторінки та друку...” (Page and Print Setup...).

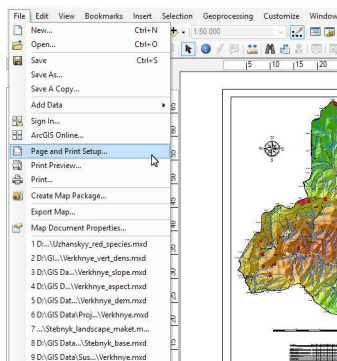
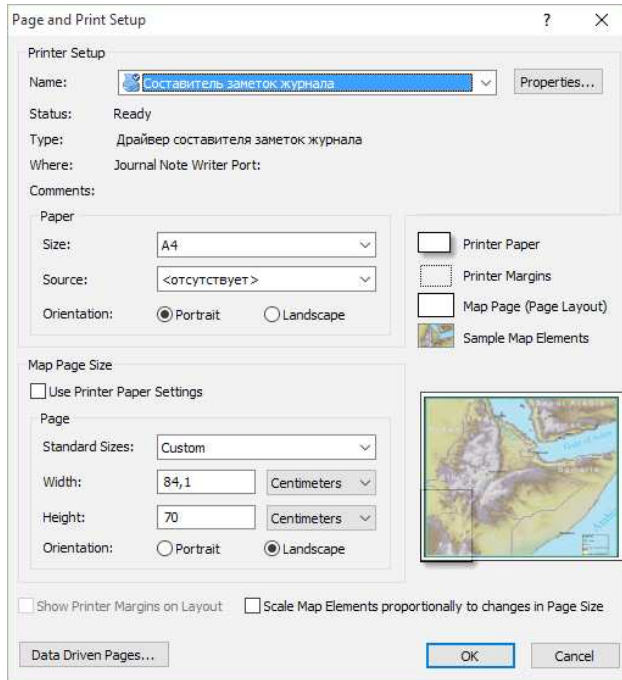


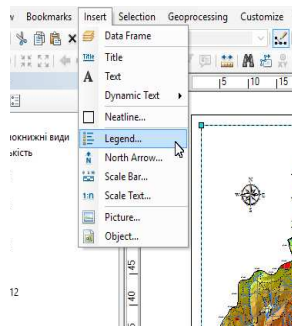
Рис. 2.150. Доступ до команди “Налаштування сторінки та друку...” (Page and Print Setup...)

– У діалоговому вікні “Налаштування сторінки та друку...” (Page and Print Setup...) (рис. 2.151) вказуємо необхідні параметри макета карти.



**Рис. 2.151. Діалогове вікно “Налаштування сторінки та друку...” (Page and Print Setup...)**

– Встановлення елементів компоновки карти за допомогою команд меню “Вставити” (Insert) (рис. 2.152). Серед елементів, які можливо встановити у макет компоновання карти є такі:



**Рис. 2.152. Доступ до команд меню “Вставка” (Insert)**

- **“Фрейм даних” (Data Frame)** – використовується для додавання кількох карт на лист та карт-врізок.
- **“Назва карти” (Title)** – команда дає змогу вставити назву карти.
- **“Текст” (Text)** – встановлення звичайного тексту.
- **“Динамічний текст” (Dynamic Text)** – цей елемент використовується для автоматизації процесу вставлення та зміни таких даних як дата створення макета, автор, система координат та ін..
- **“Рамка карти” (Neatline)** – команда встановлює рамку карти на основі вибраних параметрів, вибір яких відбувається у відповідному діалоговому вікні (рис. 2.153).

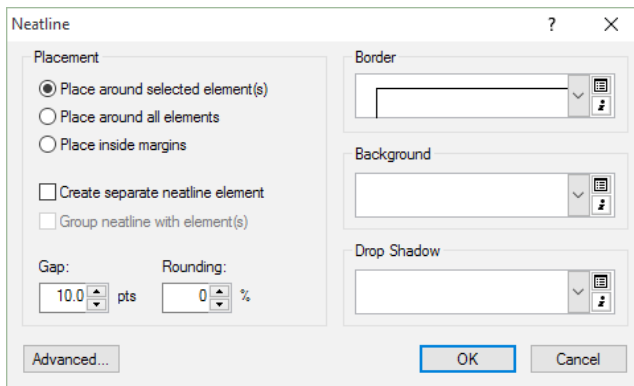


Рис. 2.153. Діалогове вікно налаштування вигляду рамки карти

- **“Умовні позначення” (Legend)** – команда дає змогу налаштувати вигляд умовних позначень та їх параметри. Після вибору цієї команди з’являється відповідне діалогове вікно, в якому послідовно встановлюються:
  - Перелік геопросторових шарів, відображення яких буде присутнє в умовних позначеннях (рис. 2.154).
  - Встановлення параметрів напису “Умовні позначення” (рис. 2.155).
  - Встановлення параметрів фрейму умовних позначень (рис. 2.156).
  - Зміна параметрів відображення символів для об’єктів геопросторових шарів.

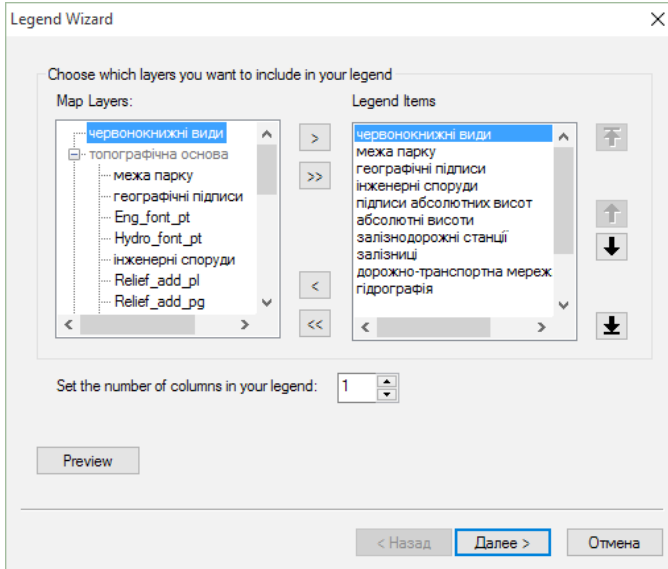


Рис. 2.154. Вибір геопросторових шарів, які будуть відображатися в умовних позначеннях

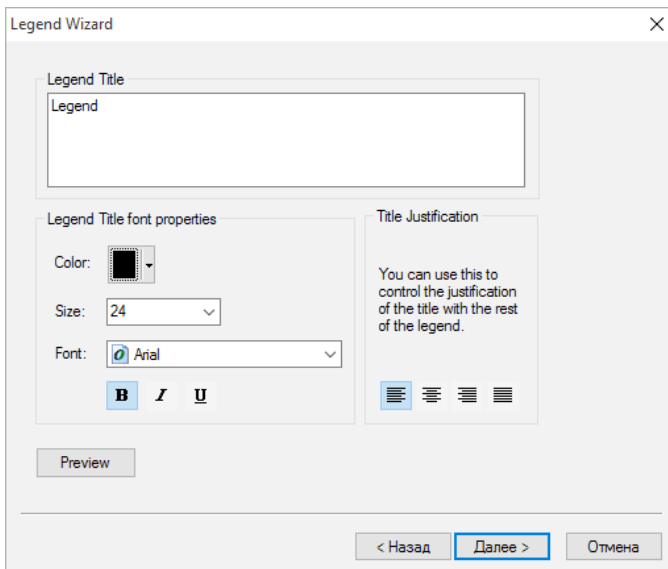


Рис. 2.155. Налаштування вигляду напису “Умовні позначення”

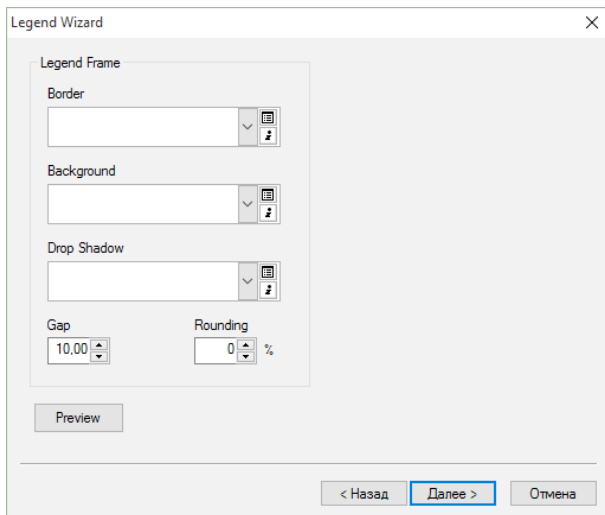


Рис. 2.157. Вікно налаштування фрейму легенди

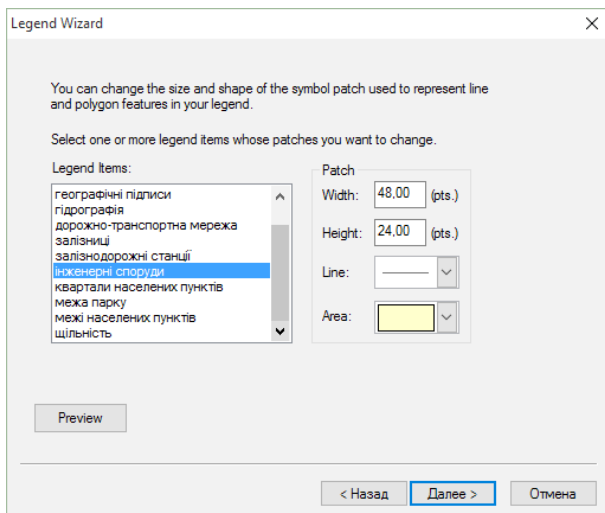
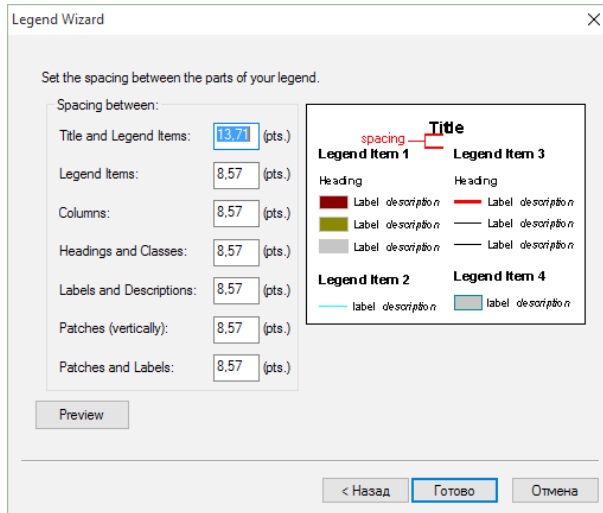


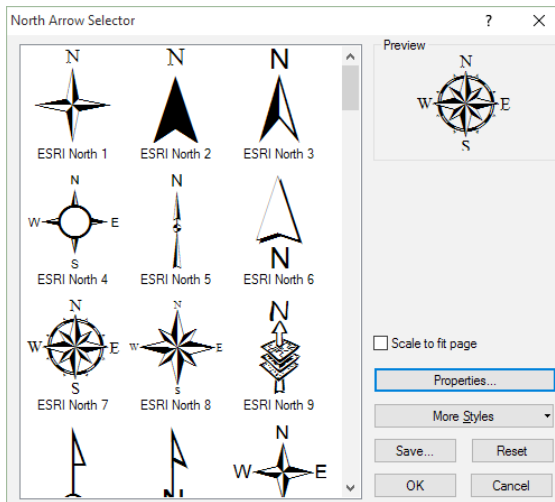
Рис. 2.158. Вікно зміни параметрів відображення символів для об'єктів геопросторових шарів

– Встановлення параметрів інтервалів між елементами умовних позначень (рис. 2.159).



**Рис. 2.159. Вікно встановлення параметрів інтервалів між елементами умовних позначень**

– “Стрілка Північ” (North Arrow) – інструмент встановлює відповідний елемент та його властивості (рис. 2.160).



**Рис. 2.160. Діалогове вікно вибору північної стрілки та її властивостей**



– “Масштабна лінійка” (Scale Bar) – додає відповідний елемент на основі вибраних параметрів у діалоговому вікні «Вибір масштабної лінійки» (Scale Bar Selector) (рис. 2.161) для вибраного фрейму карти.

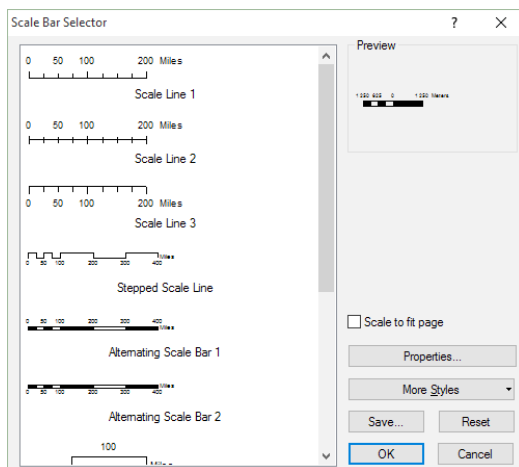


Рис. 2.161. Діалогове вікно вибору вигляду та властивостей масштабної лінійки

– “Текстовий масштаб” (Scale text) – команда додає текстовий масштаб до вибраного фрейму карти.

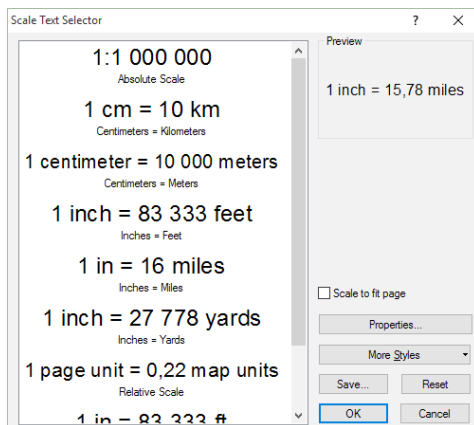


Рис. 2.162. Діалогове вікно вибору вигляду та властивостей текстового масштабу

– Команда **“Рисунок” (Picture)** дає змогу додати до макета зображення у растрових та векторних форматах, які підтримуються ArcGIS Desktop.

– За допомогою команди **“Об’єкт” (Object)** є можливість додати елемент з іншого програмного забезпечення.

Крім згаданих елементів до макета можна також додати сітку координат (географічних та прямокутних) індексну сітку, фрагмент атрибутивної таблиці, графіки та діаграми, звіти, створені за допомогою відповідних інструментів у середовищі ArcGIS Desktop. Як приклад оформленого макета наводимо туристичну карту Ужанського національного природного парку (рис. 2.163).

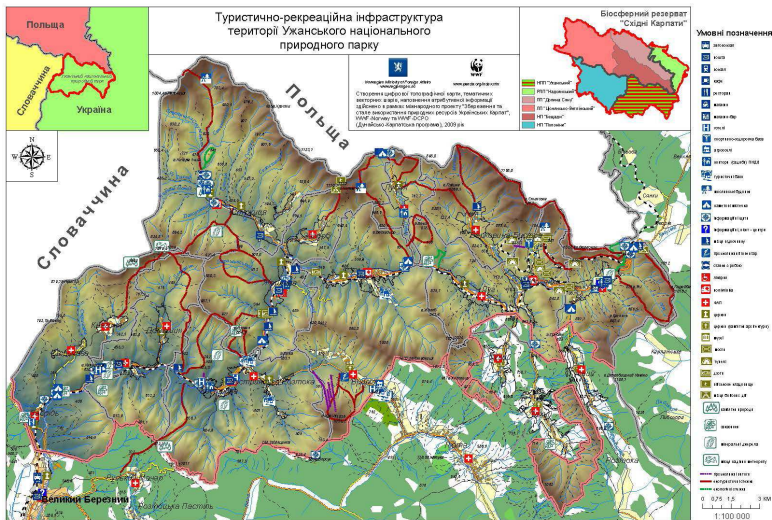


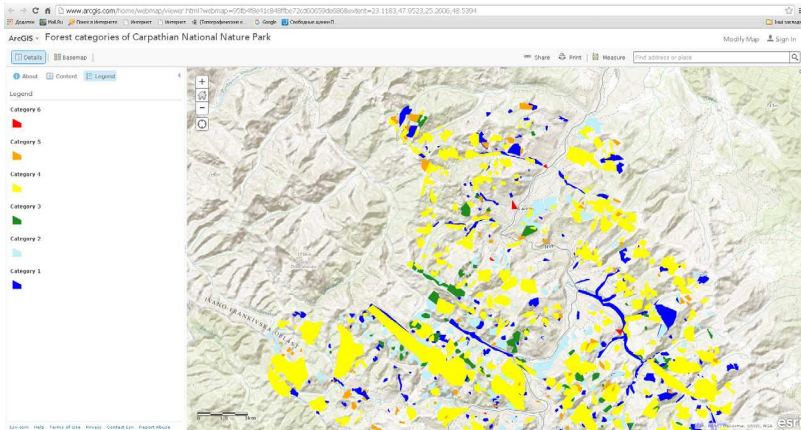
Рис. 2.163. Туристична карта Ужанського національного природного парку

### 1.6.3. Публікації геопросторових даних в мережі Інтернет

Інфраструктура геопросторових даних в Інтернеті – це система організаційних структур, стандартів, наборів геопросторових даних і метаданих, технологій, програмних і технічних засобів та людських ресурсів, необхідних для збирання, оброблення, зберігання,

розповсюдження та ефективного використання геопросторових даних на основі забезпечення широкого доступу до них зацікавлених сторін.

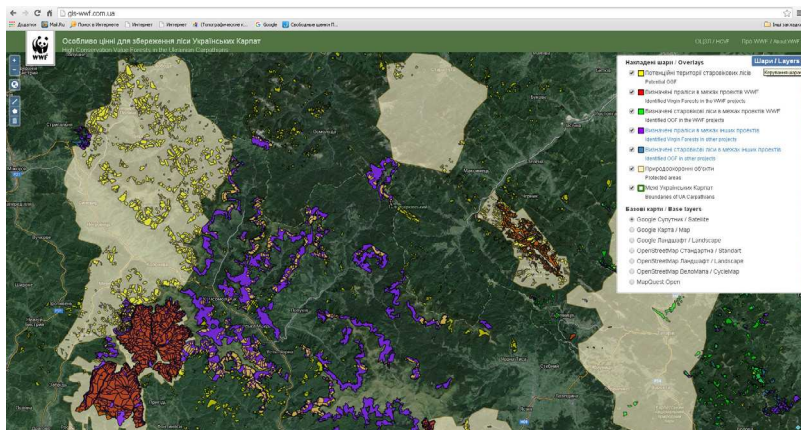
Існує декілька програмних аплікацій, які призначені для публікації в мережах Інтернет/Інтранет усього спектра геопросторових даних - електронних карт, даних ДЗЗ й інформації з баз даних (БД). Часто ці аплікації забезпечують роботу з атласом карт, що дозволяє інтегрувати різні просторові дані. Спеціальні додатки можуть використовувати технологію комплексної обробки статичних (фонові карти, растри, матриці, космічні знімки) і динамічних даних (навігація й моніторинг у режимі реального часу, банк просторових даних, оперативна обстановка). Статична інформація виводиться в браузер при першому звертанні до неї і кеширується. При подальшій роботі клієнт одержує тільки динамічні дані. Довідкові дані можуть зберігатися у базах даних Oracle, SQL-Server, Access, Firebird. Одним з таких прикладів може слугувати розроблений в рамках проєктів WWF картографічний онлайн продукт на базі ArcGIS online (рис. 2.164), де представлено окремими шарами різні категорії високоцінних для збереження лісів в межах Українських Карпат (<http://sfmu.org.ua/ua/hcvf/manual>)



**Рис. 2.164. Онлайн версія високоцінних для збереження лісів Українських Карпат (на базі безкоштовної версії ArcGIS online)**

Це один з найпростіших методів представлення власних результатів онлайн, проте він має ряд недоліків, таких як простий дизайн, обмежена кількість завантажених на карту даних, проблеми з візуалізацією кириличних записів атрибутивної бази даних тощо.

Для того, щоб отримати більш досконалий онлайн продукт необхідно придбати окремі аплікації або замовити розроблення фахівцям-програмістам. Прикладом такої онлайн версії може слугувати картографічний сервер поширення старовікових лісів в межах Українських Карпат (рис. 2.165). Для запуску цієї онлайн версії досить ввести URL в Web-браузері - <http://gis-wwf.com.ua/>. Число клієнтів, що підключаються, необмежено. Підтримується робота з усіма основними типами браузерів на операційних системах Windows, Linux, Solaris й інших. Існує можливість виміру площ та довжин, вибору картографічної основи та пошуку даних за атрибутивною базою.



**Рис. 2.165. Онлайн версія поширення старовікових лісів в межах Українських Карпат**

Триває розгортання цього веб-ресурсу до північного веб-сервера. Варто відзначити головні можливості ГІС веб-сервера:

- робота з атласом карт;
- розмежування прав доступу;
- одержання інформації про об'єкт карти;

- редагування точкових об'єктів карти;
- зміна розміру малюнка карти;
- зміна складу відображення об'єктів карти;
- різні види пошуку (пошук по відстані; пошук по області, заданої об'єктом карти; пошук об'єктів за назвою; пошук об'єктів карти по області; пошук об'єктів карти за адресою; пошук перехресть; пошук запису таблиці бази даних, пов'язаної з об'єктом карти);
- визначення відстані по карті;
- робота зі спливаючими підказками й гіперпосиланнями;
- перехід у Google Maps і Космоснімки Сканекс;
- зміна параметрів виділення об'єктів карти;
- спостереження за об'єктами карти; періодичне відновлення зображення карти (дозволяє створювати системи спостереження за рухливими об'єктами);
- створення й використання користувальницьких закладок на картах;
- робота з картою посилань;
- використання представлень БД;
- фільтрація таблиці БД;
- відображення даних у вигляді таблиці або форми;
- формування звітів;
- взаємодія із зовнішніми веб-додатками через розширений набір HTTP-запитів при формуванні геопорталів різного призначення;
- інтерфейс користувача, який настраюється тощо.

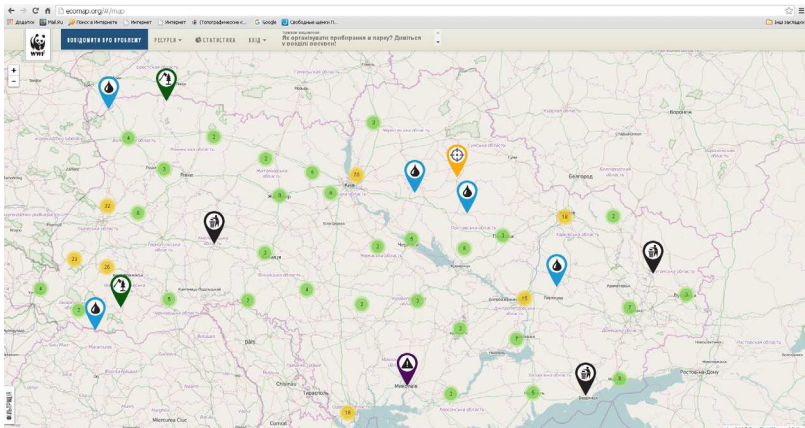
У додатку застосовується механізм ідентифікації користувачів для захисту інформації й забезпечення безпеки даних. Можуть використовуватися різні бази даних: MS SQL Server, Oracle, MS Access й інші.

Ще однією перевагою онлайн веб-сервера є те, що користувачі можуть створювати, видаляти й переміщати точкові об'єкти карти. При нанесенні нового об'єкта карти йому можуть бути додані характеристики (семантики). Можливо виконувати автоматичне зв'язування створеного об'єкта карти з новим записом таблиці БД. При видаленні об'єкта карти, відповідний запис у таблиці БД буде вилучений.

Вигляд і склад даних веб-сторінки визначається описом теми, обраною в цей момент часу, а також правами доступу користувача до даних теми. Формуючи теми відповідно до характеру діяльності компанії й змісту її бази даних, користувачі мають можливість відображати в онлайн різну інформацію, що має просторову прив'язку: облікову, статистичну, довідкову, результати моніторингу й іншу.

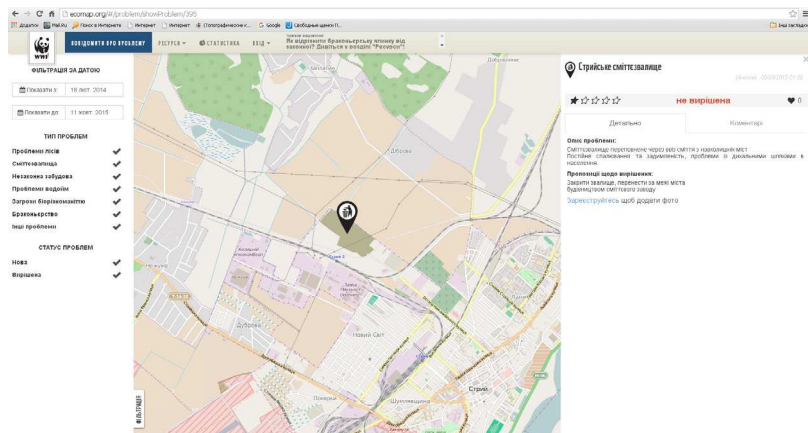
Для прискорення відображення карт багато програмних продуктів використовують комбінації векторних карт та їх копій, попередньо растеризованих та розподілених на фрагменти. Такі дані створюються за допомогою спеціальних програм, наприклад Panorama Image Creator.

Ще одним прикладним онлайн ГІС-проектом є екологічна карта <http://ecomap.org/#/map> (проект втілюється Всесвітнім фондом природи в Україні за підтримки ІТ Академії компанії SoftServe). Цей проект замислювався як платформа, здатна об'єднати зусилля громадян, різних неурядових організацій та компаній для обміну досвідом та покращення стану навколишнього середовища в Україні (рис. 2.166).



**Рис. 2.166.** Онлайн версія екологічної карти <http://ecomap.org/#/map>

Завдяки цьому ГІС-продукту можна позначати екологічну проблему на карті, дізнатися у розділі Ресурси про те, як її вирішити (рис. 2.167).



**Рис. 2.167. Приклад відміченої на екологічній карті проблеми з описом**

Основні переваги створення інфраструктури просторових даних є: скорочення витрат на збір, обробку та підтримку геоданих, підвищення якості та оперативності актуалізації даних, додатковий ефект завдяки новим технологіям об'єднання даних з різних джерел та віддаленого доступу до них. Основними призначенням екологічних інфраструктур просторових даних є забезпечення публічного і рівноправного доступу до екологічних та природоохоронних геоінформаційних ресурсів державним, комерційним організаціям і громадськості.

## Summary in English

This manual was prepared as a result of implementation of several projects, like WWF-Norway Project “Protection and sustainable use of natural resources in the Ukrainian Carpathians” (2007–2012) and the Society for Investments and Development DEG “Support Responsible Forest Management for a Sustainable Development in the Ukrainian Carpathians” (2012–2015).

Geographic information systems (GIS) are increasingly used in our daily life, however often we even do not notice them. Even an ordinary person, who has nothing to do with geography, ecology and environment protection or information technologies, very often deals with applied GIS for the visualization of different spatial information.

Geographic information system is a system that provides collection, storage, processing, access, display and dissemination of spatially coordinated data. The information in GIS is stored in the form of electronic maps which consist of a graphical component (objects location) and associated attribute information (text, numeric or audio-visual data etc.).

In recent years, GIS technology has been actively implemented in various industries as well as in public and corporate governance, science and education. About 80% of modern information society has a geographical component (coordinate binding to a specific territory or its model - map). The volume of such information is increasing every year which requires strict approaches in order to provide effective management decisions. Therefore, effective and operational analysis of such information is already impossible without the achievements of modern GIS technology.

The main principles of using GIS for decision-making process in natural resources management and protection provided by the Law of Ukraine “National Informatization Program” and by the Decree of Cabinet Ministers of Ukraine “Approaches to establishing an electronic information system called Electronic Government”. Unfortunately, there is still need to have sufficiently regulated infrastructure of geospatial data, define the use procedure and exchange of information, and the most important – the sufficient financial support for its implementation.



However, under current legislation base and available resources, it is possible to develop the regional GIS and geospatial data banks as necessary tools to solve different environmental problems.

The most common approach today is to use GIS technology for inventory purposes e.g. land cadastre system. The GIS technologies can provide a convenient method of input, storage, retrieval and analysis processes, design and publishing the necessary text-graphic materials.

The development of the regional and local ecological networks could be a good example of complex data usage in combination with GIS geospatial analysis. For this purpose, it is necessary to provide comprehensive analysis of information regarding patterns of land use, land types, topography, location of natural and semi-natural areas, natural protected areas, settlements and many other factors needed to form structural elements of the ecological network. The GIS technologies allows performing simultaneous analysis of multidimensional data using digital maps, simplifies procedure of the ecological forecasting and impact assessment on the environment, enables rapid detection of ecological anomalies, etc.

The purpose of the manual is to provide theoretical framework for geographic information systems in order to model environment processes, to study environmental objects and to practice in implementing these functions using GIS.

The manual is recommended for PAs staff, students of geography, geology and biology faculties (majoring in “Geography” and “Ecology and Environmental Protection”). Also manual can be useful for students of agricultural universities and ecological colleges, as well as for experts dealing with spatial information, especially for ecologist, geographers, land managers, surveyors, environmentalists and others.

## СЛОВНИК ТЕРМІНІВ І ВИЗНАЧЕНЬ

**Автоматизоване картографування** (Automated Mapping (AM)). Комп'ютерна графічна система, за допомогою якої здійснюється управління базою атрибутивних даних, пов'язаних з об'єктами відображеними на карті. Основними властивостями АМ системи є зберігання, пошук, відновлення, маніпулювання та відображення картографічної інформації. АМ системи часто не володіють можливостями просторового аналізу.

**Атрибут** (Attribute). Описова характеристика об'єкта. Атрибут містить інформацію, яка відповідає запитам: що, де, розмір, кількість, коли тощо. Картографічні (або графічні) атрибути описують способи відображення інформації на карті (колір, довжина, висота, ширина тощо), в той час як неграфічні атрибутивні дані описують властивості картографічних об'єктів (що це є, його якість, історія тощо).

**База даних** (Data Base). Сукупність даних, організованих за певними правилами, які регулюють особливості опису, зберігання та маніпулювання даними. Зберігання даних у базі даних забезпечує централізоване управління ними, дотримання стандартів, безпеку та цілісність даних. База даних складається з більше ніж одного файла даних.

**Базова карта** (Base Map). Базова картографічна інформація, представлена у вигляді одного шару або комбінації шарів, які використовуються як стандартна структура, на яку накладаються додаткові тематичні дані. Базова карта використовується для контролю всіх інших джерел просторових даних і зазвичай включає геодезичну контрольну мережу.

**Буфер** (Buffer). Місце в пам'яті комп'ютера для тимчасового розміщення даних.

**Буферизація** (Buffering). Функція просторового аналізу, яка утворює багатокутник (полігон) навколо точки, лінії або іншого полігона шляхом розміщення меж багатокутника на певній відстані від точки, лінії або полігона. Прикладом може бути створення багатокутника, межі якого перебувають у 150 метрах від берега ріки (буферна зона річки).

**Вектор (Vector).** 1. Величина, яка характеризується числовим значенням і напрямом. 2. Направлений сегмент.

**Векторизатор (Vectorizer).** Програмний засіб для виконання растрово-векторного перетворення (векторизації) просторових даних.

**Векторне представлення даних (Vector data structure).** Цифрове представлення точкових, лінійних і полігональних просторових об'єктів у вигляді набору координатних пар, з описом тільки геометрії об'єктів.

**Вибір маршруту (Routing).** Функція просторового аналізу, яка використовує мережевий аналіз, щоб визначити шлях уздовж мережі, головне для переміщення транспортного засобу чи іншого об'єкта від однієї точки мережі до іншої.

**Вихідні дані (Output).** Результат опрацювання даних за допомогою комп'ютерної програми. Вихідні дані можуть бути у вигляді статистичних даних, таблиць, карт або інших даних на твердій основі, екрані або у вигляді файла на жорсткому диску.

**Відносна точність карти (Relative Map Accuracy).** Точність карти по відношенню до місцевої мережі вимірів, яка не пов'язана із земним геоїдом. Точність розміщення на карті, визначена відносно певної місцевої контрольної мережі, вважається відносною, тому що позиції є точними тільки у межах певної географічної області, охопленої мережею. Карти, складені на основі вимірів, погоджених відносно місцевих вимірювальних мереж, важко накладаються на карти, прив'язані до земного геоїду.

**Водна Рамкова Директива Європейського Союзу (European Union Water Framework Directive, EU WFD) – Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу від 23 жовтня 2000 року, яка встановлює рамки для дій Європейського Співтовариства у сфері водної політики.**

**Географічна інформаційна система (GIS).** Інформаційна система, яка забезпечує збирання, зберігання, опрацювання, доступ, відображення та поширення просторових даних. За територіальним охопленням ГІС поділяють на: глобальні або планетарні (global GIS), субконтинентальні ГІС, національні ГІС, регіональні ГІС (regional GIS), локальні або місцеві ГІС (local GIS). Також ГІС відрізняються за

предметною областю інформаційного моделювання, наприклад міські або муніципальні ГІС (urban GIS), природоохоронні ГІС (environmental GIS) тощо.

**Геоінформаційні технології** (GIS technology). Технологічна основа створення ГІС, яка дає змогу реалізувати функціональні можливості ГІС.

**Геоінформаційний аналіз** (GIS based analysis). Аналіз розміщення, структури, взаємозв'язків об'єктів та явищ з використанням методів просторового аналізу та геомоделювання.

**Геодезична контрольна мережа** (Geodetic Survey Network). Контрольна мережа відносно геоїда землі. Виміри, зроблені відносно реперних точок, які прив'язані до геодезичної контрольної мережі, дають змогу точно розташовувати об'єкти на місцевості. Протилежністю геодезичної контрольної мережі буде місцева контрольна мережа.

**Геодезичний репер** (Monument). Фізичний спеціальний об'єкт, встановлений на місцевості. Розташування геодезичного репера записується з метою подальшого його використання для здійснення просторового позиціонування об'єкта.

**Геокод** (Geocode). Визначник, який присвоюється як картографічному об'єктові, так і запису даних, які містять атрибути, з описом властивостей цього картографічного об'єкта. Загальні геокоди включають наприклад номери ґрунтових розрізів, природні та адміністративні райони, поштові адреси тощо. Геокоди також називаються “визначниками місця”.

**Геокодування** (Geocoding). Процес присвоєння геокодів даним, які описують розміщені на карті об'єкти.

**Геометричне трансформування** (Geometric transformation). Трансформування об'єктів до заданого масштабу та картографічної проєкції з усуненням зміщення, зумовленого нахилом вісі знімання, рельєфу місцевості, кривизни поверхні Землі та геометричних спотворень.

**Гіпертекст** (Hypertext) – спеціальний текст електронного документа, який сформований і структурований певною програмувальною мовою (мовами) та засобами розмітки цього тексту та має здатність містити у собі гіпертекстові посилання.

**Глобальний екологічний фонд** (Global Environmental Facility, GEF) – створений у 1991 році. Світовим Банком, ПРООН та іншими фонд (фондація), покликаний фінансово забезпечувати витрати на охорону довкілля усєї планети, які виходять за межі національних інтересів або можливостей, насамперед шляхом фінансової підтримки міжнародних екологічних програм і проектів глобального або міждержавно-регіонального характеру.

**Детальність знімків** (Image resolution). Кількість інформації на одиницю площі знімка.

**Дешифрування знімків** (Image interpretation). Виявлення та розпізнавання об'єктів на знімках, яка ґрунтується на певних закономірностях властивостей об'єктів й характері їхнього відображення на знімках.

**Дистанційні методи вивчення Землі** (Remote investigation). Неконтактні дослідження природних та антропогенних утворень шляхом реєстрації та аналізу власного чи відбитого електромагнітного випромінювання.

**Дігітайзер** (Digitizer). Пристрій, керований людиною-оператором для внесення картографічної та іншої інформації з паперових носіїв. Основний принцип полягає у переміщенні курсору на екрані комп'ютера та визначення за допомогою мишки положення картографічного об'єкта на твердій копії карти, розташованій на спеціальному столі.

**Екологічний моніторинг** (Ecological monitoring). Комплексна система спостережень, оцінювання та прогнозування змін стану біосфери під впливом природних та антропогенних чинників.

**Елемент даних** (Data Item). Найменша одиниця інформації, яка містить певну характеристику об'єкта. Елемент даних також називається “полем даних”, тобто це є фізичне місце зберігання запису в базі даних.

**Запис** (Record). Логічне або фізичне угруповання пов'язаних між собою полів даних, які опрацьовує комп'ютер як одну одиницю. Наприклад, запис оцінки бонітетної вартості ґрунтів повинен містити всі дані, необхідні для розрахунку величини бонітетної оцінки конкретного ґрунтового індивідууму.

**Зміна масштабу зображення (Zooming)** див. Відображення у вікні (Windowing).

**Ідентифікатор положення (Location Identifier)** див. Геокод.

**Ієрархічна структура файлу (Hierarchical File Structure).** Один із головних типів збереження даних у системі управління базою даних. Існує інше визначення ієрархічної структури даних – “деревоподібна структура”, оскільки одні записи підпорядковуються іншим за принципом “один до багатьох” (так звані зв’язки типу “батьки-діти”). Доступ до запису здійснюється через “батьківський” запис.

**Індексація (Indexation).** Присвоєння унікального індексу даним для швидшого їхнього пошуку.

**Інтеграція даних (Data Integration).** Комбінація баз даних або файлів даних, які надходять від різних функціональних організаційних одиниць (від різних організацій), які збирають різні дані для одних і тих самих об’єктів, наприклад, земельні ділянки, ґрунтові контури, ландшафтні конутри тощо. Інтеграція даних створює додаткові значення для вже існуючих даних географічних об’єктів.

**Інформаційна система (Information System).** Комп’ютерна система, в якій накопичені дані будуть використовувати так, що це неможливо передбачити заздалегідь при внесенні первинної інформації. Див. Інформаційна система з базою даних (Data Based Information System).

**Інформаційна система з базою даних (Data-Based Information System).** Комп’ютерна система, яка містить одну або більше баз даних, і які контролюються системою управління базами даних. Вона використовується для опрацювання вхідних запитів, пошуку інформації та узагальнення результатів.

**Кадастр (Cadastr).** Спеціальний запис (реєстр) інтересів стосовно земельної ділянки, який включає природні, просторові та правові інтереси. Зазвичай, це є карти та інші описи земельних ділянок, а також ідентифікація тих, хто має певні юридичні права на землю (такі як володіння власністю, застава, сервітути, оренда та інші юридичні інтереси). Кадастрова інформація часто включає іншу додаткову описову інформацію про земельні ділянки.

**Кадастрові карти (Cadastral Maps).** Графічне зображення юридичних описів земельних ділянок. Здебільшого кадастрові карти

представлені у вигляді податкових карт, які створюють та зберігають у місцевій адміністрації для оцінювання власності та розміру оподаткування. Вони також містять інформацію про комунікації, громадські дороги, проїзди через інші ділянки, сервітути, які є необхідними для визначення усіх юридичних інтересів на землі. Джерелом інформації для кадастрових карт є топографічні знімання.

**Картографічна база даних** (Cartographic data base). Сукупність взаємопов'язаних картографічних даних певної предметної (тематичної) сфери, поданих у цифровій формі при дотриманні загальних правил опису, зберігання та маніпулювання даними. Картографічна база даних доступна багатьом користувачам, не залежить від характеру прикладних програм, та управляється системою управління базами даних (СУБД).

**Картографічна проекція** (Map Projection). Трансформація карти зі сферичної у плоску поверхню. Через геометричні та математичні співвідношення кути, площі, відстані та напрями одночасно важко зберегти у картографічній проекції, тому існує багато способів перетворення сферичної поверхні у плоску. Найбільш поширеними є картографічні проекції: конусоподібна Ламберта, поперечного меркатора і стереографічна.

**Картографічна сутність** (Cartographic Entity). Фізичний об'єкт, який можна побачити на місцевості та показати на карті.

**Картографічна характеристика** (Cartographic Feature). Це назва або позначення (наприклад тип ґрунту, межі землевласників, ґрунтовий розріз, споруди тощо), яка може бути розміщена на карті.

**Картографічні дані** (Cartographic Data). Атрибути картографічних об'єктів, які певним чином пов'язані з цими об'єктами та зберігаються у комп'ютерній системі для відображення на карті.

**Картографічний об'єкт** (Cartographic Object). Цифровий просторовий запис, який містить атрибути (картографічні характеристики) та зберігається у комп'ютерній системі.

**Картографічний шар** (Map Layer). Групування однорідної картографічної інформації (наприклад, ґрунтові контури), яка зберігається або визначається окремо від інших картографічних шарів. Картографічний шар може бути проаналізований, змінений

та відображений окремо або в комбінації з іншими шарами. Картографічний шар також називається “картографічним рівнем” або “картографічним охопленням”.

**Карти щільності точок** (Dot-Density Map). Тематична карта, яка зображує певні якості, властивості об’єктів у вигляді точок на карті.

**Кластер** (Cluster). Просторове угруповання характеристик на карті.

**Ключ** (Key). Один з елементів даних, який використовується для визначення або пошуку запису у файлі даних.

**Комп’ютерне картографування** (Computer-Aided Mapping (CAM)). Використання комп’ютерної графіки для розроблення, створення та ведення карт (див. CADD).

**Конвертація форматів** (Format conversion). Перетворення даних з одного формату в інший, який сприймається іншою системою (зазвичай, при експорті/імпорту даних).

**Координатна трансформація** (Coordinate Transformation). Програмне забезпечення автоматизованого картографування, з допомогою якого математично перетворюються координати з одного фрейму послань в координати іншого. Більшість географічних інформаційних систем мають змогу, наприклад, переводити координати широти та довготи у систему плоских координат, використовуючи спеціальні програми координатного перетворення.

**Крокова прив’язка** (Snapping). Функція автоматизованого картографування, яка математично суміщає дві лінії під час процесу перетворення даних у цифрову форму (під час векторизації).

**Курсор** (Cursor). Символ, зображений на екрані комп’ютерного терміналу, розміщення якого контролюється людиною-оператором з допомогою клавіатури, миші або діджитайзера. Зображається у вигляді хрестика або квадратика і використовується у ГІС для визначення положення, виділення картографічних об’єктів, зображених на карті, для наступною комп’ютерною опрацювання.

**Легенда карти** (Map legend). Умовні позначення для картографічного зображення.

**Масштаб** (Scale). Математичне співвідношення між розміром об’єкта карти та його реальним розміром, виражене у вигляді



відношення картографічного розміру до реального. Наприклад, масштаб карти 1:100 означає, що 1 сантиметр на карті відповідає 100 сантиметрам на земній поверхні.

**Масштаб карти** (Map Scale). Математичне співвідношення між відстанню на карті та реальними відстанями на місцевості, виражене у вигляді відношення у сантиметрах на карті та у метрах на землі. У ГІС картографічна інформація зберігається без масштабу, оскільки масштаб визначається тільки тоді, коли карта відображається в натурі (тверді копії).

**Мережна структура файла** (Network File Structure). Структура для нагромадження даних у системі управління базою даних, в якій існує більше одного типу запису. Мережна структура файла забезпечує відносини “багатьох до багатьох”, де похідний запис може мати більше ніж один первинний запис. Мережна файлова структура також називається “переплетеною структурою”.

**Мережний аналіз** (Network Analysis). Функція просторового аналізу, яка використовує топологічну структуру ліній для того, щоб рухатися вздовж лінійної мережі та аналізувати атрибутивні дані, пов’язані з лінійними сегментами.

**Міжнародна комісія з охорони річки Дунай** (International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR) – робочий орган, утворений згідно з “Конвенцією з охорони річки Дунай”, яка підписана у 1994 році у Софії, вступила у дію з 1998 року і наразі ратифікована 13 дунайськими країнами, в тому числі Україною у 2003 році, і Європейським Союзом. Постійний Секретаріат комісії, яка загалом опікується проблемами сучасного транскордонного управління басейном Дунаю за пріоритету збереження його довкілля, працює з 1999 року у Відні.

**Місцева система координат** (Local Datum). Організація даних, яка найбільш точно відображає поверхню землі (геоїд) у певній її географічній області (наприклад Україна, область, район чи місто).

**Моделювання інформаційне** (Data modeling). Моделювання, яке пов’язане із створенням та перетворенням різноманітної інформації (текстової, графічної тощо) у вигляд, який задається користувачем.

**Нормалізація** (Normalization). Перетворення складної структури даних у прості файли (взаємозв’язки). Нормалізація створює окремі файли,

які мають спільні поля даних, відновлюючи при цьому зв'язок, відображений у покажчиках і ключах ієрархічної та мережної структурах даних.

**Обробка полігона (Polygon Processing).** Функція просторового аналізу, яка використовує межі багатокутників, щоб визначити, які точки, лінії та полігони в межах багатокутника необхідно вибрати для подальшого аналізу.

**Об'єкт (Object).** Визначення просторового елементу, який також називається геоелементом, і якому можуть підпорядковуватися геометрія та тематика. Кожен об'єкт належить до класу об'єктів.

**Оверлейнові операції (Overlain operation).** Процедура накладання тематичних (двох або більше) шарів, унаслідок чого відбувається генерація похідних об'єктів, які виникають при геометричному накладанні та привласненні похідних атрибутів.

**Онлайн (On-Line Connection).** Прямий зв'язок через мережу Інтернет.

**Оперативно доступний (On-Line).** Стан комп'ютерної системи, при якому вхідні дані вносяться у комп'ютер безпосередньо з їхнього місця походження, а вихідні дані передаються туди, де вони використовуються, зазвичай на комп'ютерний термінал.

**Оцифровка (Digitize).** Перетворення даних у числову форму. Дія, яка перетворює карту у цифрову форму шляхом кодування просторових координат об'єктів на карті з допомогою комп'ютера, називається векторизацією або раструванням (залежно від отриманого типу даних).

**Перекриття багатокутників (Polygon Overlay).** Функція просторового аналізу, яка використовує Булеву логіку ("та", "або", "не" тощо), для створення нових багатокутників унаслідок перетинання меж багатокутників з двох різних карт. Прикладом є перекриття карт ділянок районів затопленої рівнини та ґрунтових контурів для створення нових багатокутників, які представляють, наприклад, ґрунтові контури у межах затопленої рівнини.

**Піксель (Pixel).** Елементарна одиниця растрового зображення (точка).

**Плотер (Plotter).** Периферійне устаткування з допомогою якого створюються великоформатні тверді копії графічних даних – карти, креслення, графіки тощо.

**Поле даних** (Data field). Див. Елемент даних. Відповідає поняттю атрибут в реляційних базах даних та поняттю поле запису в мовах програмування.

**Полігонізація** (Polygonization). Функція просторового аналізу, яка створює багатокутники на карті з атрибутів об'єктів на підставі певного просторового або статистичного критерію. Див. Spatial Aggregation й Buffering.

**Прив'язка зображення** (Image matching). Точна ідентифікація ділянки на поверхні Землі, відображеної на знімку, та присвоєння кожній точці зображення реальних координат, які відповідають координатам на місцевості.

**Програма розвитку ООН** (United Nations Development Program, UNDP) – заснована у 1965 році міжнародна інституція (підрозділ Організації Об'єднаних Націй), яка має численні представництва в окремих країнах і опікується наданням допомоги, спрямованої на сталий розвиток людства, передусім через підтримку різноманітних міжнародних, міждержавних і національних програм і проектів, у т.ч. природоохоронного спрямування.

**Проксимальний аналіз** (Proximal Analysis). Функція просторового аналізу, яка відображає на карті певні об'єкти, а потім визначає інші об'єкти, які найближче до них розташовані. Див. Nearest Neighbor й Dot-Density Map.

**Просторова еталонна мережа** (Spatial Reference Framework). Система координат на основі вимірів топографічної зйомки, яка використовується для визначення відносного та/або абсолютного розташування об'єктів у географічній інформаційній системі.

**Просторовий запит** (Spatial Query). Функція географічної інформаційної системи, яка дозволяє користувачеві знаходити та відображати об'єкти, розміщені на карті або атрибути об'єктів.

**Растрове представлення** (Raster data structure). Метод зображення або нагромадження графічних даних, при якому для обробки використовуються окремі точки. При збереженні й маніпулюванні растровими даними кожна точка містить атрибутивні значення, які використовуються комп'ютерною програмою при геопросторовому аналізі. Тобто, растр може бути зображений сіткою

точок, які індивідуально аналізуються, узагальнюються і можуть представляти зображення або об'єкт більшого розміру.

**Редагування (Edit).** Виправлення помилок у даних або відновлення інформації у комп'ютерній системі. Після редагування карти у системі ГІС її картографічні об'єкти змінюються. Після редагування неграфічної бази даних змінюються значення атрибутів.

**Реляційна база даних (Relational Data Base).** Структура бази даних створена більше ніж одним простим файлом. Такі файли можуть легко комбінуватися з допомогою зв'язків між даними у записах. Дані в реляційній базі даних зберігаються як двомірні множини, які можуть бути скомбіновані у вигляді нових взаємозв'язків для подальшого опрацювання комп'ютерною програмою. Протиставляється ієрархічним та мережним структурам баз даних.

**Робоча станція (Work Station).** Комбінація засобів і програм, яка використовується оператором для взаємодії з комп'ютерною системою. Робоча станція ГІС складається з клавіатури, монітора, сканера, плотера. Робоча станція повинна також складатися з центрального процесорного пристрою (CPU) і комп'ютерної мережі. Завдяки такій організації розвантажується центральний комп'ютер та вільно переносяться програми, файли і дані з одного комп'ютера на інший.

**Роздільна здатність знімка (Image resolution).** Мінімальна лінійна величина відображених на знімку деталей місцевості. За величиною роздільної здатності виділяють знімки з дуже низькою роздільною здатністю (десятки кілометрів), з низькою (декілька кілометрів), з середньою (сотні метрів) та високою роздільною здатністю (декілька метрів і навіть сантиметрів).

**Розміщення тексту (Text Placement).** Функція автоматизованого картографування, яка розташовує текстові рядки у визначеному місці на карті.

**Система глобального позиціонування (Global Positioning System (GPS)).** Метод, який використовується у топографічній зйомці чи в інших дослідженнях, і ґрунтуються на системі супутників, які обертаються навколо Землі. GPS-технології дають змогу проводити точні геодезичні виміри, використовуючи спеціально створені

приймачі. З допомогою цих пристроїв відбувається пошук трьох та більше супутників на орбіті та здійснюється позиціонування об'єкта. З допомогою геометричних обчислень триангуляції визначаються координати точки на поверхні землі.

**Система інформації про землю (Земельні Інформаційні Системи – ЗІС) (Land Information System (LIS)).** Комп'ютеризована система управління базою даних, часто географічна інформаційна система, яка містить кадастрові дані, дані про землекористування, інші дані, які описують земну поверхню.

**Система управління банком даних (Data-Base Management System (DBMS)).** Сукупність комп'ютерних програм, які використовуються для організації та аналізу даних, записаних у базі даних. До типових функцій DBMS відносяться: логічний та фізичний зв'язок пов'язаних полів, пошук і підтвердження значень, інші функції управління даними, наприклад, забезпечення таємності, архівація та відновлення.

**Сканер (Scanner).** Пристрій аналого-цифрового перетворення зображення для його автоматизованого внесення в ЕОМ у растровому вигляді з високою роздільною здатністю (300 – 600 і більше dpi) через сканування непрозорого або прозорого оригіналу у відбитому або наскрізному проходженні світла.

**Скрипт (Script).** Програма, яка написана для роботи в геоінформаційній системі.

**Схема бази даних (Data-Base Schema).** Логічний опис даних, які зберігаються у базі даних. Схема не тільки визначає назву елемента даних, його розміри та інші характеристики, але також визначає відносини між елементами (наприклад, всі дані, пов'язані з ґрунтовим розрізом, є також пов'язаними з ґрунтовим виділом, в якому закладений цей розріз).

**Тверда копія (Hardcopy).** Одна з багатьох форм подання вихідних даних комп'ютерних систем. Тверда копія – це представлення інформації на папері або іншій твердій основі. Тверда копія карти виготовляється у ГІС на певній матеріальній основі у вигляді набору точок, ліній, символів і текстових рядків.

**Текст або текстовий рядок (Text or Text String).** Комбінація букв, цифр або слів, яка використовується у ГІС, з допомогою яких подається інформація про об'єкти та дані.

**Тематична карта** (Thematic Map). Карта, яка відображає дані певної тематики, наприклад, оцінка вартості землі, карта ерозійної деградації ґрунтів, вмісту гумусу тощо. Дані можуть бути представлені на тематичній карті різними способами: щільністю крапок, лініями, контурами тощо. Базовою картою переважно є топографічна основа, яка використовується як найнижчий шар для забезпечення географічної відповідності поданих даних.

**Топографічна карта** (Topographic Map). Побудоване у картографічній проекції зменшене зображення земної поверхні, яке дозволяє визначати як планове так і висотне положення точок. Тобто, це графічне відображення природних та штучних об'єктів на поверхні землі. Топографічні карти є планіметричними картами, які також включають зображення контурів земної поверхні.

**Топографічна мережа** (Survey Network). Серія фізичних знаків (монументів), розміщених на землі, які використовують геодезисти як реперні точки, для розміщення об'єктів, відображених на карті та в інших земельних записах. Положення цих знаків може бути еталонним для земного геоїда (в геодезичній мережі) або тільки в межах невеликих географічних площ (в місцевій мережі).

**Точність карти** (Map Accuracy). Відповідність між розміщенням об'єкта, зображеного на карті, та його реальним положенням на земній поверхні. Точність визначається похибкою, вираженою у лінійних одиницях. Горизонтальна точність вказує на похибку у розташуванні на поверхні землі. Вертикальна точність вказує на похибку у визначенні висоти об'єкта відносно рівня моря.

**Траса супутника** (Satellite route). Проекція орбіти супутника на земну поверхню.

**Файл** (File). Блок інформації, який містить початок та кінець і зберігається на певному цифровому носії.

**Центральний процесор** (Central Processing Unit (CPU)). Головний процесор комп'ютера, який контролює виконання його функцій.

**Цикл розвитку** (Development Cycle). Серія завдань, які повинні бути виконані під час створення інформаційної системи. Типові завдання включають постановку проблеми, аналіз потреб та

завдань, вивчення можливостей реалізації та затрат на впровадження, проектування системи, розробка системи (програмування), тестування, навчання та впровадження.

**Цифрова карта** (Digital Map). Подання об'єктів карти у формі, яка дозволяє комп'ютеру зберігати, маніпулювати та виводити значення їхніх атрибутів. Цифрова карта - це база даних або файл, які стають картою, у випадку коли ГІС створює тверду копію або зображення на екрані.

**Цифрова картографія** (Digital cartography). Розділ картографії, який включає теорію та методи створення та практичного використання цифрових карт та інших цифрових просторово-часових картографічних моделей.

**Цифрова модель рельєфу** (Digital terrain model). Засіб цифрового представлення трьохвимірних просторових об'єктів (поверхонь, рельєфу) у вигляді трьохвимірних даних, як сукупності висотних відміток або відміток глибин, чи інших значень аплікату (координати Z) в вузлах регулярної сітки з утворенням матриці висот (Altitude matrix), нерегулярної трикутної сітки (TIN), сукупності записів горизонталей (ізогіпс, ізобат).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аковецкий В. И. Дешифрирование снимков. / В. И. Аковецкий. – М. : Недра, 1983. – 606 с.
2. Андрейчук Ю. М. Використання ГІС-технологій у водоохоронному проектуванні басейнів малих річок [Збірка доповідей] / Ю. М. Андрейчук // Дослідження малих річок: аналіз, проблеми, пропозиції. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції “Дослідження, відтворення та охорона малих річок”, м. Хмельницький, 4-5 листопада 2005 року. – 2005. – С. 92–100.
3. Андрейчук Ю. Застосування ГІС для аналізу рельєфу басейнових систем (на прикладі р. Коропець) [Стаття] / Ю. Андрейчук, І. Ковальчук // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів : Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2003 р. – Вип. 63. – С. 183–187.
4. Анохин В. Н. О совместном использовании различных ГИС при создании цифровых карт / В. Н. Анохин, Д. А. Шумахер // Информационный бюллетень ГИС-ассоциации № 2 (24). – М. : 2000. – С. 21.
5. Баранов Ю. Б. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов [Книга] / Ю. Б. Баранов – М. : ГИС-Ассоциация, 1999.
6. Берлянт А. М. Картографический метод исследования / А. М. Берлянт – М. : Изд-во МГУ, 1988. – 251 с.
7. Берлянт А. М. Картография и геоинформатика / А. М. Берлянт – М. : ВИНТИ, 1991. – 177 с.
8. Богданов Д. ГИС – мир данных на географической карте / Д. Богданов, А. Богданов // Компьютерное обозрение, №19 (43), 1996. – С. 9–12.
9. Варламов А. А. Земельный кадастр. / А. А. Варламов, С. А. Гальченко // Географические и земельные информационные системы. Т. 6 – М : Колос, 2006. – 400 с.
10. Верховна Рада України Верховна Рада України. Офіційний веб-сайт. [Електронний ресурс]. – Програмно-технологічна підтримка – Управління комп’ютеризованих систем. Інформаційне наповнення сторінки – Управління по зв’язках з місцевими органами влади і



органами місцевого самоврядування, 1994 р. Access mode: <http://gska2.rada.gov.ua/pls/z7502/A005?rdat1=26.08.2010&rf7571=30398>.

11. Гофман В. Что такое ГИС / В. Гофман, В. Андрианов // ArcREVIEW – Москва, ООО ДАТА+, №4, 1998. – С. 2–3.

12. Дзюба А. К. Методы подготовки растровых картографических материалов / А. К. Дзюба // Информационный бюллетень ГИС-ассоциации № 2 (24), М. 2000. – С. 19–20.

13. Жуков В. Т. Математико-картографическое моделирование в географии / В. Т. Жуков, С. Н. Сербенюк, М.: 1980.

14. Иванов Є. А. Створення кадастрових карт районів розроблення корисних копалин у Львівській області із використанням аерокосмічних методів [Електронний ресурс] / Є. А. Иванов, І. П. Ковальчук // ДНВЦ Природа. – ДНВЦ Природа, 2009 р. Access mode: <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=1190>.

15. Иванов Є. А. Проблеми геоінформаційного моделювання гірничопромислових геосистем [Стаття] / Є. А. Иванов, Ю. М. Андрейчук, Н. І. Лобанська // Фізична географія та геоморфологія. - К. : ВГЛ Обрії, 2005 р. – Вип. 48. – С. 180–186.

16. Иванов Є. А. Теоретико-методологічні основи й методика геоекологічного картографування і моделювання гірничопромислових геоконструкцій [Стаття] / Є. А. Иванов, І. П. Ковальчук, Ю. М. Андрейчук // Наук. вісник Волинського держ. ун-ту ім. Л. Українки. Географ. науки. – 2006, № 2. – С. 15–23.

17. Иванов В. В. Мобильные технологии в муниципальном управлении [Электронный ресурс] / В. В. Иванов, А. Н. Коробова // ГИС-Ассоциация, 2010, Access mode: <http://www.gisa.ru/62615.html>.

18. Карпінський Ю. О. Геоінформаційне забезпечення навігації наземного транспорту [Стаття] / Ю. М. Карпінський, А. А. Лященко, О. П. Дроздівський // Наука та інновації. – 2007 р. – № 1 : Т. 3. – С. 43–57.

19. Казаченко Т. Картографічне моделювання: Навчальний посібник // Т. Казаченко, Г. Пархоменко, А. Молочко; під ред. А. Золовського. – Вінниця: Антекс-У ЛТД, 1999. – 328 с.

20. Книжников Ю. Ф. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1991. – 206 с.

21. Ковальчук І. П. Моделювання стану природно-антропогенних систем з використанням ГІС-технологій [Стаття] / І. П. Ковальчук, Є. А. Іванов, Ю. М. Андрейчук // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів : Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2004. – Вип. 65. – С. 105–110.
22. Ковальчук І. Використання геоінформаційних технологій для вирішення проблем природокористування на різнофункціональних територіях [Стаття] / І. Ковальчук, Є. Іванов, Ю. Андрейчук // Географія в інформаційному суспільстві: Збірник наукових праць. – К. : ВГЛ “Обрії”, 2008. – Т. IV. – С. 62–64.
23. Корогода Н. П. Використання ГІС для вирішення проблем збереження біорізноманіття (на прикладі транскордонного басейну Дніпра) [Стаття] / Н. П. Корогода // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 252. – С. 144–149.
24. Кошкарев А. В. Геоинформатика [Книга] / А. В. Кошкарев [и др]; под ред. Тикунов В. С. – М. : “Академия”, 2005. – С. 408.
25. Кошкарев А. В. Региональные геоинформационные системы [Книга] / А. В. Кошкарев, В. П. Каркин. – М. : Наука, 1987. – С. 126.
26. Круглов І. Методика напівавтоматизованого створення геопросторового шару педоморфологічних одиниць басейну Верхнього Дністра [Стаття] / І. Круглов // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – С. 312–320.
27. Круглов І. С. Геоінформаційний аспект організації державного земельного кадастру України [Збірка доповідей] / І. С. Круглов // Budownictwo i Inzynieria Srodowiska (Rzeszow, Poland). – 1998. – Т. 29. – С. 85–93.
28. Круглов І. С. Міська ландшафтно-екологічна інформаційна система [Стаття] / І. С. Круглов // Укр. геогр. журнал. – 1997. – № 3. – С. 41–46.
29. Круглов І. С. Геоекологічна інформаційна система Українського Мармарошу: Модельна ділянка “Квасний” [Стаття] / І. С. Круглов, Т. І. Божук // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. – Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 2004. – 30. – С. 159–166.
30. Митчелл Э. Руководство по ГИС анализу. Часть 1: Модели пространственного распределения и взаимосвязи / Э. Митчелл – К. : ЗАО ЕСОММ Со, 2000. – 179 с.

31. Морус М. А. Створення банку даних і ГІС українсько-німецького проекту «Трансформаційні процеси в басейні верхнього Дністра» (Під егідою ЮНЕСКО) / М. А. Морус, А. С. Ямелинець, Т. С. Ямелинець та ін. // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «ГІС-Форум 2006» – Київ, 2006. – С. 28–32.

32. Назарук М. М. Екологічний менеджмент. Запитання та відповіді. Навчальний посібник [Книга] / М. М. Назарук, І. Б. Койнова – Львів : Еней, 2004. – С. 216.

33. Парасюк І. Львівська інтегрована система обробки інформації та муніципальна ГІС - проблеми становлення й впровадження [Електронний ресурс] / І. Парасюк, Е. Захарко // Все о ГИС и геодезии. Access mode: <http://www.geodesy.net.ru/rubriki/gis/lvivska-integrovana-sistema-obrobki-informatsii-ta-munitsipalna-gis-problemi-stanovlennu>.

34. Придатко В. І. Геоінформаційні технології та екологічна індикація [Книга] / В. І. Придатко, С. М. Бережняк. – К. : Видавничий центр УкрДГРІ, 2009. – С. 54.

35. Рожков В. А. Становление почвенной информатики / В. А. Рожков // Почвоведение. – М.: Изд-во „Наука” 2002. – №7. – С. 858–866.

36. Савиных В. П. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования / В. П. Савиных, В. Я. Цветков. – М., Каргеоцентр-Геоиздат, 2001. – 228 с.

37. Самойленко В.М. Проектування ГІС: Підручник (англ. і укр.) / В.М. Самойленко, Л.М. Даценко, І.О. Діброва. - К.: ДП “Прінт Сервіс”, 2015. - 256 с.

38. Світличний О. О. Основи геоінформатики: Навчальний посібник [Книга] / О. О. Світличний, С. В. Плотницький; під ред. Світличного О. О. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.

39. Тикунов В. С. Географические информационные системы: сущность, структура, перспективы / В. С. Тикунов // Картография и геоинформатика. Итоги науки и техники, сер. Картография. М. : ВИНТИ АН СССР, 1991. – Т.14. – С. 6–79.

40. Трифонова Т. А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях:

Учебное пособие для вузов / Т. А. Трифонова, Н. В. Мищенко, А. Н. Краснощеков – М.: академический Проект, 2005. – 352 с.

41. Чабанюк В. С. Основні напрямки розвитку геоінформаційних систем у 90-ті роки [Стаття] / В. С. Чабанюк // Вісник геодезії та картографії. 1994. – № 2. – С. 108–126.

42. Ямелинець Т. С. Застосування географічних інформаційних систем у ґрунтознавстві [Книга] / Т. С. Ямелинець. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 193 с.

43. Ямелинець С. П. Аналіз стану розробки структури автоматизованої кадастрової системи України та вимоги до її оптимізації / С. П. Ямелинець, О. В. Личак, І. Р. Залуцький // Вісн. геод. та картогр. – 2005. – №4. – С. 29–38

44. Ямелинець Т. С. Методика оцінки ерозійної деградації сірих лісових ґрунтів західного лісостепу з допомогою модифікованого універсального ерозійного рівняння – RUSLE / Т. С. Ямелинець // 36. наук. праць “Генеза, географія та екологія ґрунтів”. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. – С. 463–468.

45. Abler R. National Science Foundation National Center for Geographic Information and Analysis / R. Abler // International Journal of Geographical Information Systems, 1987, v.1, #4, pp. 302–306.

46. Andreychuk Y. GIS technologies in water protection researches of the Koropets river (Ukraine) [Online] / Y. Andreychuk, I. Kovalchuk, A. Mykhnovych // Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF). - 2005. Access mode: [http://www.zalf.de/ucid/ICID\\_ERC2005/HTML/ERC2005PDF/Topic\\_1/Andreychuk.pdf](http://www.zalf.de/ucid/ICID_ERC2005/HTML/ERC2005PDF/Topic_1/Andreychuk.pdf).

47. Beyer Hawthorne Geospatial Modelling Environment [Online] / Hawthorne Beyer // Spatialecology. – Spatial Ecology LLC, 2001–2010. – <http://www.spatialecology.com/gme/gmedownload.htm>.

48. Burrough P.A. Principles of Geographical Informational Systems for land resources. Oxford : Clarendon Press, 1986. – 193 p.

49. Coppock J. Geographical Information Systems: Principles and Applications [Book Section] / J. Coppock, D. Rhind // Geographic Information Systems / ed. Maguire D. J., Goodchild M. F. and Rhind D. W. – London : Longmans Publishers, 2001.

50. David Maguire. Enterprise Geographic Information Servers: A New Information System Architecture / Maguire David. – 2004.
51. Ding Y., Fotheringham A. The integration of spatial analysis and GIS. Working paper // NCGIA, Department of Geography, State University of New York, Buffalo, 1991.
52. ESRI ArcGIS 9 Geostatistical analyst. руководство пользователя [Книга]. – Redlands : ESRI PRESS, 2004. – 285 с.
53. ESRI ArcGIS 9. ArcCatalog. Руководство пользователя [Книга]. – Redlands : ESRI PRESS, 2004. – 31 с.
54. ESRI ArcGIS 9. ArcMap. Руководство пользователя [Книга]. - Redlands : ESRI PRESS, 2004. – 558 с.
55. ESRI ArcGIS 9. Spatial Analyst. Руководство пользователя [Книга]. – Redlands : ESRI PRESS, 2004. – 219 с.
56. ESRI Esri Collaborates with Adobe to Support Geospatially Referenced PDF Map Files. Adobe Acrobat 9 and PDF Supported in ArcGIS 9.3 [Online] // ArcNews Online., 2008. – Access mode: <http://www.esri.com/news/arcnews/summer08articles/adobe-acrobat9.html>.
57. ESRI Using ArcGIS 3D Analyst [Book]. – Redlands : ESRI PRESS, 2002. – 249 p.
58. ESRI Using ArcToolbox [Book]. – Redlands : ESRI PRESS, 2000. – 22 p.
59. Galati Stephen R. Geographic Information Systems Demystified [Book]. - Norwood, 2006. – P. 297.
60. Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning // Eds. H.J. Scholten and J.C.H. Stillwell – Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers, 1990. – 261 p.
61. Geographic information systems: an introduction / Tor Bernhardsen. – 2<sup>nd</sup> ed. – New York ; Weinheim : Wiley, 1999. – 372 p.
62. Geographic information systems / ed. By Paul A. Longley. Band: 2. – 2<sup>nd</sup> ed. – 1999. – 581 p.
63. James L. Smoot, Russell D. Smith. Soil Erosion Prevention & Sediment Control. – University of Tennessee, Knoxville, 1999.
64. Jürg Kaufmann, Erich Gubler, Thomas Glatthard, Daniel Steudler. Swiss Cadastre: Cadastre 2014 for Sustainability // FIG XXII International Congress. Washington, D.C. USA, 2002.

65. Elbakidze M., Yamelynets T., Zavadovych O. Landscape-Ecological Approach to the Assessment of Urban Green Zones Using GIS Tools. – International Conference “Critical Areas in a Landscape: From Theory to Mapping and Management”, Tbilisi, Georgia – May 3-10, 2005
66. Moore I.D., Turner A.K., Wilson J.P., Jenson S.K., Band L.E. GIS and Land-Surface Subsurface Process Modeling // Environmental Modeling with GIS, 1993. – pp. 196–230.
67. Leinweber P., Preu C. & Janku C. Spatial characterization of soil properties // Towards sustainable land use: furthering cooperation between people and institutions / H.-P.Blume... (ed.), – Reiskirchen: Catena – Verl., 1998. – 1559 p.
68. Longley Paul A. Geographical Information Systems and Science [Book] / A. Longley Paul [et al.]. – Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2005. - 2 : 537 p.
69. Schaub D. & Prasuhn V. A map on soil erosion on arable land as a planning tool for sustainable land use in Switzerland // Towards sustainable land use: furthering cooperation between people and institutions / H.-P. Blume... (ed.), – Reiskirchen: Catena – Verl., 1998. – 1559 p.
70. Spatial Analysis and GIS / Eds. S.Fotheringham and P.Rogerson, Taylor&Francis Ltd: London, 1994, 2811 p.
71. Star J., Estes J. Geographic Information Systems. An introduction. University of California, Santa Barbara, New Jersey, 1990, 303 p.
72. Stolbovoi V. & Fisher G. A new digital georeferenced database of soil degradation in Russia // Towards sustainable land use: furthering cooperation between people and institutions / H.-P. Blume... (ed.), – Reiskirchen: Catena – Verl., 1998. – 1559 p.
- 1.73. Tomlin C. D. Geographic Information Systems and Cartographic modelling. Prentice-Hall, Inc: New Jersey, 1990, 230 p.
- 2.74.USGS, AGI Global GIS Databases [Online] // Global GIS. – 2010. – Access mode: <http://webgis.wr.usgs.gov/globalgis/datasets.htm>.
- 75.Vosel H., Utermann J., Eckelmann W. & Krone F.. The soil information system “FISBo BGR” for soil protection in technical cooperation // Towards sustainable land use: furthering cooperation between people and institutions / H.-P. Blume... (ed.), – Reiskirchen: Catena – Verl., 1998. – 1559 p.

76. William B. Hickin, David Maquire. Introduction to GIS: The ARC/INFO Method, 1990.

77. Yamelynets T. S., Yamelynets A. S. Organization of GIS systems performance. An example of computational modeling of hydrodynamic processes. – 21<sup>st</sup>. European Regional Conference : Integrated land and water resources management : towards sustainable rural development. Frankfurt (Oder). Germany. 2005, [PDF document]. Access mode: URL [http://www.zalf.de/icid/ICID\\_ERC2005/HTML/ERC2005PDF/Topic\\_5/Yamelynets.pdf](http://www.zalf.de/icid/ICID_ERC2005/HTML/ERC2005PDF/Topic_5/Yamelynets.pdf).

78. Zeiler Michael Modeling Our World. The ESRI Guide to Geodatabase Design [Книга] / Michael Zeiler - Redlands, California : Environmental Systems Research Institute, Inc., 2007. – ISBN 1-879102-62-5.

79. Access mode: <http://grid.ecoinfo.ru/webint/start.htm>

80. Access mode: <http://www.grid.unep.ch>

81. Access mode: <http://www.spatial.maine.edu>

82. Access mode: <http://www.esri.com/industries/cadastre/index.html>

83. Access mode: <http://www.fig.net>





**НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ**

**Андрейчук Юрій Михайлович  
Ямелинець Тарас Степанович**

**ГІС В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ТА  
ПРИРОДООХОРОННІЙ СПРАВІ**

Навчальний посібник

Редактор  
Комп'ютерна верстка та  
дизайн обкладинки

*М. В. Михалюк*

*І. Б. Тарай*

За зміст та достовірність фактичного матеріалу  
відповідальність несуть автори

Формат 60x84/16. Папір офсетний. Гарнітура "Times New Roman"  
Друк: різнографія. Ум. друк. арк. 16.51. Обл.-вид. арк. 10.52.  
Наклад 300 примірників

ТзОВ "Галицька видавнича спілка"  
79005, вул. Туган-Барановського, 24, тел. 276-48-53  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру ДК № 198

ТзОВ "Простір-М"  
79000, м. Львів, вул. Чайковського, 8  
Тел.: (032) 261-09-05, e-mail: [prostir@litech.net](mailto:prostir@litech.net)

# WWF в цифрах

**+100**

WWF працює в більш ніж  
100 країнах  
на 5 континентах

**1961**

WWF був заснований  
у 1961 році



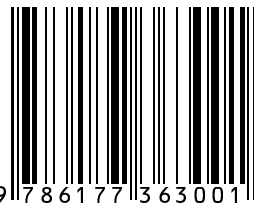
**+5 млн**

Роботу WWF підтримують  
більше 5 мільйонів  
прихильників

**+5 000**

В офісах WWF по всьому  
світу працює  
більше 5 000 людей

ISBN 978-617-7363-00-1



9 786177 363001



Наша Місія

Зупинити деградацію екосистеми Планети та побудувати  
майбутнє, в якому людина живе в гармонії з природою.

[wwf.pamda.org/ukraine](http://wwf.pamda.org/ukraine)