

**В.В. МОРОЗОВ, Н.М.ШАПОРИНСЬКА,
О.В.МОРОЗОВ, В.І.ПІЧУРА**

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В АГРОСФЕРІ

Навчальний посібник

Схвалено Міністерством аграрної політики України

Київ
Аграрна освіта
2010

УДК 91:681.518:631.95 (0.75)

ББК 32.98:40.8я73

Г 35

Рецензенти:

Міхесв Є.К. – д. с.-г. н., професор кафедри економічної кібернетики Херсонського ДАУ;

Співаковський О.В. – д. пед. н., професор, завідувач кафедри інформатики, проректор з науково-педагогічної роботи, міжнародних зв'язків та інформаційних технологій Херсонського державного університету

*Схвалено Міністерством аграрної політики України
для використання в навчально-виховному процесі як навчальний
посібник під час підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів
“спеціаліст”, “магістр” спеціальностей напрямів
6.090101 “Агрономія”, 6.060103 “Гідротехніка (водні ресурси)”
у вищих навчальних закладах III-IV рівнів акредитації
Міністерства аграрної політики України”*

Г35 Геоінформаційні системи в агросфері : навч. посіб. /
[Морозов В.В., Шапоринська Н.М., Морозов О.В., Пічура В.І.]. – К. :
Аграрна освіта, 2010. – 269 с.
ISBN 978-966-7906-93-1

Навчальний посібник призначений для студентів, аспірантів і викладачів аграрних вищих навчальних закладів, які займаються розробкою і впровадженням ГІС-технологій у науку і практику агрономії, гідромеліорації, екології та охорони навколишнього середовища.

УДК 91:681.518:631.95 (0.75)
ББК 32.98:40.8я73

ISBN978-966-7906-93-1

©Морозов В.В.,
Шапоринська Н.М.,
Морозов О.В.,
Пічура В.І., 2010

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

| | |
|--------------------|--|
| ГІС (GIS) – | географічні інформаційні системи, геоінформаційні системи; |
| БД – | база даних; |
| БЗ – | база знань; |
| І – | інформація |
| ІТ – | інформаційні технології; |
| СУБД – | система управління базами даних; |
| ЕС – | експертна система; |
| НААН – | Національна академія аграрних наук; |
| ХДАУ – | Херсонський державний аграрний університет; |
| ХДУ – | Херсонський державний університет; |
| ПЕОМ – | персональна електронно-обчислювальна машина; |
| ПК – | персональний комп'ютер; |
| АСУ – | автоматизована система управління; |
| МЗ – | моніторинг земель |
| ЕММ – | еколого-меліоративний моніторинг |
| ВГМ – | водогосподарський моніторинг |
| ДЗЗ – | дистанційне зондування Землі |
| ПК СТЗ – | програмно-інформаційний комплекс системи точного землеробства |
| ПАМС – | природно-агромеліоративна система |
| ЛМ – | ландшафтні меліорації |
| ЛМС – | ландшафтно-меліоративна система |
| ТТК – | типова технологічна карта |
| ПС – | підсистема |
| ОТО – | операційно-територіальна одиниця |
| ЛІДОБ – | локальна інформаційно-довідкова база |
| НРБ – | нормативно-регламентуюча база |
| КЛІН - | класифікатори інформації |
| ДОКІС – | довідники-класифікатори інформаційної структури |
| СЕНОР – | система екологічного нормування |
| ЕкоМОЗ – | спеціальний екологічний програмний комплекс |
| ГДК – | гранично-допустима концентрація |
| ІКС – | інформаційно-консультаційна система |
| ІСЗ – | інформаційна система зондування |

Ключові слова: агросфера, агроєкосистема, географічні інформаційні системи, ґрунт, вода, родючість.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕДМОВА | 7 |
| 1. АГРОСФЕРА УКРАЇНИ У ХХІ СТОЛІТТІ | 11 |
| 1.1. Агросфера в Україні | 12 |
| 1.2. Екологічна криза в агросфері України..... | 13 |
| 1.3. Умови для розбудови сталої агросфери ХХІ століття..... | 15 |
| 1.4. Модель агросфери України ХХІ століття | 17 |
| 1.5. Розвиток світового аграрного виробництва..... | 19 |
| 2. ГЕОГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ (ГІС) | 25 |
| 2.1. ГІС: визначення, складові частини, функції, можливості, сфери та рівні застосування..... | 27 |
| 2.1.1. ГІС: визначення і переваги..... | 27 |
| 2.1.2. Складові частини ГІС..... | 29 |
| 2.1.3. Функції геоінформаційних систем (ГІС)..... | 30 |
| 2.1.4. Векторна і растрова моделі ГІС..... | 31 |
| 2.1.5. Завдання, які вирішують ГІС..... | 33 |
| 2.1.6. Можливості ГІС..... | 35 |
| 2.1.7. Сфери і рівні застосування ГІС..... | 37 |
| 2.1.8. Геоінформаційне картографування..... | 38 |
| 2.2. ГІС-технології в сільському господарстві | 40 |
| 2.2.1. Стан використання ГІС в сільському господарстві..... | 40 |
| 2.2.2. ГІС для управління..... | 41 |
| 2.2.3. Використання ГІС для ефективної роботи в агросфері..... | 43 |
| 2.2.4. Дорадництво та екологічний аудит..... | 44 |
| 2.2.5. Дистанційне зондування Землі..... | 44 |
| 2.2.6. Нові прикладні галузі застосування ГІС..... | 46 |
| 3. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ГІС | 51 |
| 3.1. Основні принципи організації та система вимог..... | 53 |
| 3.1.1. Структура і технологія наповнення ГІС..... | 58 |
| 3.1.2. Основні джерела інформації ГІС..... | 66 |
| 3.2. Представлення просторових даних у ГІС | 68 |
| 3.2.1. ГІС як погляд на навколишній світ..... | 68 |
| 3.2.2. Основні типи представлення географічної сутності..... | 69 |
| 3.2.3. Ієрархічні, мережеві та реляційні бази даних..... | 70 |
| 3.2.4. Представлення відношень у ГІС..... | 71 |
| 3.3. Об'єкти і атрибути ГІС..... | 73 |
| 3.3.1. Сутність і атрибути ГІС..... | 73 |
| 3.3.2. Просторові і непросторові дані..... | 74 |

| | |
|--|------------|
| 3.3.3. Елементарні, складені, складні і точкові об'єкти..... | 75 |
| 3.3.4. Лінійні об'єкти і дані; площадкові дані..... | 76 |
| 3.3.5. Безперервні поверхні..... | 79 |
| 3.4. Векторна та растрова моделі | 81 |
| 3.4.1. Векторна модель даних..... | 81 |
| 3.4.2. Модель даних растрових ГІС..... | 84 |
| 3.4.3. Можливості ГІС під час аналізу даних в агросфері..... | 90 |
| 4. ЗАСТОСУВАННЯ ГІС–ТЕХНОЛОГІЙ | |
| ПІД ЧАС ДІАГНОСТУВАННЯ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО | |
| СТАНУ ҐРУНТІВ..... | 99 |
| 4.1. Агроекологічний стан ґрунтів..... | 100 |
| 4.1.1. Агроекологічне оцінювання ґрунтів..... | 100 |
| 4.1.2. Агроекологічний потенціал..... | 101 |
| 4.1.3. Сучасний стан використання земельних ресурсів | |
| України..... | 102 |
| 4.1.4. Неприятливі природно-антропогенні процеси..... | 103 |
| 4.1.5. Техногенна забрудненість ґрунтів і агроландшафтів..... | 104 |
| 4.1.6. Програмне забезпечення ГІС під час діагностування | |
| агроекологічного стану ґрунтів і ландшафтів | 106 |
| 4.1.7. Аерофотознімання і дистанційне зондування Землі..... | 107 |
| 4.2. ГІС на локальній сільськогосподарській ділянці | 108 |
| 4.2.1. Застосування системи локального землеробства..... | 108 |
| 4.2.2. Стан вивчення проблеми..... | 109 |
| 4.2.3. Огляд локального сільського господарства..... | 110 |
| 4.2.4. Методичні аспекти розвитку локального сільського | |
| господарства..... | 112 |
| 4.2.5. Адаптація локальної системи землеробства..... | 112 |
| 4.2.6. Аналіз та обробка даних..... | 113 |
| 4.2.7. Адаптація інформаційно-консультативних систем..... | 114 |
| 4.2.8. ГІС для прогнозу урожаю..... | 114 |
| 4.2.9. Доступ до даних ГІС та їх застосування в агросфері..... | 115 |
| 4.2.10. Збір додаткових даних..... | 116 |
| 4.2.11. Аналіз даних, отриманих за допомогою | |
| ГІС-технологій..... | 117 |
| 5. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В МОНІТОРИНГУ, | |
| ОХОРОНІ І ПІДВИЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ | 123 |
| 5.1. Організація еколого-агромеліоративного моніторингу | |
| зрошуваних земель | 124 |
| 5.1.1. Функціонально–організаційна структура еколого- | |
| агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель | 124 |
| 5.1.2. Критерії і показники оцінювання еколого- | |
| агромеліоративного стану зрошуваних земель | 126 |

| | |
|--|-----|
| 5.1.3 Інформаційне забезпечення еколого-агромеліоративного моніторингу..... | 129 |
| 5.1.3.1. Джерела вхідних даних для ГІС. Картографічні матеріали..... | 130 |
| 5.1.3.2. Програмне забезпечення ГІС | 133 |
| 5.1.3.3. Апаратне забезпечення ГІС | 134 |
| 5.2. Методика еколого-меліоративних досліджень для ГІС..... | 135 |
| 5.2.1. Методика проведення ґрунтово-сольового знімання | 135 |
| 5.2.2. Підготовчі роботи | 138 |
| 5.2.3. Польові роботи | 139 |
| 5.2.4. Камеральні роботи | 143 |
| 5.2.5. Форми обробки і представлення інформації еколого-меліоративних досліджень | 144 |
| 5.2.6. Складання та оформлення карт засолення й солонцюватості | 154 |
| 5.3. Методика агрохімічного обстеження ґрунтів | 157 |
| 5.3.1. Методика польових агрохімічних досліджень | 157 |
| 5.3.2. Польові агрохімічні обстеження на зрошуваних землях... .. | 160 |
| 5.3.3. Вимоги до структури бази даних агрохімічної паспортизації земель | 160 |
| 6. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ | |
| В АГРОСФЕРІ..... | 173 |
| 6.1. Теоретико-методологічні аспекти процесу моделювання..... | 175 |
| 6.2. Геоінформаційні методи створення і аналізу просторових моделей | 182 |
| 6.3. Теоретико-методологічні аспекти процесів прогнозування.. .. | 202 |
| ГЛОСАРІЙ..... | 235 |
| ВИСНОВОК..... | 267 |

Геоінформаційні системи – це не тільки галузь сучасних високих комп'ютерних інформаційних технологій. У науці, освіті і виробництві – це галузь ефективнішого бізнес-консалтингу, системи прийняття оптимальних управлінських рішень, інтегрований показник рівня розвитку науково-технічного прогресу країни, якості і перспективності підготовки в університетах фахівців всіх галузей. Жодна галузь у світі не розвивається так стрімко, як сфера ГІС-технологій.

ПЕРЕДМОВА

Інформатизація сьогодні охопила всі сфери життя суспільства. Важко назвати будь-яку сферу людської діяльності – від початкової шкільної освіти до науки, виробництва і агробізнесу – де б не відчувалася її могутня дія.

Термін “інформація” розуміється часто дуже вузько. Реально інформацією в нашому розумінні слід називати все, що може бути представлене у вигляді літер, цифр і зображень. Практично всі людські знання уявляють саме у такому вигляді, і вся виробнича діяльність може бути змодельована з їх допомогою. До того ж, чим глибше і точніше моделювання, проектування, прогнозування, тим менше витрат потрібно на матеріальне виробництво. Таким чином, інформаційні технології дозволяють підняти виробництво на якісно новий рівень ефективності, до того ж зменшуючи негативну антропогенну дію на навколишнє середовище.

*Інформаційні технології (ІТ) засновані на інформаційних процесах, які можна розділити на 3 великі групи: отримання інформації, її обробка і представлення для використання. У науках про Землю інформаційні технології перетворилися в нову науку *геоінформатику і географічні інформаційні системи (ГІС)*, а термін “географічні” визначає в цьому випадку не стільки просторовість або територіальність, а швидше комплексність і системність дослідницького наукового підходу [1,2,4,5,8].*

Географічні інформаційні системи (ГІС) – це можливість нового погляду на навколишнє середовище; це сучасні комп'ютерні технології для картування і аналізу об'єктів реального світу, а також подій, що

відбуваються на нашій планеті, в нашому житті і діяльності» [8,9]. Якщо обійтися без визначень і обмежитися описом, то ця технологія об'єднає традиційні операції під час роботи з базами даних такими, як запит і статистичний аналіз, з перевагами повноцінної візуалізації і географічного (просторового) аналізу, які надає карта. Ці особливості відрізняють ГІС від інших інформаційних систем і забезпечують унікальні можливості для її застосування в широкому спектрі завдань, пов'язаних з аналізом і прогнозом явищ, процесів і подій у навколишньому світі, з осмисленням і виділенням головних чинників та причин, а також їх можливих наслідків, з плануванням стратегічних управлінських рішень і поточних наслідків дій, що відбуваються.

Сьогодні ГІС – це багатомільйонна індустрія, в яку залучені мільйони людей у всьому Світі. ГІС вивчають у школах, коледжах і університетах. Цю технологію застосовують практично у всіх сферах людської діяльності, наприклад, для аналізу глобальних проблем перенаселення, забруднення території, скорочення лісових угідь, природної катастроф, глобальних змін клімату тощо. Їх використовують для вирішення приватних завдань, таких як пошук найкращого маршруту руху між пунктами, підбір оптимального розташування нового офісу, пошук будинку за його адресою, прокладення трубопроводу або лінії електропередачі на місцевості, різні муніципальні завдання (наприклад, реєстрація земельної власності).

З наукової точки зору, ГІС – це засіб моделювання і пізнання природних і соціально-економічних систем. ГІС застосовується для дослідження всіх тих природних, суспільних і природно-суспільних об'єктів і явищ, які вивчають науки про Землю і суміжні з ними соціально-економічні науки, а також картографія і дистанційне зондування Землі (ДЗЗ).

У технологічному аспекті ГІС-технології є засобом збору, зберігання, перетворення, відображення і розповсюдження просторово-координованої географічної (геологічної, екологічної, економічної) інформації. І нарешті, з виробничої точки зору, ГІС є комплексом апаратних пристроїв і програмних продуктів (ГІС-оболонки), призначених для забезпечення управління і ухвалення рішень, отже, найважливіший елемент цього комплексу – автоматичні картографічні системи. Таким чином, ГІС може одночасно розглядатися як інструмент наукового дослідження, технологія і продукт ГІС-індустрії. Це достатньо типова ситуація на сучасному рівні науково-технічного прогресу, що характеризується інтеграцією науки, навчального процесу і виробництва.

ГІС-технології дозволяють сьогодні вирішувати різні задачі у всіх сферах діяльності людини, прогнозувати наслідки впливу антропогенної діяльності на природу, забезпечують прийняття оптимальних управлінських рішень на основі моделювання і картографування

навколишнього середовища, можуть працювати як інтегруючий елемент корпоративних інформаційних систем. В Україні розробка і впровадження ГІС-технологій у всі галузі економіки, в державне, регіональне і місцеве управління, а також у галузі, що зв'язані з агросферою та сільським господарством, знаходяться у стадії становлення. Створюються і розвиваються державні організації, підприємства, а також фірми, які активно впливають на формування ринку праці, підготовку фахівців, що користуються попитом. Під час підготовки фахівців з ГІС ключову роль відіграють університети, і особливо, їх магістерські програми, які відображають рівень розвитку кожної спеціальності у ВНЗ, що мають оперативно задовольняти попит на висококваліфікованих фахівців з ГІС різного спрямування та рівня.

Рівні фахівців з ГІС-технологій на сучасному ринку праці формуються такі: ГІС-спеціаліст, ГІС-аналітик, ГІС-програміст, ГІС-фахівець з моделювання і прогнозування об'єктів і процесів, що вивчаються, ГІС-технік, ГІС-проектний менеджер, керівник, який розуміє значення ГІС і вміє сформувати команду, ГІС-науково-педагогічний працівник тощо. Важливими фігурами в цій схемі є фахівці, які створюють ГІС, тобто проектують їх і впроваджують у виробництво. В проектах всіх ГІС обов'язковим блоком є управління, яке здійснюється на базі прогнозування. Основним інструментом прогнозування є моделювання.

Цей навчальний посібник підготовлений для дисциплін “Геоінформаційні системи”, які вивчаються згідно з навчальним планом і програмою (спеціалізації), які затверджені Міністерством аграрної політики України і Міністерством освіти і науки України для спеціальностей напрямів “Агрономія”, “Гідротехніка (водні ресурси)”.

Мета навчального посібника – надати теоретичні знання і практичні навички фахівцям, які здійснюють моделювання і прогнозування в проектах ГІС, призначених для агроєкосфери.

Агросфера вміщує широке коло напрямів науки і техніки, що пов'язані із Землею (Geo), землевпорядкуванням, землекористуванням, земельним кадастром, агрономією, землеробством, захистом рослин, гідромеліорацією, будівництвом, управлінням земельними і водними ресурсами, економікою природокористування, екологією, водними біоресурсами тощо. Особливістю книги є її практичне спрямування, в ній приведено значну кількість матеріалів досліджень і практичної діяльності авторів, прикладів реальних програм, призначених для застосування в проектах ГІС, пов'язаних з агроєкосферою. Навчальний посібник підготовлений колективом авторів – науково-педагогічними працівниками кафедри ГІС-технологій Херсонського державного аграрного університету, які розробляють новий перспективний науковий напрям відомої вітчизняної еколого-меліоративної наукової школи із

застосування ГІС-технологій під час вирішення складних агроеколого-меліоративних проблем та задач у галузі гідромеліорації, екології, управління водними і земельними ресурсами.

Навчальний посібник призначений для студентів, аспірантів і викладачів аграрних вищих навчальних закладів, які займаються проектуванням і управлінням проектами ГІС в агросфері, сільському господарстві, екології, меліорації ландшафтів, управлінні водними і земельними ресурсами.

Навчальний посібник є навчально-науковим виданням, де розглядають складні питання моделювання і прогнозування для геоінформаційних систем в агроєкосфері.

1. АГРОСФЕРА УКРАЇНИ У ХХІ СТОЛІТТІ

 У результаті вивчення цього розділу ви повинні знати:

- сутність понять: агросфера, складові агросфери, екологічна криза, природні умови, економічний потенціал, менталітет, модель агросфери;
- від чого залежить розвиток світового аграрного виробництва;
- до чого призвела кризова ситуація в агросфері;
- яку основну функцію для людини виконує агросфера;
- фактори, від яких залежить розбудова сталої агросфери ХХІ століття;
- головні умови формування економічної і культурної бази суспільства;
- для чого потрібна надійна модель агросфери України ХХІ століття;
- для чого потрібна агроекологія;
- застосування сучасних високих технологій.

 На основі набутих теоретичних знань ви повинні вміти:

- визначати сутність понять: агросфера, агросфера інерційна, кризова ситуація в агросфері, ландшафти у зоні зрошення і осушення;
- проводити аналіз кризової ситуації, яка виникла в агросфері;
- визначати фактори, від яких залежить розбудова сталої агросфери;
- надати характеристику моделі агросфери та її функції;
- визначати сутність розвитку аграрного виробництва.

КЛЮЧОВІ ТЕРМІНИ І ПОНЯТТЯ

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| ➤ агросфера | ➤ земельна реформа |
| ➤ біосфера | ➤ природні умови |
| ➤ фотосинтез | ➤ економічний потенціал |
| ➤ ноосфера | ➤ менталітет |
| ➤ агроландшафт | ➤ модель |
| ➤ агроєкосистема | ➤ системний аналіз |
| ➤ антропогенний тиск | ➤ високі технології |
| ➤ екологічна криза | |

1.1. Агросфера в Україні

Агросфера (від грецької *agros* – поле і *sphaira* – куля – сфера дії, межі розповсюдження будь-чого, наприклад сфера впливу) – новоутворена складова біосфери, яка знаходиться під постійним антропогенним впливом та є головним джерелом забезпечення населення продовольством і сировиною, середовище існування значної частини населення.

Розвиток світового аграрного виробництва значною мірою залежить нині від досягнень науково-технічного прогресу, які створюють умови для якісних змін в агросфері. Але як і мільярди років тому, життя на землі існує насамперед завдяки фотосинтезу, тобто зеленим рослинам, а людина – завдяки агросфері, яку вона створила, щоб нарощувати виробництво сільськогосподарської продукції, навіть ціною зростання витрат накопиченої енергії минулих біосфер.

Агросфера – надзвичайно інерційна система. За 10 тис. років, тобто з часу створення перших острівців аграрного виробництва, її фундаментальні основи мало змінилися. Нині вона займає майже всю придатну для неї частину суші. В її історії були дві “зелені революції”, зумовлені застосуванням мінеральних добрив та пестицидів і досягненнями селекції. Нині розпочалася нова “зелена революція”, і вона має призвести до кардинальних змін, пов'язаних з реалізацією в агросфері ідей В. І. Вернадського про ноосферу. Адже втілити ці ідеї в життя на урбанізованих територіях практично неможливо, бо на них відбувається не відтворення, а тільки споживання природних ресурсів.

Складові агросфери – культурні рослини, свійські тварини, оброблені ґрунти і пов'язані з ними організми (бур'яни, комахи, гриби, мікроорганізми, віруси, тваринний світ тощо), луки, пасовиська, сільські поселення, всі типи агроландшафтів, агробіоценозів і агроєкосистем.

Агросфера створена та існує завдяки розуму й діяльності людини, і тому є як природничою, так і соціальною категорією. Їй притаманні особливі фундаментальні закономірності внутрішнього розвитку, що є результатом взаємодії різних природних і соціально-економічних факторів.

В Україні агросфера охоплює понад 70% загальної території. Значного розвитку вона набула в ХІХ столітті. Головним протиріччям між агросферою і природним середовищем було розширення площ сільськогосподарського призначення. Однак дія антропогенних факторів у ті часи не призводила до глобального порушення стану природного середовища. Та, незважаючи на це, видатні вітчизняні вчені С. Погоський,

В. Докучаєв, П. Костичев, Г.Висоцький, О.Ізмаїльський, ще на рубежі минулого століття застерігали, що зростаючий антропогенний тиск на агросферу може спричинити екологічну кризу. Вони обґрунтували необхідність цілеспрямованих дій щодо збереження і відтворення природних ресурсів.

Ситуація почала швидко змінюватися в другій половині ХХ століття у зв'язку з активною індустріалізацією сільського господарства і зростаючим негативним впливом на агросферу промисловості та урбанізованих територій. Різко зросла розораність земель та інтенсивність їх обробітку, прискорила ерозія ґрунтів, їх деградація і забруднення. Поступово зникали малі річки, на значних територіях порушувався гідрологічний і ґрунтово-гідрогеологічний режими.

У цей період було проведено значну роботу із землевпорядкування, запровадження сівозмін, агролісомеліорації, гідромеліорації. Розширилося застосування мінеральних і органічних добрив, внаслідок чого значно підвищилася продуктивність рослинництва, збільшилося поголів'я тварин. У 80-х роках ХХ століття почали впроваджувати розроблену вітчизняними вченими ґрунтозахисну контурно-меліоративну систему землеробства, розроблено і впроваджуються основи ландшафтного землеробства і ландшафтних меліорацій [10].

Але сьогодні в агросфері України зростає екологічна криза, яка особливо загострилася після Чорнобильської трагедії. Її посилюють економічна криза і прояви глобальних змін клімату.

1.2. Екологічна криза в агросфері України

Індустріалізація сільськогосподарського виробництва і вплив техносфери призвели до загострення ситуації в агросфері багатьох розвинених країн (США – ерозія охопила 25% земель; Туреччина – 85% тощо). Щороку у Світі від ерозії втрачається 10 млн га.

Кризова ситуація в агросфері призвела до того, що у багатьох країнах було прийнято систему законодавчих актів з охорони землі, екологічного регулювання основних видів діяльності в аграрному виробництві і обмеження негативного впливу на нього промисловості та урбанізованих територій, було створено спеціальні державні служби, які шляхом дорадництва, різних премій і штрафів, зниження податків, пільгових кредитів, значних дотацій, цільових державних інвестицій допомагають фермерам та іншим землекористувачам дотримуватися вимог агроекології.

Державне регулювання процесів експлуатації ресурсів агросфери стало особливо актуальним у зв'язку з тим, що на основній частині землі сільськогосподарського використання у більшості розвинених країн нині господарюють не власники, а орендарі. Зрозуміло, що вони передусім дбають про прибуток, а не про збереження чужої землі і довкілля. Це ж стосується і земель, що перебувають у власності держави, площа яких, до речі, у багатьох країнах досить швидко зростає.

Водночас у найблагополучніших, з цього погляду, регіонах останнє десятиліття пройшло під знаком нового агроекологічного підходу до аграрного виробництва, в Україні, як і в інших державах, тривають процеси, які продовжують руйнацію агросфери. Хаотична аграрна і земельна реформи 90-х років здійснювалися без чіткої стратегії і ясної кінцевої мети, які далеко не завжди базувалися на прогнозуванні можливих наслідків тих чи інших заходів.

Повернення певною мірою до натурального господарства, а також зменшення техногенного тиску на агросферу в зв'язку із згортанням промислового виробництва, особливо важкої індустрії, не поліпшило екологічну ситуацію в агроландшафтах і на сільських територіях. Не припинилися процеси водної ерозії, зросла забур'яненість полів, знижується родючість ґрунтів у зв'язку з перевищенням виносу поживних елементів над їх внесенням з добривами.

У критичному стані опинилися ландшафти у зоні зрошення і осушення внаслідок руйнації меліоративних систем. Виникла екологічна криза на більшості сільських територій, оскільки саме тут зосередилися тваринництво, кормовиробництво, застосовуються мінеральні добрива і пестициди. Особливо негативно це позначилося на якості питної води. В окремих сільських колодязях уміст нітратів перевищував гранично-допустиму концентрацію (45 мг/л) у 30 разів, постійно погіршується якість зрошуваної води.

Таким чином, на початку XXI століття аграрна галузь України отримала у спадщину наслідки економічної та екологічної кризи. Але вже з 2000 року намітилися позитивні зрушення в аграрному виробництві, спрямовані на відродження села.

Безперечно, функцію основного годувальника людини агросфера виконуватиме завжди. Але ця мета повинна досягатися на основі пріоритетності збереження природних ресурсів, поліпшення якості продукції, значного підвищення ефективності використання сонячної енергії, інтенсифікації мікробіологічних процесів у ґрунті як важливої ланки кругообігу речовин в агроєкосистемах, зокрема біологічної азотфіксації. Це потребує не тільки нових шляхів розв'язання проблем соціально-економічних відносин у сфері аграрного виробництва, а й нових взаємовідносин між агросферою, техносферою і урбосферою, застосування високих енергозберігальних природоохоронних технологій.

Нині уряд України визначає шляхи розвитку як аграрного виробництва, так і агросфери загалом. Для Херсонської області розроблена стратегія економічного та соціального розвитку регіону до 2015 року та управління процесами розвитку регіону до 2020 року. В основу стратегії покладено вирішення економічних та соціальних проблем. Визначені стратегічні пріоритети (розвиток високопродуктивного агропромислового комплексу, в т.ч. зрошувального землеробства; туристично-рекреаційного комплексу; захист територій від підтоплення; водозабезпечення; впровадження ресурсо- і енергозберігальних технологій тощо), які забезпечать оптимальне використання ресурсів та природного потенціалу регіону.

Сільськогосподарський комплекс України має перейти на систему ландшафтних меліорацій, адаптивні системи землеробства вирощування екологічно чистої продукції. Заплановано розвиток зрошувального землеробства і гідромеліорації, які забезпечать ефективне використання земельних і водних ресурсів. Багатогалузевість сільського господарства забезпечить ефективний розвиток усіх стратегічних пріоритетів країни.

1.3. Умови для розбудови сталої агросфери XXI століття

Розглянемо умови для розбудови сталої агросфери XXI століття в Україні. Посилаючись на праці Т. Ривса, можна визначити чотири фактори, від яких залежить успіх у цій справі та співвіднести ці базові умови з нашими реаліями (рис. 1.1):

Фактор 1 – природні умови. Грунтово-кліматичні умови більшості регіонів України сприятливі для ведення ефективного сільського господарства. До того ж, на відміну від Західної Європи, в Україні може ефективно функціонувати аграрний сектор за порівняно обмежених обсягів енергетичних ресурсів, техніки, добрив тощо.

Фактор 2 – економічний потенціал. Розробка державних програм, залучення інвестицій та коштів виробників.

Фактор 3 – менталітет. Його формування значною мірою залежить від рівня культури, освіти і науки. Система освіти, яка існувала в Україні у попередні десятиліття, забезпечила досить високий рівень знань для освоєння новітніх ідей і технологій. Надзвичайно важливим фактором є наявність в Україні потужного наукового потенціалу. Передусім це система Національної академії наук України і досить розвинена аграрна наука, де особлива увага приділяється таким напрямкам, як агроекологія, землеробство, гідромеліорація. В аграрних

університетах є екологічні факультети, де готують фахівців за напрямом “Агроеколог”.

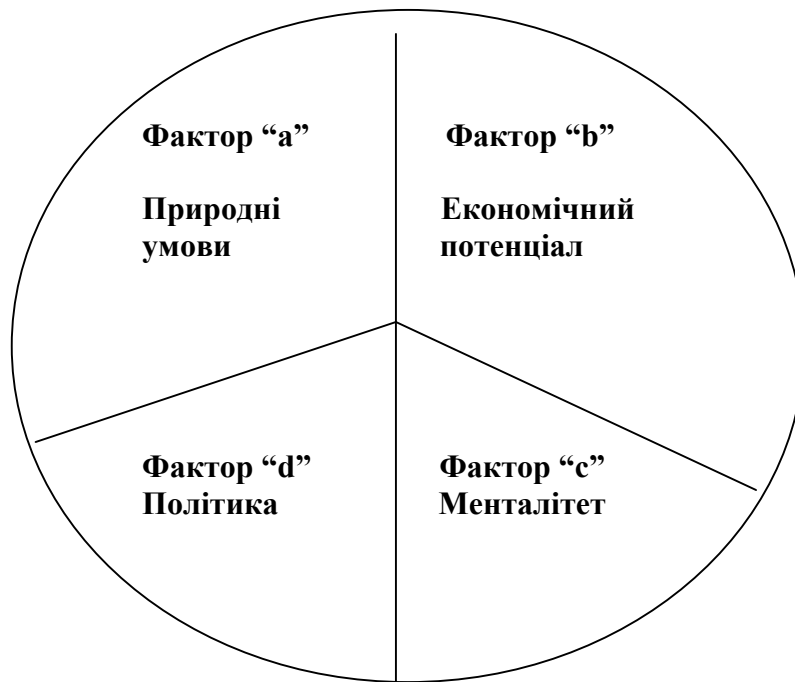


Рис. 1.1. Чотири фактори умов для розбудови сталої агросфери

Рівень культури як кожної людини, окремо, так і нації загалом є найважливішим фактором, який впливає на управлінські рішення, дотримання законодавства, патріотизм, політику, економіку і рівень життя. В менталітеті нації важливим є оптимістичне спрямування діяльності людей, їх стосунки та відповідальність влади перед людьми, які її обрали, та розвитком країни.

Фактор 4 – політика. Це одна з найгостріших проблем – війни, використання родючих ґрунтів під стратегічні об’єкти та захоронення шкідливих речовин, будівництво в природоохоронних зонах, скиди стічних вод в річки та водойми, порушення природоохоронного законодавства і науково обґрунтованих агротехнологій та інше.

1.4. Модель агросфери України XXI століття

Щоб досягти високого і стабільного рівня випуску конкурентоспроможної продукції, забезпечити збереження природних ресурсів, необхідно мати можливість приймати як довгострокові, так і оперативні рішення на підставі інформації про ті процеси, що відбуваються на регіональних і світових ринках продукції, і, крім того, здійснювати постійну корекцію технологій на основі даних про атмосферні і ґрунтово-гідрологічні, ландшафтні процеси, поширення шкідників і хвороб, про ефективні засоби захисту від них та взагалі про все, що має значення для успішного аграрного виробництва.

Сьогодні дуже актуальним є завдання створення у державі за порівняно короткий період розгалуженої інформаційної системи як безпосередньо для виробників, науковців, менеджерів державного управління. У світі швидкими темпами розвиваються інформаційні технології, в тому числі Інтернет, і якщо Україна зуміє оперативно “вписатися” у ці глобальні процеси, наша агросфера може вийти на нові, сучасні рубежі за рівнем інформатизації та екологічного стану.

Специфікою аграрного виробництва є те, що для його відновлення потрібна свідома участь у цьому процесі величезної кількості людей – від керівників підприємств до мільйонів власників особистих господарств. І всі вони мають усвідомити, що інформатизація – це одна з головних умов формування сучасної економічної і культурної бази суспільства, тому і для піднесення агросфери України її значення є вирішальним.

Проте для того, щоб досягти цієї мети, необхідно мати надійну модель агросфери України XXI століття. Побудована вона має бути на базі усталених принципів сільськогосподарської, економічної і екологічної науки, а також з урахуванням механізмів, що діють в агросфері як частині біосфери. Крім того, вона має спиратися на досягнення сучасної біології, екології, інформатики, техніки і технологій які розвиваються прискореними темпами.

Для розробки такої моделі необхідно застосувати сучасні методи якісного **системного аналізу**, які широко використовуються для технологічного передбачення (Делфі, Сааті, Бейеса тощо). Основним шляхом реалізації цих моделей має стати інноваційний розвиток з використанням високих, у першу чергу комп'ютерних технологій. Враховуючи надзвичайну багатофакторність процесів, що відбуваються в агросфері, на першому етапі доцільно будувати системні моделі з урахуванням ключових факторів, формування процесів, що вивчаються. Більш надійне прогнозування можна здійснювати на рівні окремих агроecosystem і навіть господарств та ділянок.

Моделювання агросфери успішно здійснюється в Інституті агроекології та біотехнології УААН, ці розробки користуються попитом у різних суб'єктів господарювання. Але, на жаль, у процесі аграрної реформи сучасні системні методи прогнозування майже не використовуються. А тим часом аналіз, виконаний з допомогою найпростіших методів Делфі (метод експертного оцінювання), свідчить, що здійснені кроки щодо сертифікації землі і майна вже створили значні труднощі для розбудови сталої агросфери. А якщо в подальшому виділятимуться земельні паї, особливо без попереднього вилучення із землекористування ерозійно небезпечних, водоохоронних і непродуктивних земель, то це взагалі призведе до втрати можливості побудувати сталу агросферу.

Успіх у розв'язанні цих проблем залежить від усвідомлення як науковцями, так і вищим ешеленом влади того, що сучасна агросфера — це не тільки і не стільки одна з галузей економіки, скільки частина біосфери з притаманними їй закономірностями кругообігу енергії і речовин, специфічною біотою, де дії людини справляють значно більший вплив, ніж процеси у глобальній біосфері Землі.

Так склалося, що в Україні створено умови для того, щоб країна, підіймаючи своє сільське господарство, могла однією з перших реалізувати ідею агросфери-ноосфери і наочно довести людству можливість розв'язання ряду проблем розвитку цивілізації у ХХІ столітті. Важливе значення для формування сталої агросфери має відповідна підтримка розвитку вітчизняної агроекології як фундаментальної і прикладної науки. До агроекології відносять майже всі дослідження, що стосуються традиційного землеробства, ґрунтознавства, агрохімії, меліорації тощо.

Тим часом **агроекологія** – це наука про формування сталої агросфери. Вона покликана шукати шляхи розв'язання відповідних проблем як для сьогодення, так і для майбутнього.

1.5. Розвиток світового аграрного виробництва

Екологічна ситуація у світі на межі тисячоліть поставила наш народ перед жорстким вибором: або шляхом активного застосування в усіх сферах виробництва надбань культури, науки, високих технологій, екологічного підходу перейти на засади сталого розвитку і увійти до кола культурних, розвинених країн, або йти тупиковим шляхом – стати джерелом природних та людських ресурсів для тих держав, які розбудовують постіндустріальну економіку.

Природно, що культурні, розвинені нації, які забезпечують весь світ технологічними інноваціями, піклуються насамперед про себе і не дуже заклопотані розширенням меж “золотого мільярда”. Навпаки, вони намагаються зберегти своє лідерство. Тому для України настав “час істини”. Ми не маємо права втратити свій шанс, як уже неодноразово було в історії. Наше майбутнє залежить від нас самих.

Під час перебудови соціально-економічних відносин в агросфері основою товарного виробництва мають стати великі і середні господарства з оптимальним розміром землекористування, що здатні застосовувати сучасні **науково обґрунтовані технології**, енергонасичену техніку, добрива, біологічні препарати, і при цьому спрямовувати частину прибутків на розв'язання екологічних проблем. Система таких, певною мірою економічно самостійних господарств створить середовище для ринкової конкуренції і водночас зможе підтримувати місцеві бюджети і допомагатиме розв'язувати соціальні проблеми села. А невеликі ферми та особисті господарства виконуватимуть роль своєрідної стабілізуючої системи, здатної пом'якшити соціальні протиріччя і заповнити ніші, які не спроможні зайняти великі господарства. Зокрема, вони зможуть так само, як і численні малі фірми у розвинених державах, бути осередками випробування нових ідей і технологій, що у подальшому використовуватимуть великі компанії. Але вся ця система має функціонувати з допомогою і під контролем держави на основі реалізації принципів і законів, спрямованих на захист агросфери і людини.

Реалізація оптимальної стратегії розвитку аграрного виробництва України неможлива без орієнтації на новітні досягнення біологічної науки. Адже основою функціонування **агросфери** завжди будуть різні форми живої речовини – рослини, тварини, мікроорганізми і навіть віруси. Нині біологічна наука стає поряд з інформатикою головною рушійною силою, яка визначатиме майбутнє людства, в тому числі і можливості розв'язання проблем агроекології.

Серед останніх важливих надбань біології – розширення можливостей селекції, передусім рослин і тварин. Досягнення біологічної

науки відкрили для селекції можливість створення якісно нового покоління сортів рослин, здатних протистояти посухам, перезволоженню, засоленню і закисненню ґрунтів, стійких до хвороб і шкідників. Саме завдяки їм можна формувати врожаї зі широким спектром показників, які є ознакою високої якості, забезпечувати інтенсифікацію біологічної фіксації азоту, мобілізацію фосфору тощо. У досягненні цієї мети важливе місце належить біотехнології, в тому числі генетичній інженерії.

Завдяки розвитку екології, генетики і біотехнології якісні зміни відбуваються не тільки в рослинництві, а й тваринництві, переробці та збереженні продовольства, а взагалі в аграрному виробництві. Тому надзвичайно важливо, щоб на найвищому державному рівні було розуміння необхідності комплексно підтримувати розвиток біотехнології і використовувати їх надбання в агросфері.

Завдання для самостійного опрацювання

1. Опрацювати глосарій основних термінів та понять.
2. Визначити шляхи застосування ГІС-технологій під час управління сільськогосподарським виробництвом в аграрних технологіях, в екології.

Запитання для обговорення на семінарському занятті

1. Що розуміють під терміном агросфера?
2. Складові агросфери.
3. Чому агросфера інерційна?
4. Місце агроландшафту в агросфері.
5. До основних екологічних проблем агросфери України відносять...
6. Фактори, від яких залежать умови для розбудови сталої агросфери ХХІ століття.
7. Суть моделі агросфери України ХХІ століття.
8. Визначення термінів: інформація, ІТ, ГІС/Ю ПІС.
9. Роль ГІС у розвитку аграрного виробництва.
10. Чим відрізняється агробіоценоз від агроєкосистеми?
11. Оцінювання комплексного впливу Чорнобильської техногенної катастрофи на агросферу України.
12. Вплив глобальних змін клімату.
13. Причини ерозії, вторинного засолення і осолонцювання ґрунтів, підтоплення земель.
14. Що таке “Ноосфера” за В.І. Вернадським?
15. Визначення термінів “Агроконсалтинг”, “Високі технології”.



Теми для рефератів та доповідей

1. Автоматизовані технології ГІС.
2. Геоінформаційні технології в реалізації сталої агросфери ХХІ століття.
3. Створення системної моделі агросфери України ХХІ століття з урахуванням ключових факторів.
4. Оцінювання ґрунтово-земельних ресурсів з урахуванням ГІС-технологій.
5. Застосування ГІС-технологій під час визначення можливих шляхів для розвитку світового аграрного виробництва.
6. Застосування ГІС-технологій для еколого-меліоративного моніторингу.
7. Вплив Чорнобильської техногенної катастрофи на агросферу України (вода, земля, люди, тварини...)
8. Вплив глобальних змін клімату на агроєкосистеми, ландшафти, землеробство, сільське і водне господарство.
9. Агроєкологія – наука про формування сталої агросфери.
10. Комплексна підтримка розвитку біотехнології і використання її надбанню в агросфері.
11. Екологічна ситуація у світі і Україні на початку ХХІ століття.



ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

| | |
|----------|--|
| 1 | Причини, що призвели до загострення екологічної ситуації в агросфері України? |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Військові дії.2. Індустріалізація сільськогосподарського виробництва і вплив техносфери, порушення екологічного законодавства.3. Активізація вулканів. |
| 2 | Головна мета агросфери. |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Вилучення корисних копалин.2. Зелений туризм.3. Виробництво сільськогосподарської продукції. |
| 3 | Скільки факторів для розбудови сталої агросфери XXI століття в Україні наводить Т. Ривс? |
| | <ol style="list-style-type: none">1. 2.2. 6.3. 4. |
| 4 | Внаслідок чого у критичному стані опинилися землі зон зрошення і осушення? Основна причина. |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Внаслідок руйнації меліоративних систем.2. Відсутність кваліфікованих працівників.3. Зміна клімату. |
| 5 | Дайте визначення терміну “Агросфера” із соціальної точки зору. |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Новоутворена складова біосфери, яка знаходиться під постійним антропогенним впливом.2. Головне джерело забезпечення населення продовольством і сировиною.3. Середовище існування значної частини населення. |

| | |
|----------|--|
| 6 | Що вивчає агроекологія? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Це наука про формування сталої агросфери. 2. Наука, що покликана шукати шляхи розв'язання проблем сьогодення. 3. Наука про ГІС. |

| | |
|----------|---|
| 7 | Складові агросфери. |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Пансіонати, пляжі, оздоровчі комплекси. 2. Всі типи агроландшафтів, агробіоценозів і агроєкосистем. 3. Бур'яни, комахи, гриби, мікроорганізми, віруси, тваринний світ. |

| | |
|----------|---|
| 8 | Що таке ГІС? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Це сучасна комп'ютерна технологія для картування і аналізу об'єктів реального світу, також подій, що відбуваються на нашій планеті. 2. Традиційні операції роботи з базами даних. 3. Технологія, яка об'єднує запит і статистичний аналіз. |



ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ

1. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Кошкарев А.В., Сарапинас Б.Б., Филиппов Ю.А. Толковый словарь по геоинформатике ; под ред. А.М. Берлянта и А.В.Кошкарева. – Издание на CD-ROM. ГИС – обозрение, 1998. – 142 с.
2. Ваничкин С.С., Велицкий А.Ю., Кряженков К.Г., Малиновкин А.В., Фроловичев С.С. Лекционный курс по дисциплине «Геоинформационные системы» ; под ред. В.А.Мордвинова. – М. : ГНИИ ИТТ «ИНФОРМИКА», МИРЭА, МГДД(Ю)Т, 2001 – С. 80.
3. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов ; под ред. А.М. Берлянта и А.В. Кошкарева. – М. : ГИС Ассоциация, 1999. – 204 с.
4. Де Мерс. Географические информационные системы ; пер. с англ. / Мерс Де, Н. Майкл. – М. : Дата⁺, 1999. – 489 с.
5. Коновалова Н.В. Введение в ГИС : учеб. пособ. / Н.В. Коновалова, Е.Г. Капралов. – М. : Библион, 1997. – 160 с.
6. Подборка материалов по ГИС на информационном сайте www.ksau.kherson.ua
7. Програма навчальної дисципліни Геоінформаційні системи в агросфері. – К., 2009.
8. Морозов В.В. Геоінформаційні системи (ГІС) в агросфері / В.В. Морозов, К.С. Лисогоров, Н.М. Шапоринська. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2007.
9. Лазер П.Н. Инструментарій і технології організації інформації в землеробстві : навч. посіб. [для студ. агроном. спец.]. / П.Н. Лазер, Є.К. Міхеєв. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. – 372 с.
10. Лисогоров К.С. Агроекологічний стан зрошуваних земель та шляхи його поліпшення / К.С. Лисогоров, В.В. Колесніков, Н.М. Шапоринська // Таврійський науковий вісник. – Херсон : Айлант, 2007. – Вип. 48.– С. 152-157.

2. ГЕОГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ (ГІС)

 У результаті вивчення цього розділу ви повинні знати:

- визначення: геоінформаційні системи (ГІС), географічний аналіз, апаратні засоби, програмне забезпечення, база даних, дистанційне зондування Землі (ДЗЗ);
- переваги ГІС;
- п'ять ключових складових ГІС;
- створення карт за допомогою ГІС;
- функції геоінформаційних систем;
- векторну та растрову моделі ГІС;
- завдання, які вирішують ГІС;
- можливості ГІС;
- сфери та рівні застосування ГІС;
- суть геоінформаційного картування;
- використання ГІС у сільському і водному господарстві;
- ГІС для управління;
- використання ГІС для ефективної роботи в агросфері;
- ГІС у дорадництві та екологічному аудиті;
- дистанційне зондування Землі;
- нові прикладні сфери застосування ГІС.

 На основі набутих теоретичних знань ви повинні вміти:

- визначати сутність понять: геоінформаційні системи, географічний аналіз, апаратні засоби, програмне забезпечення ГІС, бази даних, фахівці-професіонали, науково-методичне забезпечення, оцифрування, маніпулювання, управління проектами ГІС, буферизація, візуалізація, карта, зв'язані технології, система САПР, дистанційне зондування Землі і GPS, точне землеробство, дорадництво, екологічний аудит;
- охарактеризувати п'ять складових ГІС: апаратні засоби, програмне забезпечення, бази даних, виконавці, науково-методичне забезпечення, методи;
- визначати функції ГІС, її суть;
- дати визначення, та аналізувати роботу растрової та векторної моделей;

- визначати переваги і недоліки векторної та растрової моделей даних;
- надати характеристику процедур (завдань), які виконує ГІС: введення, маніпулювання, управління, запит і аналіз, візуалізація;
- орієнтуватись в роботі настільних картографічних систем (*desktop mapping*), систем САПР (CAD), дистанційного зондування (*remote sensing*), систем управління базами даних (СУБД або DBMS) і технології глобального позиціонування (GPS);
- аналізувати можливості ГІС (просторові запити, проведення аналізу, поліпшення інтеграції усередині організації, ухвалення більш обґрунтованих рішень, створення карт на основі баз даних);
- згрупувати різноманітність сфер використання ГІС, їх видів і типів, що різняться з тематики, просторового масштабу і призначення;
- надати характеристику, напрямки роботи та сутність геоінформаційного картографування;
- аналізувати стан використання ГІС у сільському і водному господарстві (ГІС для управління, використання ГІС для ефективної роботи в агросфері, дорадництві та екологічному аудиті, дистанційне зондування Землі);
- навести приклади нових прикладних областей застосування ГІС у сільському господарстві.

| КЛЮЧОВІ ТЕРМІНИ І ПОНЯТТЯ | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ географічний аналіз ➤ інформаційні системи ➤ апаратні засоби ➤ геоінформаційні системи ➤ програмне забезпечення ➤ бази даних ➤ фахівці-професіонали ➤ програмні продукти ➤ науково-методичне забезпечення ➤ векторна і растрова моделі ➤ точкові та лінійні об'єкти ➤ оцифрування ➤ дигітайзер ➤ буферизація ➤ інтеграція даних | <ul style="list-style-type: none"> ➤ візуалізація ➤ карта ➤ зв'язані технології ➤ система САПР ➤ СУБД ➤ атрибутивна інформація ➤ просторові запити ➤ геоінформаційне картографування ➤ бази знань ➤ GPS ➤ дорадництво ➤ екологічний аудит ➤ ГІС-пакет ➤ точне землеробство ➤ Дистанційне зондування Землі |

2.1. ГІС: визначення, складові частини, функції, можливості, сфери та рівні застосування

2.1.1. ГІС: визначення і переваги

ГІС – це сучасні комп'ютерні технології для картування і аналізу об'єктів реального світу, також подій, що відбуваються на нашій планеті. Ці технології об'єднують традиційні операції роботи з базами даних, такими як запит і статистичний аналіз, з перевагами повноцінної візуалізації і географічного (просторового) аналізу, які надає карта. Ці можливості відрізняють ГІС від інших інформаційних систем і забезпечують унікальні можливості для її застосування в широкому спектрі завдань, пов'язаних з аналізом і прогнозом явищ і подій навколишнього світу, з осмисленням і виділенням головних чинників і причин, а також їх можливих наслідків, з плануванням стратегічних рішень і поточних наслідків дій, що здійснюються [3,6,7].

Створення карт і географічний аналіз не є чимось абсолютно новим. Проте, ГІС-технології надають новий, більш відповідний сучасності, ефективніший, комплексний, системний зручний і швидкий підхід до аналізу проблем і вирішення задач, що стоять перед людством, і конкретною організацією або групою людей зокрема. ГІС автоматизує процедуру аналізу і прогнозу. До початку застосування ГІС лише небагато фахівців володіли **мистецтвом** узагальнення і повноцінного аналізу географічної інформації з метою обґрунтованого ухвалення оптимальних рішень, заснованих на сучасних підходах і засобах (системний підхід, комп'ютерні засоби тощо).

Якщо обійтися без визначень, а обмежитися описом, то ГІС-технології об'єднують традиційні операції під час роботи з базами даних (БД), такими як запит і статистичний аналіз, з перевагами повноцінної візуалізації і географічного (просторового) аналізу, які надає карта. Ці можливості відрізняють ГІС від інших інформаційних систем і технологій (ІТ) і забезпечують унікальні можливості для їх застосування в широкому спектрі завдань, пов'язаних з аналізом і прогнозом явищ та подій навколишнього світу, з осмисленням і виділенням головних чинників і причин, а також їх можливих наслідків, з плануванням стратегічних рішень і поточних наслідків практичних дій.

На перший погляд достатньо очевидним є тільки застосування ГІС-технологій в підготовці і роздрукуванні карт і, можливо, в обробці аеро- і космічних знімків. Реальний же спектр застосувань ГІС-технологій набагато ширше – вони є носієм нового напрямку

людської діяльності, і розвиток сучасного суспільства вже заснований на них (рис. 2.1).

Так, за даними компанії Dataquest, у 1997 році загальний продаж програмних ГІС-технологій перевищив 1 млрд дол. США, а з урахуванням супутніх програмних і апаратних засобів ринок ГІС наближається до 10 млрд [7].

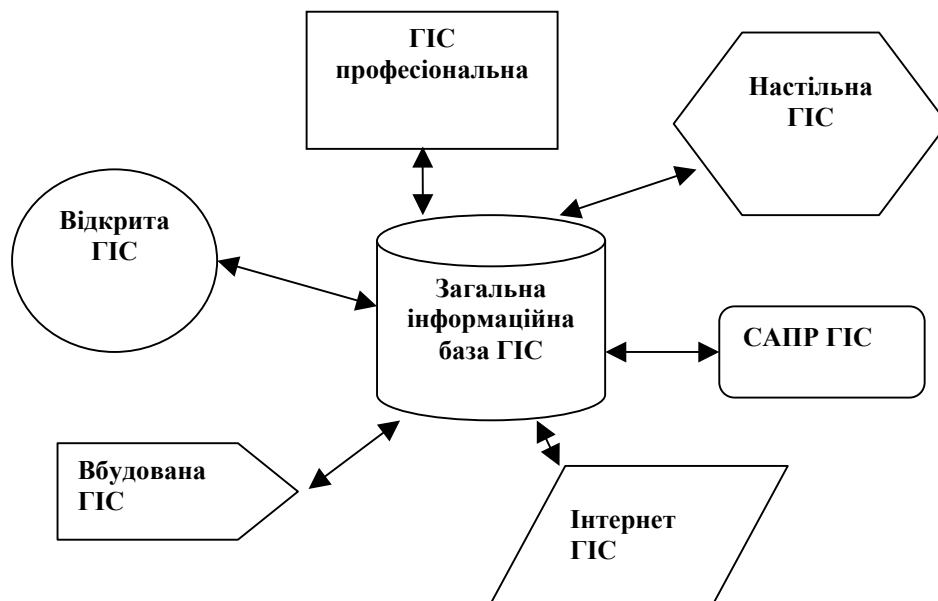


Рис. 2.1. Засоби використання ГІС (GIS)

ГІС вивчають у школах, коледжах і університетах. Ці технології застосовують практично у всіх сферах людської діяльності – будь то аналіз таких глобальних проблем, як перенаселення, забруднення території, голод і перевиробництво сільськогосподарської продукції, скорочення лісових угідь, природна катастрофи, так і рішення приватних задач, таких як пошук якнайкращого маршруту руху між пунктами, підбір оптимального розташування нового офісу, пошук будинку за його адресою, прокладення трубопроводу або лінії електропередачі на місцевості, різні муніципальні завдання, типу реєстрації земельної власності. Як же вдається за допомогою ГІС-технологій вирішувати такі різні задачі? Щоб це зрозуміти, розглянемо послідовно організацію, структуру, роботу і приклади застосування ГІС.

2.1.2. Складові частини ГІС

ГІС включає п'ять основних ключових складових: апаратні засоби, програмне забезпечення, дані, виконавці і методи (рис. 2.2).

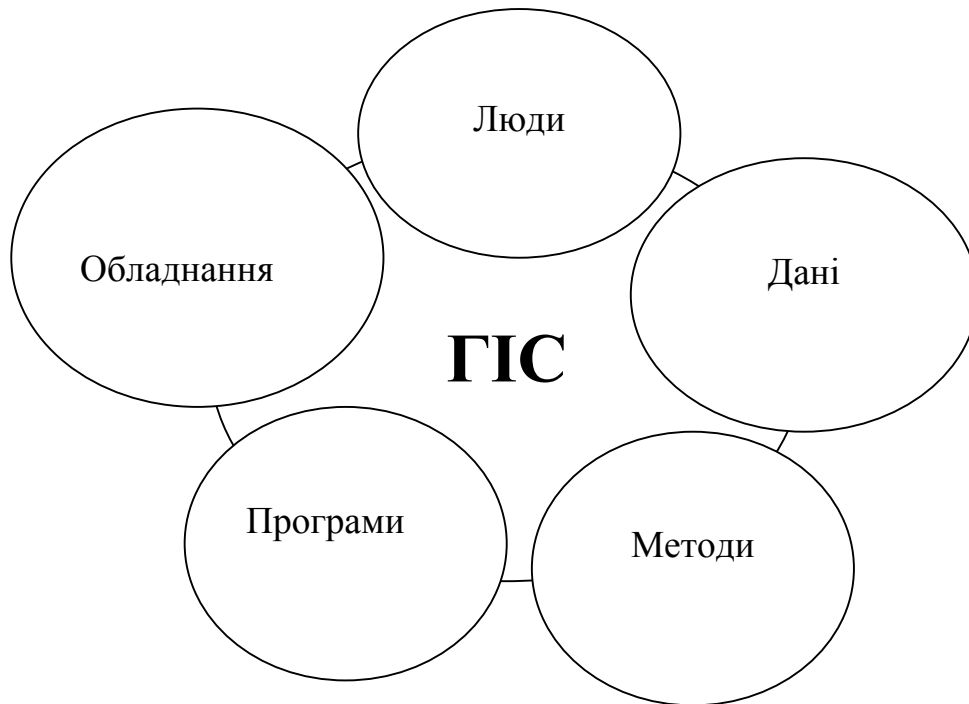


Рис. 2.2. Складові ГІС

Апаратні засоби. Це комп'ютери, на яких запущена ГІС. Сьогоднічас ГІС працюють на різних типах комп'ютерних платформ, від централізованих серверів до окремих або зв'язаних мережею настільних комп'ютерів.

Програмне забезпечення ГІС містить функції і інструменти, необхідні для зберігання, аналізу і візуалізації географічної (просторовій) інформації. Ключовими компонентами програмних продуктів є: інструменти для введення і операцій з географічною інформацією; система управління базою даних (DBMS або СУБД); інструменти підтримки просторових запитів, аналізу і візуалізації (відображення); графічний призначений для користувача інтерфейс (GUI або ГІІ) для легкого доступу до інструментів і функцій.

Бази даних. Найбільш важливий компонент ГІС – “Серце ГІС”. Дані про просторове положення (географічні дані) і пов'язані з ними табличні дані може збирати і готувати сам користувач, або отримувати у постачальників на комерційній або іншій основі.

У процесі управління просторовими даними ГІС інтегрує просторові дані з іншими типами і джерелами даних, а також може застосовувати системи управління базами даних (СУБД), що впроваджуються багатьма організаціями для впорядкування і підтримки наявних в їх розпорядженні даних.

Фахівці – професіонали. Широке застосування ГІС-технологій неможливо без людей, які працюють з програмними продуктами і розробляють плани їх використання під час рішення реальних задач. Користувачами ГІС можуть бути як технічні фахівці, які розробляють (проектують) і ті, що підтримують систему, а також і звичайні співробітники (кінцеві користувачі), яким ГІС допомагає вирішувати поточні щоденні справи і проблеми.

Науково-методичне забезпечення. Успішність і ефективність (зокрема економічна) застосування ГІС багато в чому залежить від раціонального складеного плану і правил роботи, які складаються відповідно до специфіки завдань і роботи кожної організації, галузі, господарства, ділянки (наприклад, краплинного зрошення).

2.1.3. Функції геоінформаційних систем (ГІС)

ГІС зберігають інформацію про реальний світ у вигляді набору тематичних шарів, які об'єднані на основі географічного положення. Цей простий, але дуже гнучкий підхід довів свою цінність під час рішення різноманітних реальних задач: для відстежування пересування транспортних засобів і матеріалів, детального відображення реального стану і планованих заходів, моделювання глобальної циркуляції атмосфери [7,8].

Будь-яка географічна інформація містить відомості про просторове положення об'єкта, будь то прив'язка до географічних або інших координат, або посилання на адресу, поштовий індекс, виборчий округ або округ перепису населення, ідентифікатор земельної або лісової ділянки, зрошувальної системи, назва дороги або кілометровий стовп на магістралі і інше.

Під час використання подібних посилань для автоматичного визначення місцеположення об'єкта (об'єктів) застосовується процедура геокодування. За допомогою ГІС можна швидко визначити і подивитися

на карті, де знаходиться об'єкт, що вас цікавить, або будинок, в якому проживає ваш знайомий, або знаходиться потрібна вам організація, де відбувся землетрус або повінь, за яким маршрутом простіше і швидше дістатися потрібного вам пункту або будинку, як розподіляються забруднення у разі скиду стічних вод у водоймищах тощо.

2.1.4. Векторна і растрова моделі ГІС

Векторна і растрова моделі. ГІС може працювати з двома типами даних, що істотно відрізняються, – векторними і растровими. У векторній моделі інформація про точки, лінії і полігони кодується і зберігається у вигляді набору координат X, Y (у сучасних ГІС додається третя просторова і четверта – часова координата). Місцеположення точки (точкового об'єкта), наприклад бурової свердловини, описується парою координат (X, Y) . Лінійні об'єкти, такі як дороги, річки або канали чи трубопроводи, зберігаються як набори координат X, Y . Полігональні об'єкти, типу річкових водозборів, зрошуваних масивів, земельних ділянок або областей обслуговування, зберігаються у вигляді замкненого набору координат.

Векторна модель особливо зручна для опису дискретних об'єктів (рис. 2.3) і менше підходить для опису безперервно змінних властивостей, таких як щільність населення або доступність об'єктів.

Растрова модель оптимальна для роботи з безперервними властивостями. Растрове зображення є набором значень для окремих елементарних складових (осередків), воно подібно до відсканованої карти або картинки (рис. 2.4). Обидві моделі мають свої переваги і недоліки. Сучасні ГІС можуть працювати як з векторними, так і растровими моделями даних.

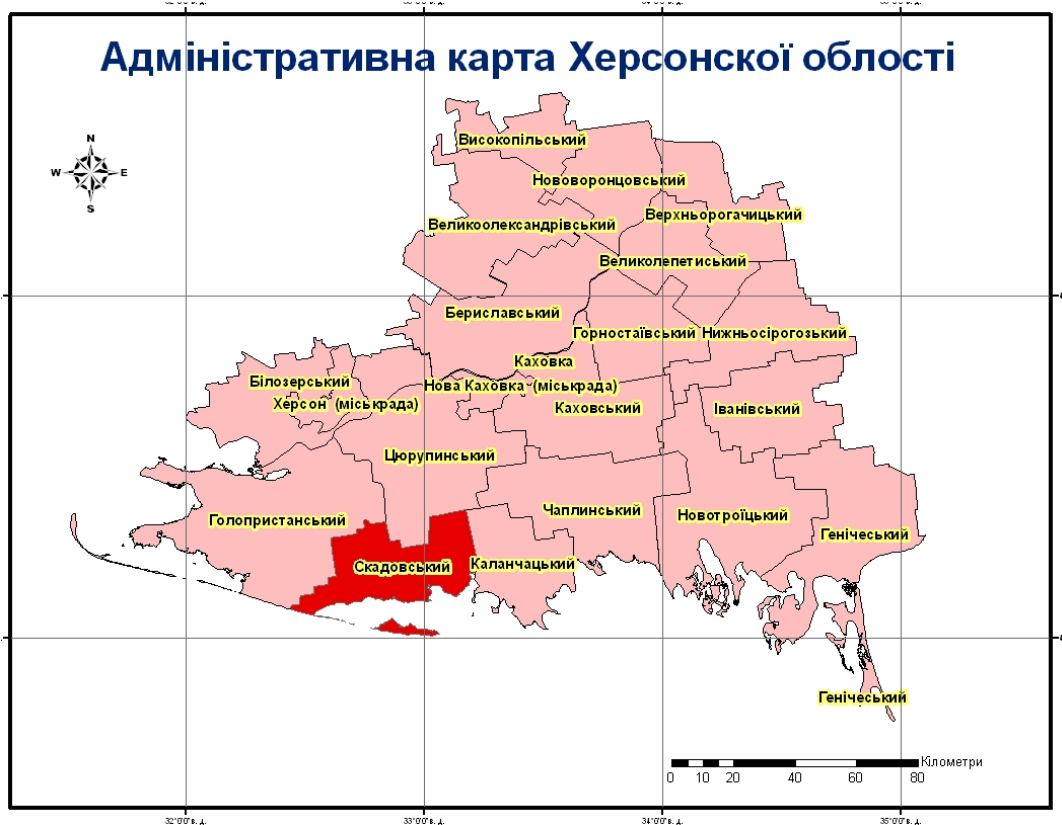


Рис. 2.3. Векторна модель ГІС (Херсонська область)

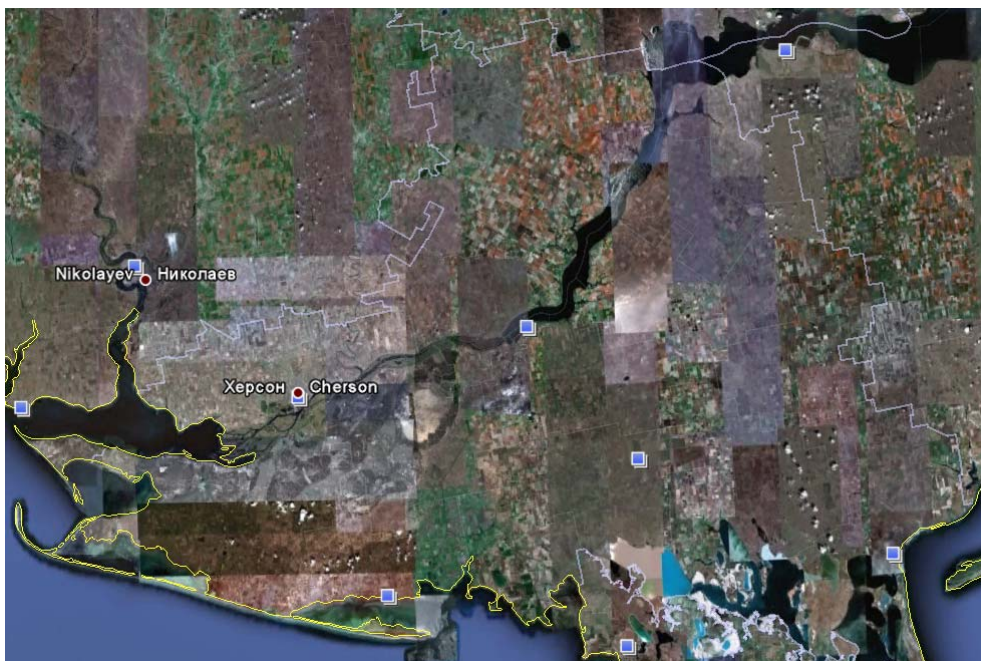


Рис. 2.4. Растрова модель ГІС (Херсонська область)

2.1.5. Завдання, які вирішують ГІС

ГІС загального призначення, зазвичай, виконує п'ять процедур (завдань) з даними: введення, маніпулювання, управління, запит і аналіз, візуалізація.

Введення. Для використання в ГІС дані повинні бути перетворені у відповідний цифровий формат. Процес перетворення даних з паперових карт у комп'ютерні файли називається **оцифруванням**. У сучасних ГІС цей процес може бути автоматизований із застосуванням технології **сканера**, що особливо важливе під час виконання крупних проектів, або, порівняно невеликого обсягу робіт, дані можна вводити за допомогою **дигітайзера**. Деякі ГІС мають вбудовані векторизатори, що автоматизують процес оцифрування растрових зображень. Багато даних вже переведено у формати, безпосередньо сприймані ГІС-пакетами [8].

Маніпулювання. Часто для виконання конкретного проекту наявні дані потрібно додатково видозмінити відповідно до вимог вашої системи. Наприклад, географічна інформація може бути в різних масштабах (осьові лінії вулиць є в масштабі 1: 100 000, межі округів перепису населення – в масштабі 1: 50 000, а житлові об'єкти – в масштабі 1: 10 000). Для сумісної обробки і візуалізації всі дані зручніше представити в єдиному масштабі і однаковій картографічній проекції. ГІС-технології надають різні способи маніпулювання просторовими даними і виділення даних, потрібних для конкретного завдання [10].

Управління проектами ГІС. У невеликих проектах географічна інформація може зберігатися у вигляді звичайних файлів. Але в разі збільшення обсягу інформації і зростання кількості користувачів для зберігання, структуризації і управління даними ефективніше застосовувати системи управління базами даних (СУБД), спеціальні комп'ютерні засоби для роботи з інтегрованими наборами даних (базами даних). У ГІС найзручніше використовувати **реляційну структуру**, за якої дані зберігають у табличній формі. При цьому для скріплення таблиць застосовують загальні поля. Цей простий підхід достатньо гнучкий і широко використовується в багатьох ГІС-додатках.

Запит і аналіз. За наявності ГІС і географічної інформації ви зможете одержувати відповіді як на прості питання (Хто власник цієї земельної ділянки? На якій відстані один від одного розміщено ці об'єкти? Де розміщено цю зрошувальну або осушувальну систему, який тут стан ландшафту?), так і на складніші, що вимагають додаткового аналізу, запити (Де є місця для будівництва нового будинку? Який основний тип ґрунтів під рисовими зрошувальними системами? Як вплине на стан агроландшафту дренаж? Як вплине на рівень

підґрунтових вод введення в дію нової зрошувальної системи?). Запити можна задавати як простим клацанням мишею на певному об'єкті, так і за допомогою розвинених аналітичних засобів. З допомогою ГІС можна виявляти і задавати шаблони для пошуку, програвати сценарії типу “що буде, якщо”.

Сучасні ГІС мають безліч могутніх інструментів для аналізу. Серед них найбільш значущі два: аналіз близькості і аналіз накладення. Для проведення аналізу близькості об'єктів щодо один одного у ГІС застосовується процес, званий **буферизацією**. Він допомагає відповісти на питання типу: Скільки будинків знаходиться в межах 100 м від цього водоймища? Скільки покупців живе не далі 1 км від цього магазину? Яка частка здобутої води із свердловини витрачається для водопостачання, для зрошення? Процес накладення включає **інтеграцію даних**, розміщених у різних тематичних шарах. У простому випадку це операція відображення, але під час деяких аналітичних операцій дані з різних шарів об'єднують фізично. Накладення, або просторове об'єднання шарів, дозволяє, наприклад, інтегрувати дані про ґрунти, ухил, рослинність і землеволодіння із проблемами меліоративного режиму, економіки, екології та іншими даними.

Візуалізація. Для багатьох типів просторових операцій кінцевим результатом є представлення даних у вигляді карти або графіка. **Карта** – це дуже ефективний та інформативний спосіб зберігання, уявлення і передачі географічної (що має просторову прив'язку) інформації. Раніше карти створювалися на сторіччя. Сьогодні об'єкти, що вивчаються, потребують оперативної інформації і ГІС надає нові дивовижні інструменти, що розширюють і що розвивають мистецтво і наукові основи картографії. З її допомогою візуалізація самих карт може бути легко доповнена звітними документами (кліматичними, екологічними, економічними, статистичними тощо), тривимірними зображеннями, графіками, таблицями, діаграмами, фотографіями та іншими засобами, в тому числі і мультимедійними.

Зв'язані технології. ГІС тісно зв'язані з іншими типами інформаційних систем. Її основна відмінність полягає у здатності маніпулювати і проводити аналіз просторових даних. Хоч і не існує єдиної загальноприйнятої класифікації інформаційних систем, наведений нижче опис має допомогти дистанціювати ГІС від настільних картографічних систем (desktop mapping), систем САПР (CAD), дистанційного зондування (remote sensing), систем управління базами даних (СУБД або DBMS) і технології глобального позиціонування (GPS).

Системи настільного картографування використовують картографічне уявлення для організації взаємодії користувача з даними.

У таких системах все засновано на картах. Карта є базою даних. Більшість систем настільного картографування мають обмежені можливості управління даними, просторового аналізу і настройки. Відповідні пакети працюють на настільних комп'ютерах – PC, Macintosh і молодших моделях UNIX робочих станцій.

Системи САПР здатні створювати креслення проектів, плани будівель та інфраструктури. Для об'єднання в єдину структуру вони використовують набір компонентів з фіксованими параметрами, що ґрунтуються на невеликій кількості правил об'єднання компонентів і мають вельми обмежені аналітичні функції. Деякі САПР розширені до підтримки картографічного представлення даних, але, як правило, наявні в них утиліти не дозволяють ефективно управляти і аналізувати великі бази просторових даних.

Дистанційне зондування Землі і GPS. Методи дистанційного зондування – це мистецтво і новий науковий напрям для проведення вимірювань земної поверхні з використанням сенсорів, таких як різні камери на борту літальних апаратів, приймачі системи глобального позиціонування або інших пристроїв. Ці датчики збирають дані у вигляді наборів координат або зображень (нині переважно цифрових) і забезпечують спеціалізовані можливості обробки, аналізу і візуалізації одержаних даних. Зважаючи на відсутність достатньо потужних засобів управління даними та їх аналізу, відповідні системи в чистому вигляді, тобто без додаткових функцій, навряд чи можна віднести до сьогодення ГІС.

Системи управління базами даних (СУБД) призначені для зберігання і управління всіма типами даних, включаючи географічні (просторові) дані. СУБД оптимізуються для подібних завдань, тому в ГІС вбудовують підтримку СУБД.

2.1.6. Можливості ГІС

Головною перевагою ГІС є найбільш "природне" (для людини) уявлення як просторової інформації, так і будь-якої іншої інформації, що має відношення до об'єктів, розташованих у просторі (атрибутивній інформації). Способи представлення атрибутивної інформації різні: це може бути числове значення з датчика, таблиця з бази даних (як локальній, так і видаленій) про характеристики об'єкта, його фотографія, або реальне відеозображення. Таким чином, ГІС можуть допомогти скрізь, де використовується просторова інформація або інформація про

об'єкти, що знаходяться в певних місцях простору. Якщо ж подивитися на деякі області і економічний ефект застосування ГІС, то вони можуть:

Робити просторові запити і проводити аналіз. Здатність ГІС проводити пошук у базах даних і здійснювати просторові запити дозволила багатьом компаніям Світу заробити мільйонні прибутки. ГІС допомагає: скоротити час отримання відповідей на запити клієнтів; виявляти території відповідні для необхідних заходів; виявляти взаємозв'язки між різними параметрами (наприклад, ґрунтами, кліматом, режимом зрошення і врожайністю сільськогосподарських культур); виявляти місця розривів трубопроводів і електромереж. Ріелтори використовують ГІС для пошуку, наприклад, усіх будинків на певній території, що мають відповідний екологічний стан, якість питної води, шиферні дахи, три кімнати і 10-метрові кухні, а потім видати докладніший опис цих будівель і економічні розрахунки. Запит може бути уточнений введенням додаткових параметрів, наприклад вартісних. Можна одержати список всіх будинків, що знаходять на заданій відстані від певної магістралі, лісопаркового масиву або місця роботи, навчання.

Поліпшити інтеграцію усередині організації. Багато організацій, що застосовують ГІС виявили, що одна з головних їх переваг полягає в нових можливостях поліпшення управління власною організацією та її ресурсами на основі географічного об'єднання наявних даних, можливості їх сумісного використання і узгодженої модифікації різними підрозділами. Є можливість колективного використання постійно нарощуваних даних (наприклад, кліматичних). Дані, які створюються і корегуються різними структурними підрозділами зводяться у загальну базу даних, яка дозволяє підвищити ефективність роботи як кожного підрозділу, так і організації загалом. Так, організація, яка займається інженерними комунікаціями, може чітко спланувати ремонтні або профілактичні роботи, починаючи з отримання повної інформації і відображення на екрані комп'ютера (або на паперових копіях) відповідних ділянок, наприклад водопроводу, і закінчуючи автоматичним визначенням кількості жителів, на яких ці роботи вплинуть, і повідомленням їх про терміни передбачуваного відключення або перебоїв з водопостачанням.

Ухвалення більш обґрунтованих рішень. ГІС, як і інші інформаційні технології, підтверджує відому приказку про те, що краща інформованість допомагає ухвалити краще рішення. Проте, ГІС – це не тільки інструмент для видачі рішень, а засіб, що допомагає прискорити і підвищити ефективність процедури ухвалення рішень. ГІС забезпечує відповіді на запити і функції аналізу просторових даних, представлення результатів аналізу в наочному і зручному для сприйняття вигляді. ГІС допомагає у вирішенні таких задач, як надання різноманітної інформації

за запитами органів планування, вирішення територіальних конфліктів, щодо вибору оптимальних (з різної точки зору і за різними критеріями) місць і природних умов для розміщення об'єктів тощо.

Потрібна для ухвалення рішень інформація може бути подана в лаконічній картографічній формі з додатковими текстовими поясненнями, графіками і діаграмами. Наявність доступної для сприйняття і узагальнення інформації дозволяє відповідальним працівникам зосередити свої зусилля на пошуку рішення, не витрачаючи значного часу і коштів на збір і обдумування доступних різнорідних даних. Можна достатньо швидко розглянути декілька варіантів рішення і вибрати найбільш ефективний і економічно доцільний.

Створення карт. Картам у ГІС відведено особливе місце. Процес створення карт в ГІС набагато простіший і гнучкіший, ніж у традиційних методах ручного або автоматичного картографування. Створення карти починається зі створення **бази даних**. Як джерелом отримання початкових даних можна користуватися і оцифруванням існуючих звичайних паперових карт. Створені картографічні бази даних ГІС можуть бути безперервними (без ділення на окремі листи і регіони) і не пов'язаними з конкретним масштабом або картографічною проекцією.

Вимоги до баз даних. На основі **баз даних** можна створювати карти (в електронному вигляді або як тверді копії) на будь-яку територію, будь-якого масштабу, з потрібним навантаженням, з її виділенням і відображенням необхідними символами. У будь-який час база даних може поповнюватися новими даними (наприклад, з інших баз даних), а наявні в ній дані можна коректувати і відразу відображати на екрані в міру необхідності (в графічній формі, з прогнозами, на паперовому носії тощо).

У крупних організаціях створена топографічна база даних може використовуватися як основа іншими відділами і підрозділами, до того ж можливо швидке копіювання даних та їх пересилка локальними і глобальними мережами. Наприклад, це доцільно використовувати в роботі гідрогеолого-меліоративних експедицій у процесі здійснення еколого-меліоративного моніторингу.

2.1.7. Сфери і рівні застосування ГІС

ГІС використовують для вирішення різноманітних завдань. Основні з них можна згрупувати таким чином (Берлянт А.М., 1996):

- ризик раціонального використання природних ресурсів;
- територіальне і галузеве планування і управління розміщенням промисловості, транспорту, сільського господарства,

- енергетики, фінансів;
- забезпечення комплексного і галузевого кадастру;
- моніторинг екологічних ситуацій і небезпечних природного явищ, оцінка техногенних дій на середовище і їх наслідків, забезпечення екологічної безпеки країни і регіонів, екологічна експертиза;
- контроль умов життя населення, охорона здоров'я і рекреація, соціальне обслуговування, забезпеченість роботою тощо;
- забезпечення діяльності органів законодавчої і виконавчої влади, політичних партій, рухів, засобів масової інформації;
- забезпечення діяльності правоохоронних органів і силових структур;
- наукові дослідження і освіта;
- картографування (комплексне і галузеве): створення тематичних карт і атласів, оновлення карт, оперативне картографування.

Різноманітність сфер використання ГІС породжує множинність їх видів і типів, що різняться з тематики, просторового масштабу і призначення.

2.1.8. Геоінформаційне картографування

Взаємодія геоінформатики і картографії стало основою для формування нового напрямку – **геоінформаційного картографування**, суть якого становить **автоматизоване інформаційно-картографічне моделювання** природних і соціально-економічних геосистем на основі ГІС і відповідних баз знань.

Традиційна картографія випробовує сьогодні перебудову, яку можна порівняти, можливо, лише з тими історичними змінами, які супроводжували перехід від рукописних карт до друкарських поліграфічних відтиснень. У деяких випадках геоінформаційне картографування майже цілком замінило традиційні методи створення і видання карт.

Чітка цільова установка і переважно прикладний характер — ось, мабуть, найбільш важливі відмінні риси **геоінформаційного картографування**. Згідно з підрахунками, до 80% карт, що складаються з допомогою ГІС, мають оцінний або прогнозний характер або відображають те або інше цільове районування території.

Програмно-кероване картографування по-новому висвітлює багато традиційних проблем, пов'язаних з вибором математичної основи і компонування карт (можливість переходу від проекції до проекції, вільне масштабування, відсутність фіксованої нарізки листів), введенням нових

образотворчих засобів (наприклад, миготливі або знаки, що переміщуються на карті), генералізує (використання фільтрації, згладжування тощо).

Відбувається тісне з'єднання двох основних гілок картографії — створення і використання карт. Багато трудомістких раніше операцій, пов'язані з підрахунком довжин і площ, перетворенням зображень або їх поєднанням, стали рутинними процедурами. Виникла електронна динамічна картометрія. Створення і використання карт, особливо якщо йдеться про цифрові моделі, стали ніби єдиним інтегрованим процесом, оскільки в ході комп'ютерного аналізу відбувається постійна взаємна трансформація зображень. Навіть суто методично стало важко розрізнити, де завершується складання початкової карти і починається побудова похідної.

ГІС-технології породили ще один напрям — оперативне картографування, тобто створення і використання карт у реальному або близькому до реального масштабі часу для швидкого, а точніше сказати, своєчасного інформування користувачів і дії на хід процесу. При цьому реальний масштаб часу розуміється як характеристика швидкості створення — використання карт, тобто темпу, що забезпечує негайну обробку інформації, що надходить, її картографічну візуалізацію для оцінювання, моніторингу, управління, експертизи, контролю процесів і явищ, що змінюються в тому ж темпі.

Оперативні карти призначаються для інвентаризації об'єктів, попередження (сигналізації) про несприятливі або небезпечні процеси, стеження за їх розвитком, складання рекомендацій і прогнозів, вибору варіантів контролю, стабілізації або зміни ходу процесу в найрізноманітніших сферах — від екологічних і соціально-економічних ситуацій до політичних подій. Початковими даними для оперативного картографування служать матеріали аерокосмічних відеозаписів, безпосередніх спостережень і вимірів, статистичні дані, результати опитів, переписів, референдумів, кадастрова інформація.

Величезні можливості, а деколи і несподівані ефекти, дають картографічні анімації. Ці різноманітні модулі анімаційних програм забезпечують переміщення картографічного зображення на екрані, мультиплікаційну зміну карт-кадрів або тривимірних діаграм, зміна швидкості демонстрації, повернення до вибраного фрагмента карти, переміщення окремих елементів змісту (об'єктів, знаків) на карті, їх мигання і вібрацію забарвлення, зміну фону і освітленості карти, підсвічування і затінювання окремих фрагментів зображення тощо. Абсолютно незвичайні для картографії ефекти панорамування, зміни перспективи, масштабування частин зображення (напливи і видалення об'єктів), а також ілюзії руху над картою (обліт території), зокрема з різною швидкістю.

У близькому майбутньому перспективи розвитку картографії в науках про Землю, особливо в екології, зв'язують, перш за все, і майже

цілком з геоінформаційним картографуванням. Вони виключають необхідність готувати друкарські тиражі карт. “У будь-який момент, — пише Дж. Моррісон, — в режимі реального часу можна буде одержати на екрані дисплея візуалізоване зображення об’єкта, що вивчається, або явища... І замість удосконалення застарілих методів і технологій слід постійно розширювати застосування ГІС і освоювати рішення нових задач”.

Впровадження електронних технологій “означає кінець трьохсотрічного періоду картографічного креслення і видання друкарської картографічної продукції”. Замість дрібномасштабних карт і атласів користувач зможе зажадати і відразу одержати всі необхідні дані в машиночитаному або візуалізованому вигляді, і навіть саме поняття “атлас” сьогодні підлягає перегляду.

2.2. ГІС-технології в сільському господарстві

2.2.1. Стан використання ГІС в сільському господарстві

Сільське господарство — один з найбільш стародавніх і перспективних видів господарської діяльності людини. Можливо тому ми спостерігаємо тут максимум консерватизму і відчутне відставання у впровадженні сучасних технологій, особливо інформаційних і ГІС-технологій. Певна річ, механізація значно підвищила продуктивність сільської праці, але якщо порівняти її з тим, як бурхливо розвиваються більшість галузей промислового виробництва, то сільське господарство опиниться далеко позаду. Проте, сьогодні і у нас вже зустрічаються цікаві проекти, які піднімають сільськогосподарське виробництво на якісно новий рівень.

Упровадження ГІС-технологій має починатися з перепису наявних виробничих ресурсів, створення бази даних (БД). Оскільки основним ресурсом у сільському господарстві є земля, така БД обов'язково носитиме просторовий характер. Звичайно, можна перенумерувати поля і вести базу даних їх характеристик у табличному вигляді, навіть на папері. Межі полів можна закріпити на схемі і використовувати її для ілюстрації. Але така технологія не досконала. Внесення навіть простих змін у таку документацію вимагає багато ручної праці. Чим довше проводиться така БД, тим більша ймовірність появи в ній помилок, особливо якщо правки вносять різні фахівці. Часовий і просторовий аналіз даних практично не можливий.

Однак, для країн, які вступають в Європейське співтовариство, існує обов'язкова вимога функціонування національної Єдиної системи

(IACS) адміністративного управління, яка включає дані щодо всіх земельних ділянок і землекористувачів. Така система просто необхідна для ефективної реалізації програм субсидування виробників сільгосппродукції і контролю за використанням цих субсидій, сума яких по Євросоюзу становить декілька десятків мільярдів євро. У США велика кількість подібних та інших сільськогосподарських програм і проектів, заснованих на використанні інформаційних технологій, серед яких особливе місце відводиться ГІС.

Упровадження комп'ютерних технологій дозволяє не тільки значно спростити формування інформаційних баз даних і понизити вірогідність виникнення помилок, але і впровадити нові методи підтримки ухвалення управлінських рішень на основі аналізу даних і, зрештою, підвищити продуктивність праці. Оскільки практично вся інформація про ресурси сільського господарства має просторову прив'язку, очевидно, що як базові інформаційні технології краще всього використовувати геоінформаційні системи. Звичайно, це не означає, що ніякі інші технології тут не потрібні. Насправді, головна перевага сучасних засобів побудови ГІС – у їх відкритості і сумісності з іншими інформаційними технологіями (ІТ) і системами обробки даних.

2.2.2. ГІС для управління

Застосування геоінформаційних технологій у сільському господарстві можливо і на державному, і на регіональному, і на місцевому рівнях, аж до окремого господарства. Оскільки завдання на цих рівнях різні, відповідно, розрізняються і дані, які використовуються та засоби роботи з ними. Під час використання єдиної системи забезпечується як вертикальна (між різними рівнями управління), так і горизонтальна (між господарствами або організаціями одного рівня) сумісність за даними і програмними продуктами.

На державному рівні актуальні такі завдання, як формування сільськогосподарської політики, ліцензування і контроль виробництва продуктів масового споживання, прогнозування валового збору різних сільськогосподарських культур, моніторинг природних умов і використання земель, контроль інформації, що надходить "знизу". Якнайкраще застосування тут можуть знайти серверні програмні продукти для підтримки централізованого реєстру земель сільськогосподарського призначення, баз даних господарств. Всі ці об'єкти мають деяке положення і протяжність у просторі, тому тільки технологія просторових баз даних (інакше званих базами геоданих) може гарантувати адекватне комп'ютерне представлення цієї інформації. Причому простого ГІС-пакета тут недостатньо, – наприклад, в США є десятки тисяч господарств, мільйони ділянок, і лише спеціальні засоби

управління великими просторовими базами даних можуть справитися з таким обсягом [11].

До даних ГІС повинен бути забезпечений відповідний доступ. Розвиток комп'ютерних мереж дозволяє сьогодні за частки секунди зв'язувати комп'ютери, що знаходяться в різних точках країни. Загальне проникнення Інтернету забезпечує швидкий обмін інформацією між фахівцями, а також представлення інформації всім зацікавленим особам. Графічний характер Всесвітньої павутини (www) призводить до того, що в ній стає все більш популярним представлення карт.

Проте карта у вигляді простої картини нині має вже невелику цінність – інтерактивність будь-якого настільного ГІС-пакета більш значуща. Оптимальним рішенням для передачі картографічних даних через Інтернет і представлення карт у Вебі є картографічний інтернет-сервер. Завдяки цьому користувачі настільних продуктів можуть діставати доступ до картографічних матеріалів з будь-якої точки Землі, де є підключення до Інтернету. Цей же продукт може використовуватися у внутрішніх мережах організацій для забезпечення доступу до карт на центральному сервері через Інтранет.

На рівні окремого господарства або групи господарств ГІС-технології також необхідні, і сьогодні в індустріально розвинених країнах можна спостерігати справжній бум нового напрямку під назвою – **точно землеробство**. Суть його в тому, що обробка полів проводиться залежно від реальних потреб вирощуваних у певному місці культур. Ці потреби визначають за допомогою сучасних інформаційних технологій, включаючи космічне знімання, причому часто засоби обробки диференціюються в межах різних ділянок поля, даючи максимальний ефект за мінімального збитку навколишньому середовищу і зниження загальної витрати поживних речовин.

Звичайно, варіювати внесення хімікатів і поживних речовин можна і вручну, проте науково обґрунтований підхід ефективніший. Накопичення статистики обробки (куди і скільки внесли кожної речовини) і отриманих результатів (урожайність) дозволяє застосовувати різні види аналізу (регресійний, факторний та ін.) з тим, щоб надалі корегувати дози поживних речовин для отримання максимуму віддачі на кожную гривню, що вкладається в обробку.

Сучасні СУБД включають засоби статистичного аналізу, що дозволяють проводити такий аналіз по окремих полях. Але якщо ми захочемо зробити аналіз детальнішим і точним шляхом розбиття поля на невеликі однорідні ділянки, то тут будуть потрібні вже засоби просторового аналізу. Саме такий підхід вважається оптимальним в ідеології точного землеробства. За допомогою цих засобів по кожній елементарній ділянці можна аналізувати вплив рельєфу, характеристик ґрунту, гідрологічного і гідролого-меліоративного режиму, історії

внесення агрохімікатів, а також виявляти проблемні ділянки, які не вписуються в наявну агрономічну модель, і на цій основі її удосконалювати.

Слід відзначити, що для окремого невеликого господарства проводити такий аналіз нереально (немає ні фахівців, ні економічно виправданого завантаження програмно-технічних засобів), проте цілком можливо застосування методик, розроблених у державному або регіональному дослідницьких центрах у системі ландшафтних меліорацій. Тобто, в господарствах потрібні лише прості у використанні інструменти кінцевого користувача, створювати які можуть регіональні і державні підрозділи. Використання єдиної масштабованої програмної технології, дозволяє, з одного боку, проводити аналіз будь-якої складності і розробляти методики, а з іншої – поставляти кінцевим користувачам рішення мінімальної вартості.

2.2.3. Використання ГІС для ефективної роботи в агросфері

Для створення і ведення карт та баз просторових даних сільськогосподарського призначення в Україні застосовується програма DIGITAL. Специфічними функціями, які важливі для технологій точного землеробства, є три додаткові модулі – модуль просторового аналізу, модуль геостатистичного аналізу і модуль обробки знімків.

Перші два модуля дозволяють відновлювати картину просторового розподілу показників (наприклад, агрохімічних, або урожайних) за точковими вимірюваннями, а також досліджувати залежності між різними показниками, що впливають на продуктивність сільгоспугідь. Відмінність геостатистики від традиційних статистичних методик в тому, що тут враховується просторовий аспект досліджуваних явищ. Можна виявляти не тільки часові, але і просторові тренди, враховувати вплив і взаємозв'язки різних чинників не тільки в часовому, але і в просторовому контексті.

Важливим чинником інформатизації сільського господарства, у тому числі і впровадження ГІС, є віддаленість користувачів (фахівців господарств) від крупних міст, що мають розвинену інформаційну інфраструктуру. Програма DIGITAL може працювати і з локальними даними, що знаходяться на тому ж комп'ютері, і будь-якими іншими наборами даних, доступними через Інтернет/Інтранет за допомогою інтернет-сервера.

2.2.4. Дорадництво та екологічний аудит

Україна володіє великими площами сільськогосподарських угідь і є одним з найбільшим виробником мінеральних добрив у Європі. Водночас загальна якість земель і врожайність значно поступаються показникам передових індустріальних країн. Найважливішу роль у реформуванні і підвищенні ефективності АПК грають правові і економічні чинники, сучасні технології виробництва сільськогосподарської продукції та дорадництво, яке спрямоване на впровадження науково-технічних розробок у виробництво.

Передача сільськогосподарського виробництва в приватну власність здатна підвищити ефективність АПК, але при цьому стане дуже актуальним завдання екологічного контролю. Так, наприклад, інтенсифікація сільськогосподарського виробництва за рахунок застосування агрохімікатів вимагає жорсткого екологічного контролю. Недостатньо того, щоб самі виробники оцінювали обсяг хімікатів, що вносяться, керуючись тільки економічними інтересами. Завданням державних служб є аналіз допустимості застосування тих або інших засобів у тому або іншому обсязі на конкретному полі з погляду дії на природне середовище – **екологічний аудит**. Обмеження можуть виникати як з міркування екології і збереження прилеглих територій, що особливо охороняються, так і через небезпеку забруднення ґрунтових і поверхневих вод, що живлять джерела водопостачання населення. Визначати місця таких обмежень можна за допомогою засобів просторового аналізу, а контролювати їх виконання – за допомогою дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і методів контролю родючості ґрунтів із застосуванням ГІС-технологій.

2.2.5. Дистанційне зондування Землі

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) посідає особливе місце в системі **геоінформаційних систем і технологій**, які застосовують у сільському господарстві. В Україні цей напрям практично не розвинений, тоді як, наприклад, у Франції АПК – найважливіший споживач космічних знімків із супутників SPOT. Хоча ця знімальна система є комерційною, значну частину витрат бере на себе держава, і в періоди вегетації сільськогосподарських культур АПК має найбільш високий пріоритет у зніманні з космосу серед інших споживачів. Сільськогосподарське виробництво відіграє центральну роль в економіці Франції, і уряд цієї країни усвідомлює необхідність фінансування сучасних інформаційних технологій, що суттєво підвищують ефективність сільського господарства.

У космічному моніторингу земель сільськогосподарського призначення зацікавлені як виробники сільгосппродукції, так і державні служби. З одного боку, оперативна і детальна інформація про стан вирощуваних культур дозволяє ефективно планувати агрономічні заходи і досягати максимальних урожаїв. З іншого боку, дані ДЗЗ – незалежне і об'єктивне джерело інформації для державних служб. Ці дані можуть використовуватися для складання кадастру земель сільськогосподарського призначення, їх оцінювання, перевірки і уточнення меж сільгоспугідь, контролю цільового використання земель [5].

Основним програмним продуктом роботи з даними ДЗЗ є програми обробки зображень, де є функції, необхідні для застосування даних ДЗЗ у сільському господарстві. Так, наприклад, GPS Tool-інструмент підтримки GPS-приймачів – дозволяє безпосередньо на екрані комп'ютера спостерігати поточне положення користувача на електронній карті або космознімання. Якщо встановити цей продукт на мобільний комп'ютер і зв'язати його з GPS-приймачем, то вийде мобільний комплекс, що дозволяє у реальному часі проводити координатне знімання меж між полями, доріг та інших об'єктів, порівнювати їх стан із зображенням на знімку, поповнювати базу даних з описами поля і об'єктів сільської інфраструктури.

Нещодавно для прогнозування урожаю в масштабах цілої країни або регіону додався новий інструмент – ДЗЗ. Ця методика застосовується для оцінювання економічного потенціалу у виробництві сільгосппродукції, коли наземні дані просто недоступні.

Історія ДЗЗ налічує декілька десятиліть, і програмні засоби для роботи з даними ДЗЗ пройшли певний шлях розвитку. Разом з інструментами, що стали класичними, з'являються все нові розробки. Так, наприклад, програма, яка вирішує завдання автоматичного дешифрування знімків на основі бази знань (БЗ), що створюється користувачем. Вона дозволяє в автоматичному режимі дешифрувати контури об'єктів (поля), визначати їх стан (вологість, біомаса), однорідність характеристик. Великий набір дешифрувальних ознак дозволяє вирішувати і такі задачі, які раніше виконувалися тільки вручну.

Геоінформаційні технології знаходять все нове застосування в АПК. Відомо, що сільськогосподарське виробництво схильне до значних ризиків, обумовлених погодними умовами, і вже нині ГІС здійснюють цінну підмогу у формуванні баз даних статистики сільськогосподарського виробництва і аналізу чинників ризику. ГІС-технології дозволяють страховикам і фермерам знаходити спільну мову в оцінюванні збитку, адже ті, та інші можуть використовувати цю технологію як об'єктивне і оперативне джерело інформації.

2.2.6. Нові прикладні галузі застосування ГІС

З розвитком генної інженерії і появою генетично модифікованих сільськогосподарських культур у США велику увагу приділяють контролю за виробництвом продуктів харчування із застосуванням генетично модифікованих інгредієнтів. При цьому потрібно відстежувати походження продуктів аж до того поля, на якому їх було вирощено, щоб механізм ідентифікації продуктів дозволяв контролювати їх виробництво. Природно, ГІС виявляються основною технологією для ведення баз даних з такою інформацією.

Нещодавно в США було виявлено дуже важливу проблему вторгнення інфекцій і шкідників сільгоспкультур з інших країн. Так, наприклад, проведені дослідження і побудовані просторові моделі розповсюдження грибової поразки сої, збудник якого походить з Бразилії, і до якого у рослин немає імунітету. За наслідками одного з цих досліджень, втрати урожаю в деяких штатах можуть досягати 40%. Бразильські виробники сої вже витрачають сотні мільйонів доларів на фунгіциди, а через декілька років ця частка напевно спіткає і фермерів США – побудовані моделі показують неминуче розповсюдження інфекції з півдня на північ протягом декількох найближчих років. У такому випадку ГІС-технології дозволяють якщо не уникнути небезпеки, то принаймні вчасно провести заходи щодо захисту сільськогосподарських рослин. Всі вищезазнані проблеми і питання є актуальними і для України.



Завдання для самостійного опрацювання

1. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) та його місце в системі геоінформаційних систем і технологій в сільському господарстві;
2. Ефективність використання ГІС у сільському господарстві.



Запитання для обговорення на семінарському занятті

1. Декілька визначень ГІС.
2. Як працює ГІС?
3. Що вивчають геоінформатика, геоматика?
4. Що таке СУБД?
5. Чим характеризується атрибутивна інформація?
6. П'ять складових ГІС.
7. Векторна та растрова моделі ГІС.
8. Що ГІС можуть зробити для Вас?
9. Засоби використання ГІС.

10. Методи дистанційного зондування Землі (ДДЗ).
11. Для чого використовується GPS?
12. Які можливості відрізняють ГІС від інших інформаційних систем?
13. Які завдання вирішує ГІС?
14. Що таке оцифрування, сканер, дигитайзер?
15. Для чого застосовується буферізація?
16. Що таке інтеграція даних?
17. Що таке карта?
18. Що поріднює моніторинг і GIS?
19. Чим є ГІС? Системою, наукою чи сервісом?
20. Спеціальності аграрних вищих навчальних закладів, в яких доцільно застосовувати ГІС-технології.
21. Різниця між векторними і растровими моделями ГІС.
22. Що таке “ГІС-пакет”, “ГІС-технологія”?
23. Що таке “Проект”? Чи є створення ГІС проектом?
24. Чим відрізняється візуалізація від інтеграції даних?
25. Що таке СУБД, САПР, АРМ, GPS?
26. У чому перспектива застосування ГІС-технологій?
27. Що таке моніторинг?
28. Чи відносяться GIS до ІТ?
29. Що таке інформація? Її властивості.
30. Що таке база даних?
31. Що таке база знань?
32. Визначення ДДЗ.
33. Що таке “управління”, “інтерактивність”, “ГІС-пакет”?



Теми для рефератів та доповідей

1. Генетично модифіковані сільськогосподарські культури, їх контроль за допомогою ГІС.
2. Рівні використання ГІС-технологій під час управління сільськогосподарським виробництвом.
3. Точне землеробство, технології точного землеробства.
4. Визначення і засоби екологічного аудиту.
5. Можливості ГІС та сфери їх застосування.
6. ГІС-технології оцінювання і картографування природних ризиків.
7. Географічні інформаційні системи в аграрних університетах.
8. Розробка і впровадження геоінформаційних технологій у меліорацію.
9. Концепція створення бази даних, та бази знань.



ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

| | |
|----------|--|
| 1 | ГІС включає п'ять ключових складових: |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Супутники, комп'ютери, програмісти, GPS, сканери.2. Ландшафтні меліорації, система точного землеробства, моніторинг, математичне моделювання, експертні системи.3. Апаратні засоби, програмне забезпечення, дані, виконавці і методи. |
| 2 | Визначення моніторингу |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Комплексне спостереження за станом навколишнього середовища.2. Оцінювання та прогноз кліматичних умов.3. Контроль міграції диких тварин. |
| 3 | У якій моделі може бути представлена будь-яка реальна географічна ситуація? |
| | <ol style="list-style-type: none">1. У растровій моделі.2. У векторній моделі.3. Як у векторній, так і в растровій моделі. |
| 4 | Можливість взаємної конвертації даних між растровою і векторною моделями. |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Повна взаємна конвертація даних.2. Тільки з векторних у растрові.3. Тільки з растрових у векторні. |
| 5 | Завдання, які вирішує ГІС загального призначення. |
| | <ol style="list-style-type: none">1. контроль пересування сільськогосподарської техніки;2. виконує п'ять процедур з даними: введення, маніпулювання, управління, запит і аналіз, візуалізацію;3. формування і друк географічних карт. |

| | |
|----------|---|
| 6 | Що називають оцифруванням? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Нанесення цифр на географічні карти. 2. Кодування інформації. 3. Процес перетворення даних з паперових карт у комп'ютерні файли. |

| | |
|----------|---|
| 7 | На якому рівні можна застосовувати геоінформаційні технології в сільському господарстві? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Державному. 2. Регіональному. 3. Від державного до локального. |



ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ

1. Світличний О.О. Основи геоінформатики : навч. посіб. / О.О. Світличний, С.В. Плотинський ; за заг. ред. О.О.Світличного. – Суми : Університетська книга, 2006. – 295 с.
2. Ушкаренко В.О. Геоінформаційні системи (ГІС) в екологічному моніторингу / В.О. Ушкаренко, О.В. Морозов. – Херсон : Вид-во ХДАУ, 2006.
3. Де Мерс. Географическое информационные системы / Мерс Де, Н. Майкл ; пер. с англ. – М. : Дата⁺, 1999. – 489 с.
4. Выбор подходящей ГИС для Вас и Вашей организации. Валерий Гохман, Дмитрий Калмыков, старшие эксперты ДАТА+ на Web сайте (www.dataplus.ru).
5. Гарбук С.В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С.В. Гарбук, В.Е. Гершензон. – М. : Изд-во А и Б, 1997. – 296 с.
6. Подборка материалов по ГИС на информационном сайте www.ksau.kherson.ua
7. Подборка материалов по ГИС на информационном сайте: www.kspu.edu
8. Де Мерс. Географические Информационные Системы. Основы / Мерс Де, Н. Майкл ; пер. с англ. – М : Дата+, 1999. – 264 с.
9. Морозов В.В. ГІС в управлінні водними і земельними ресурсами : навч. посіб. / В.В. Морозов. –Херсон, Вид-во ХДУ, 2006. – 91 с.
10. КЛАСИФІКАТОР, інформація, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000.Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України. К., 1998. – 40 с.
11. Использование геоинформационных технологий в сельском хозяйстве. Алексей Ушаков, генеральный директор ДАТА+ на Web сайте (www.dataplus.ru).

Саме те, як Ви збираєте, організуєте та використовуєте інформацію, визначає одержуєте Ви перемогу або програєте

Білл Гейтс

3. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ГІС



У результаті вивчення цього розділу ви повинні знати:

- *на чому ґрунтується методологія створення інформаційних ресурсів, проектування та наповнення інформаційної бази;*
- *основні принципи організації інформаційної бази;*
- *загальну систему вимог;*
- *основну функцію інформаційної бази;*
- *структуру інформаційних баз;*
- *що передбачає організація тематичних відомостей;*
- *реалізацію системної диференціації тематичних даних;*
- *на якій основі відбувається наповнення бази знань;*
- *що має забезпечити база даних;*
- *структуру і технологію наповнення ГІС;*
- *нормативно-регламентуючу базу, з яких модулів вона складається;*
- *що включає в себе критеріальна база;*
- *формування системи загальнодовідкової інформації;*
- *банки даних;*
- *основні типи представлення географічної суті;*
- *основні джерела інформації ГІС;*
- *три класи баз даних: ієрархічні, мережеві і реляційні;*
- *представлення відносин в ГІС;*
- *сутність, об'єкти і атрибути ГІС (просторові і непросторові дані, елементарні, складені і складні об'єкти, точкові дані, лінійні об'єкти і дані, площадкові дані, безперервні поверхні);*
- *концепцію растрових та векторних ГІС.*



На основі набутих теоретичних знань ви повинні вміти:

- користуватися загальносистемними принципами організації інформаційної бази та загальною системою вимог до організації, складу підтримки рішень;
- відображати структуру інформаційних баз у відповідних алгоритмах;
- поетапно формувати базу знань та базу даних;
- характеризувати формування системи загально-довідкової інформації у вигляді бібліотеки каталогів-довідників предметних фактологічних даних по блоках базових модулів;
- характеризувати банк даних;
- визначати сутність визначень: дані, знання, модель даних, типи географічної суті, атрибутивні дані, ієрархічна система, мережеві моделі, просторово-розподілені дані, атрибут, сутність, топологічні відносини, векторні дані і запити, накладення лінійних шарів, растрові шари, типи даних чарунок, локальні, зональні операції, інтерполяція даних, зона растрового шару, двовимірна та тривимірна візуалізація.

| КЛЮЧОВІ ТЕРМІНИ І ПОНЯТТЯ | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ принцип ієрархії ➤ принцип включення ➤ принцип системної єдності ➤ структура інформаційних баз ➤ організація тематичних відомостей ➤ географічна модель території ➤ системна диференціація тематичних даних ➤ наповнення бази знань ➤ технологія наповнення ГІС ➤ нормативно-регламентуюча база ➤ критеріальна база ➤ система загально-довідкової інформації ➤ каталоги-довідники ➤ система адресної прив'язки ➤ кадастрові дані | <ul style="list-style-type: none"> ➤ синтезовані карти ➤ модель даних ➤ географічні явища ➤ цифрові моделі ➤ представлення відносин в ГІС ➤ сутність і атрибути ГІС ➤ просторові і непросторові дані ➤ елементарні складені і складні об'єкти ➤ точкові дані ➤ лінійні об'єкти і дані ➤ площадкові дані ➤ безперервні поверхні ➤ топологічні відносини ➤ накладення шарів ➤ растрові шари ➤ просторовий аналіз |

| КЛЮЧОВІ ТЕРМІНИ І ПОНЯТТЯ | |
|---|--|
| ➤ <i>банки даних картографічна інформація</i> | ➤ <i>можливості інтерполяції</i> ➤ <i>вибір даних</i> ➤ <i>статистичний аналіз</i> |

3.1. Основні принципи організації та система вимог

Методологія створення інформаційних ресурсів, проектування та наповнення інформаційної бази ґрунтується на системному принципі організації інформаційного середовища, використання єдиних територіально-галузевих баз та просторово орієнтованої системи збору, накопичення, обробки і представлення даних. Отже, окреслюються загальносистемні принципи формування бази, регламентуються вимоги до структури, складу і диференціації даних, визначаються моделі їх організації, форми представлення, основні джерела інформації та шляхи їхнього удосконалення [1].

Організація інформаційної бази пов'язана з використанням загальносистемних принципів, основними з яких є:

- принцип територіально-галузевої організації інформації – вихідна інформація належить конкретній території з притаманною їй специфікою природних умов і господарської діяльності; він орієнтований на отримання та модифікацію знань під конкретні функціональні завдання;
- принцип ієрархії та багаторівневої структури з розташуванням і функціональною підпорядкованістю елементів цілого від вищого до нижчого; при цьому кожний рівень спеціалізується на виконанні певного кола функцій – на більш високих рівнях деталізації здійснюються (переважно) функції інтеграції, на нижчих – диференціації;
- принцип включення, який є прямим наслідком принципу ієрархії, передбачає, що вимоги до створення, функціонування та розвитку ГІС кожного рівня визначаються з боку більш складної системи вищого рангу;
- принципи комплексності відображення об'єктів, розвитку і блокової організації програмно-інформаційного комплексу (ПІК) та його інформаційної бази зорієнтовані на поетапну розробку і впровадження кожного із модулів (блоків) на тлі

- загальної єдиної концепції організації системи, нарощування та удосконалення компонентів ПК СТЗ;
- принцип системної єдності полягає у тому, що на всіх стадіях створення, функціонування та розвитку ПК СТЗ цілісність системи забезпечується зв'язками між її підсистемами;
 - принцип тематичної (або предметної) та системної організації даних: тематична організація інформації передбачає її групування за характеристиками основних компонентів природно-агромеліоративних систем, системна – диференціацію тематичних даних за їх цільовим призначенням та використанням у програмно-обчислювальному забезпеченні;
 - принцип структурної та функціональної спеціалізації (диференціації) як завдань, що вирішуються, так і об'єктового складу інформаційної бази з виділенням структурно-функціональних одиниць (підсистем, модулів, класифікаційних груп тощо);
 - принцип диференційованого опису відношень між об'єктами і самих об'єктів та їх стану, досягнутого завдяки створенню підсистем довідкової й нормативно-регламентуючої інформації; банків даних фіксованих значень параметрів, підсистеми територіальної прив'язки об'єктів тощо;
 - принцип поєднання бази даних та бази знань у структурі ПК СТЗ;
 - принцип сумісності та єдності інформаційних баз різних прикладних ГІС, що реалізуються завдяки введеній до їх складу географічній інформації (географічна модель території, територіальна прив'язка об'єктів, спеціалізований фонд картографічної інформації тощо); окрім того, сумісність забезпечується єдністю інформаційно-пошукових мов і математичного забезпечення, спільністю організаційної структури, єдиним порядком збору та обробки інформації, уніфікації документації та кодування інформації.

Використання ГІС-технологій, як базових, для створення систем підтримки рішень висуває низку спеціальних вимог до організації, складу та диференціації інформації, алгоритмічного забезпечення функціональних завдань тощо [1].

Загальна система вимог повинна регламентувати та забезпечувати створення на основі інформації адекватної їй моделі території і системи підтримки прийняття управлінських рішень, також має сприяти розробці технологій просторового комплексного оцінювання та діагностики стану об'єктів як основи для формування екологічно стійких територій з

економічно доцільною продуктивністю земель. Основним об'єктом ГІС є ландшафт.

Неодмінною умовою організації інформації є комплексність та повнота охоплення всіх сторін інформаційного, програмного і технічного забезпечення, що мають місце у процесі експлуатації системи.

Упорядковуючи інформацію, слід орієнтуватися на цілісне відображення довкілля. З точки зору методології доцільніше розглядати не окремі компоненти навколишнього середовища, а суцільні природно-агромеліоративні системи (ПАМС) з виділенням на земній поверхні інтегральних ареалів, що реалізують цю єдність, та прив'язки до них всієї вихідної інформації. Прообразом таких ареалів, насамперед, можуть бути геосистеми та ландшафти різних ієрархічних рівнів, а також таксони районування чи типізації, природно-господарські райони тощо. Найменшою неподільною територіальною або географічною одиницею такого ареалу має стати елементарна геосистема.

Основною функцією *інформаційної бази* є відображення поточного стану ПАМС, його діагностика та забезпечення відповідними даними всіх етапів функціонування ПІК.

Структура інформаційних баз у територіальному і змістовному плані повинна наслідувати структуру ПАМС. Взаємозв'язки між компонентами геосистем створюють стрижень цих структур і мають моделюватись або знаходити відображення у відповідних алгоритмах. Однією із обов'язкових є вимога створення у складі інформаційної бази підсистеми, необхідної для територіальної прив'язки даних або об'єктів, оскільки геоінформаційні технології використовують тільки просторово координовані дані. Територіальна упорядкованість відомостей важлива не тільки з точки зору уніфікації їх збору, але й установа оптимальної відповідності розмірам досліджуваних геосистем. Поряд з даними, що фіксуються координатами точки, інформація може бути прив'язаною до мережі адміністративно-господарського поділу території, природних контурів, наприклад річкових басейнів. Добрі результати при узагальненні дає прив'язка даних до ландшафтної або рельєфно-геоморфологічної основи. Суміщення окремих ділянок території забезпечується глобальною системою просторової прив'язки даних, що ґрунтується на використанні географічної широти та довготи [1].

Інформацію до бази подають у вигляді *тематично* (або предметне) та *системно* організованих даних.

Організація тематичних відомостей передбачає формування наборів галузевих даних, що характеризують, насамперед, природне середовище як *природно-ресурсну основу* об'єктів і *виробничо-технологічну структуру території* з виділенням базових і функціональних модулів.

У базових модулях концентрується інформація, що характеризує параметри природного середовища та господарської діяльності. Основним базовим модулем природно-ресурсної основи є **географічна модель території**, яка описує основні компоненти геологічного середовища, природні чинники зовнішньої дії на нього, динаміку їхнього розвитку у просторі – часі. Склад базових модулів виробничо-технологічної структури визначається завданнями, що вирішує та чи інша система. Зокрема, в системах землеробства це можуть бути модулі **“Сільгоспкультура”** та **“Технології рослинництва”** з відповідними наборами блоків, що вміщують інформацію про види культур та їхні біологічні параметри, технологічні операції й режими вирощування тощо.

Особливе місце у базових модулях як природно-ресурсної основи, так і виробничо-технологічної структури території відводиться екологічному, економічному та соціальному блокам, в яких має бути сконцентрована, насамперед, інформація з нормування та оптимізації технологічних впливів на довкілля [4].

Набір галузевих даних повинен бути достатнім для переходу до інтегральних показників оцінювання стану і стійкості довкілля, характеристик комплексних антропогенних впливів та навантажень на територію, порівняння й компонування їх у різних варіантах.

Функціональні модулі мають вміщувати упорядковані відомості з вивчення просторово-часових аспектів розвитку геосистем та чинників зовнішнього впливу на них, зокрема щодо джерел одержання даних, просторової диференціації інформації, її організації з показом ретроспективи та прогнозу еволюції геосистем, моделювання ситуації та систем управління нею. У спеціалізованих модулях інформаційної бази мають знаходитися також відомості щодо часових рядів даних, їх узгодженості між собою.

Системна диференціація тематичних даних реалізується організацією спеціалізованих модулів **бази знань (БЗ)** і **бази даних (БД)**, які становлять основу інформаційної бази ПК СТЗ. Це, насамперед, блоки інформаційно-довідкової та нормативно-регламентуючої систем, локальної інформаційно-довідкової бази об'єкта досліджень, спеціалізованого тематичного картографічного фонду, банків даних оперативної, довгострокової та результуючої інформації.

Наповнення **бази знань** відбувається на основі узагальнення та систематизації досвіду досліджень з оцінювання природно-агромеліоративних об'єктів, організації контролю за їх станом, водогосподарською діяльністю та веденням сільськогосподарського виробництва у різних регіонах.

База знань формується переважно на регіональному рівні організації інформаційного забезпечення і має суто адресні вимоги до наповнення базових та функціональних модулів.

До складу бази знань входить система загальнодовідкової інформації у вигляді осереднених характеристик об'єктів дослідження, просторової диференціації та інтеграції даних, моделей процесів, джерел інформації тощо і нормативно-регламентуюча база, у тому числі нормативно-методична.

База даних має забезпечити систему підтримки рішень базовою, довгостроковою, оперативною, а також результуючою інформацією для вибору сценаріїв та рекомендацій. Бази даних ГІС акумулюють інформацію у вигляді відповідним чином закодованих шарів однорідних картографічних даних і просторово прив'язаної до конкретної території або точки спостереження атрибутивної інформації.

Накопичення матеріалів у базах даних здійснюється покомпонентно відповідно до програм моніторингу, спеціальних обстежень та випробувань, що підпорядковані різним організаціям з наступною адаптацією інформації до завдань ПІК СТЗ [1].

База даних формується на рівні об'єкта досліджень (регіональний, локальний чи детальний) з урахуванням певних вимог до наповнення залежно від показників, що фіксуються, та методів їхнього одержання.

До складу БД входить локальна інформаційно-довідкова база об'єкта досліджень (регіональний та локальний рівень узагальнення інформації), спеціалізований тематичний картографічний фонд (банки даних картографічної інформації) та банк відповідних атрибутів до карт, банки даних точкової інформації – оперативної, довгострокової і результуючої.

Наповнення бази знань та бази даних відбувається у декілька етапів. На першому етапі виконується упорядкування наявної, одержаної з різних джерел, інформації щодо території, у часі, за конкретним змістом, тематикою тощо. Другий етап включає узгодження упорядкованої інформації та її оптимізацію. На третьому етапі інформація інтегрується – вирішуються завдання більш високих рівнів складності та комплексності, тобто завдання з вибору і прийняття рішень.

Інформаційні бази мають залишатися відкритими, здатними до трансформації, забезпечуючи легкість модифікації системи як в еволюційному плані, так і для вирішення нових завдань, супроводжуватись гнучкими СУБД, системою SQL-запитань та розвинутим інтерфейсом.

СУБД являє собою сукупність програмних і технічних засобів, що забезпечують функціонування геоінформаційних та експертних систем, а саме – введення інформації, її накопичення й оновлення, засобів збереження, пошуку та перетворення інформації, видачі матеріалів користувачу.

Відношення між окремими підсистемами, модулями та блоками інформаційної бази встановлюють формуванням файлів зв'язку (система SQL-запитань). При цьому стійкі відношення між об'єктами у підсистемах

фіксуються сукупністю ієрархічних класифікаційних графів природних, природно-господарських об'єктів, адміністративно-територіальних та природно-територіальних одиниць, а підсистеми предметних даних вміщують файли, що описують у вигляді таблиць-відношень самі об'єкти та їхній стан.

Вимоги до інформаційної бази ПК СТЗ можуть змінюватися, розширюватися або звужуватися залежно від конкретного призначення ГІС та ЕС, складу завдань, що вирішуються, та особливостей об'єкта досліджень.

3.1.1. Структура і технологія наповнення ГІС

Першим етапом розробки будь-якої інформаційної системи має стати побудова *концептуальної моделі організації даних* як засобу точного відображення уявлень людини про системи та процеси предметної сфери реального світу. Під час формування концептуальної моделі основна увага спрямовується на структурування даних і виявлення взаємозв'язків між ними без розгляду особливостей реалізації та ефективності обробки.

Предметною сферою дорадчих систем, побудованих на базі ГІС, є територія з усією притаманною їй специфікою природних умов, ресурсним потенціалом, поширеними в її межах видами господарської діяльності.

Для організації даних важливі не тільки взаємозв'язки, що здійснюються у просторових системах реального світу, але й заснована на них інформаційна взаємодія між структурно-функціональними одиницями різних рангів у самій інформаційній базі. Тому використання ГІС як засобу вирішення завдань у територіальному плані потребує, з одного боку, формалізації геоінформації, з іншого, – її структурування на основі визначення об'єктів інформаційної діяльності.

Головним об'єктом інформаційної діяльності і відповідно структурування інформації є природно-агромеліоративна геосистема, що поєднує в собі елементи природно-ресурсної основи і виробничо-технологічної структури території. Концептуальна модель організації даних описує об'єкти предметної сфери та їхні взаємозв'язки саме в рамках ПАМС. Вона побудована за принципами функціональної диференціації інформації з виділенням базових та спеціалізованих (функціональних) модулів.

Загальна схема інформаційної моделі ПАМС включає чотири основні підсистеми, що описують елементи природно-ресурсної основи (ПС-1), виробничо-технологічної структури (ПС-2) території, територіальної прив'язки об'єктів (ПС-3) і нормативно-регламентуючої бази прийняття рішень (ПС-4).

Структуру і склад інформаційної бази на різних рангах інтеграції даних з визначенням методів фіксації показників та форм представлення інформації обґрунтовано на основі сформованих систем вимог і концептуальних моделей організації даних у різних функціональних модулях ПК СТЗ, які дають можливість створення адекватної інформаційної моделі території досліджень.

При цьому системну організацію тематичної інформації здійснюють з урахуванням адресних вимог бази знань і бази даних.

База знань формується як сукупність знань для обґрунтування та оптимізації прийняття рішень. Концептуальна модель організації даних у її межах передбачає диференціацію інформації з виокремленням нормативно-регламентуючої бази (НРБ) і системи загальнодовідкових даних, що забезпечує вибір параметрів на стадії ідентифікації об'єктів.

Нормативно-регламентуюча база. Одним із перших етапів створення бази знань є розробка нормативно-регламентуючої бази зі системою кодифікації відповідними експертними системами, що забезпечують вибір оптимальних умов вирощування тієї чи іншої сільгоспкультури, визначення складу і параметрів технологічних операцій рослинництва.

У її основу покладено структурування даних у середині кожного з тематичних та системних модулів ПС-1, ПС-2, ПС-3 з використанням класифікаційних схем як засобів описування вміщеної у них інформації.

Структуризація тематично (предметно) організованої інформації здійснюється згідно з концептуальною моделлю диференційовано для природно-ресурсної основи, виробничо-технологічної структури – рослинництва і територіальної прив'язки об'єктів. Серед виділених класифікаційних групувань предметних даних визначено ті, що мають бути задіяні у функціональних завданнях ПК СТЗ. Насамперед, це стосується параметрів, які прямо чи опосередковано формують родючість ґрунтів та природно-ресурсний потенціал території. Планується також виділити та задіяти низку індикаційних параметрів, які на тлі генетичних закономірностей розвитку території дадуть можливість просторово оцінити мінливість показників родючості залежно від зовнішніх впливів, у тому числі і за допомогою дистанційних методів фіксації (аерокосмічних знімків, геофізичного зондування тощо).

Системно організована інформація структурується у вигляді функціональних об'єктів бази знань і бази даних, відповідно до яких здійснюється подальша структуризація інформації для класифікаційних групувань тематичних даних.

На базі визначеного складу об'єктів ПАМС та відповідних класифікаційних групувань формується система довідників-класифікаторів інформації (КЛІН) і довідників-класифікаторів інформаційної структури тематичних даних та атрибутів карт (ДОКІС).

Формування системи класифікаторів КЛІН має відбуватися з використанням як існуючих (загальноприйнятих нині в Україні) довідників, так і спеціально розроблених у плані уніфікації та формалізації даних для створення територіально-галузевих інформаційних баз. До перших належать, насамперед, довідники-класифікатори топографічної інформації, адміністративно-господарського поділу України, річкових басейнів, пунктів спостережень тощо.

Побудова спеціалізованих наборів довідників-класифікаторів за окремими автономними блоками бази знань ґрунтується на послідовному кодуванні:

- базових характеристик об'єктів певної класифікаційної групи (генетичних типів, видів, різновидів ґрунтів, біологічних груп рослин, сівозмін, технологічних операцій тощо);
- загальних ознак та елементарних показників, що визначають прямим вимірюванням або шляхом лабораторних досліджень;
- інтегральних характеристик параметрів;
- номенклатури або класифікацій показників;
- методів фіксації чи визначення параметрів.

Інформаційна структура тематичних даних регламентується системою ДОКІС. Довідники-класифікатори інформаційної структури даних та атрибутів карт регламентують або визначають форми і порядок представлення тематичної інформації до системи загальнодовідкової інформації (ЗДІ ФУМОД), бази даних, спеціалізованого картографічного фонду та банків даних. Вони описують структуру класифікації об'єктів та їхніх характеристик, організацію первинної, вихідної і результуючої інформації, інформаційну структуру карт, окремих їхніх шарів та атрибутів до них. При цьому фіксується тип інформації, назви і коди блока, атрибутів (ознак та показників), тип даних, дата одержання та зміст інформації (значення показників або їхній опис).

Формування класифікаторів системи ДОКІС має здійснюватися відповідно до адресних вимог певної групи функціональних завдань та алгоритмів їх вирішення.

Суто нормативно-регламентуюча частина підсистеми ПС-4 побудована на засадах оцінювання еколого-меліоративної стійкості геосистем, характеру їхнього функціонування та умов вирощування сільгоспкультур і дає змогу оптимізувати технологічні режими вирощування сільгоспкультур, використання земельних, водних та інших ресурсів, обґрунтувати комплекс меліоративних заходів тощо. Вона включає критеріально-діагностичну систему, систему екологічного нормування (СЕНОР) та каталоги нормативно-методичної і правової документації.

В основу критеріально-діагностичної бази комплексного оцінювання стану земель покладено визначення межі або порога стійкості

кожного з оцінюваних показників щодо деградаційних процесів. Система критеріального оцінювання побудована на формалізації даних з використанням методів експертного оцінювання та бальних шкал. Вона має уніфікований характер, що дає змогу однозначно оцінювати різні складові геосередовища, діючі зовнішні впливи і техногенні навантаження, доповнювати склад показників та змінювати шкалу оцінок.

Критеріальна база включає системи діагностики стану земель, ступеня їхньої деградації (або потенційної стійкості до розвитку деградаційних процесів), умов вирощування сільгоспкультур, стану рослин (посівів), вологозабезпеченості, забезпеченості ґрунтів поживними речовинами, системи критеріїв оцінювання ресурсного потенціалу території, урожайності, рентабельності технології рослинництва.

Нині для окремих регіонів України розроблено критеріально-діагностичну базу оцінювання еколого-меліоративного (ґрунтово-меліоративного, гідрогеологічного, інженерно-геологічного та екологічного) стану земель, їх стійкості до процесів деградації, стану або природного дефіциту вологозабезпеченості. Інші чинники потребують спеціальної розробки з наступним включенням до нормативно-регламентуючої бази ПІК СТЗ.

Система екологічного нормування ґрунтується на визначенні умов рівноваги геосистеми, допустимих (екологічно доцільних) змін її параметрів щодо того чи іншого геоекологічного процесу. Вона окреслює вимоги сільгоспкультури до середовища (умов вирощування), технологічних операцій та режимів, регламентує правила застосування як окремих технологічних операцій вирощування культур, так і технічних засобів їх реалізації. Те саме стосується і нормування природоохоронних, меліоративних та інших заходів, що мають супроводжувати функціонування ПАМС. Окрім вищевказаних нормативів, система екологічного нормування вміщує порогові значення параметрів географічної моделі, що визначають початок розвитку того чи іншого процесу деградації, інформують про критичні періоди росту рослин, критичні значення передполивної вологості для різних ґрунтів та культур. Водночас наголошують на вимогах до потужності шару зволоження, окремих еколого-технологічних груп земель, їхніх параметрів та критеріїв щодо нормування режимів проведення тієї чи іншої технологічної операції тощо.

Таким чином, СЕНОР концентрує набір вимог та обмежень щодо технологічного впливу меліоративного землеробства на довкілля, вимог рослин до умов їхнього вирощування і ґрунтових режимів, вимог і обмежень до комплексу технологічних операцій рослинництва, меліоративних заходів.

Система загально-довідкової інформації формується у вигляді бібліотеки каталогів-довідників предметних фактологічних даних за

блоками базових модулів ПС-1, ПС-2, ПС-3 і системи довідників за спеціалізованими (функціональними) модулями природно-ресурсної основи та виробничо-технологічної структури території на національному або регіональному рівні інтеграції даних.

У каталогах-довідниках за базовими модулями інформацію подають у вигляді узагальнених характеристик параметрів географічної моделі, сільськогосподарської культури або технології її вирощування для операційно-територіальних одиниць різних рівнів ієрархії.

Система довідників з функціональних модулів ПС-1 і ПС-2 вміщує:

- характеристики основних джерел інформації, їхньої організації та наповнення, адресної прив'язки мережі, ретроспективні ряди узагальнених даних тощо;
- результати та засоби просторової диференціації інформації (районування, типізація, комплексне оцінювання тощо) щодо розподілу ресурсного потенціалу відповідно до умов вирощування тих чи інших видів культур;
- каталоги моделей (описових, математичних, аналогових та ін.), що оцінюють мінливість параметрів природно-ресурсної основи, реалізують управління продукційними процесами, програмування урожаїв тощо;
- каталоги-довідники обліково-реєстраційної інформації й економічних даних з рентабельності використання та ресурсної забезпеченості території або окремих операційно-територіальних одиниць (таксонів).

Наповнення бази знань, як і бази даних, здійснюється у декілька етапів. На першому етапі виконується упорядкування наявної інформації, одержаної з різних джерел, щодо території, у часі, за конкретним змістом, тематикою тощо. Другий етап охоплює узгодження упорядкованої інформації та її оптимізацію. На третьому етапі – етапі інтеграції інформації – вирішуються завдання більш високих рівнів складності й комплексності, тобто завдання з вибору та прийняття рішень.

База даних згідно з вимогами геоінформаційних технологій, що становлять основу ПК СТЗ, має вміщувати фактологічну і фактографічну предметну інформацію, відповідно організовану залежно від призначення та форми використання у системах підтримки рішень.

Локальна інформаційно-довідкова база (ЛІДОБ) формується на рівні окремих об'єктів досліджень (локальний чи детальний рівні інтеграції). Вона має низку суто адресних вимог до складу, організації і наповнення автономних блоків залежно від функціональних завдань та алгоритмів їх вирішення, показників, що фіксуються, і методів їхнього одержання.

Згідно з функціональними завданнями ПК СТЗ та принципами організації тематичних даних **локальна інформаційно-довідкова база об'єкта охоплює низку модулів, зокрема:**

- систему адресної прив'язки об'єкта досліджень (набір фактологічних та фактографічних даних щодо розміщення);
- систему ідентифікації об'єкта досліджень щодо природно-меліоративних умов регіону, умов рослинництва, умов реалізації технологічних операцій та меліоративних заходів тощо (просторова диференціація ретроспективних даних);
- базові характеристики природно-меліоративних умов об'єкта досліджень (фактологічні дані);
- кадастрові дані щодо стану земельних та водних ресурсів, економічну інформацію;
- відомості про джерела інформації (моніторинг, спостереження гідрометеослужби, спеціальні дослідження тощо), блоки ретроспективних рядів даних;
- опис моделей, які використовуються у функціональних завданнях (функціонування складових природно-ресурсної основи, родючості ґрунтів, управління технологічними, у тому числі продукційними процесами тощо);
- модулі та групи блоків змістовної, позиційної та цифрової інформації щодо окремих параметрів технологічних блоків (обробки ґрунту, поливів, живлення, догляду за рослинами тощо);
- модуль історії дій на полі з описом стану землекористування, сівозмін, культур-попередників, технологічних операцій (у тому числі поливів, удобрення, захисту, обробітку ґрунту), урожайності культур тощо.

Банки даних розглядаються диференційовано для базової та оперативної інформації. При цьому базова інформація стосується характеристики параметрів природно-меліоративних геосистем, що змінюються доволі повільно, зумовлюють умови потенційної стійкості земель щодо деградації під час зрошення або є діагностичними для ідентифікації однорідних природно-меліоративних масивів. Оперативна інформація надходить з об'єктів моніторингу, режимної та спеціальної мереж (результати вимірів, фіксації, лабораторних аналізів тощо) і стосується даних з оцінювання змін параметрів за певний період часу, прямого отримання результатів спостережень за точками регіональної й опорної, режимної і спеціальної, стаціонарної та періодичної мереж, а також – засобів дистанційного зондування землі.

Інформаційне забезпечення банків ГІС охоплює блоки картографічної, атрибутивної та точкової інформації.

Спеціальний тематичний фонд картографічної інформації вміщує комплект базових і спеціальних карт, їхніх цифрових моделей, згрупованих відповідно до рівнів функціональних завдань ПК СТЗ. Усі карти мають єдину топооснову, координатну та планово-висотну

прив'язку об'єктів, точок виміру та виділених таксонів (контурів), їхня побудова має проводитися з використанням цифрових моделей регулярної просторової мережі, що являють собою масиви координат кутових точок трапецій або растрів базової топографічної основи і зберігаються у підсистемі територіальної прив'язки даних.

Базова інформація містить набір картографічних та атрибутивних матеріалів, що характеризують усю територію об'єкта досліджень і є основою для побудови оцінкових карт, розміщення та оптимізації системи спостережень. Під час розробки структури блоків базової інформації для різних функціональних завдань ГІС розглянуто окремо вхідну або первинну інформацію (комплекти різномасштабних карт із різних джерел, топографічних планшетів і аерокосмознімків, розрізів, епюр, профілів, атрибутів до них тощо) і суто базову для вирішення конкретного завдання. Суто базова інформація являє собою опрацьований комплект карт певного масштабу, який побудовано на основі узагальнень і вимог певного функціонального завдання ПК СТЗ. Синтезовані карти (оцінкові щодо конкретного процесу, показників стану або стійкості, діючих навантажень, районування і типізації території тощо) за результатами досліджень заносяться до складу базової або до блока результуючої (для прийняття управлінських рішень та вибору їхніх сценаріїв) інформації. Карти мають багатосарову структуру. Спеціалізовані карти (оперативної інформації), як аналітичні, так і синтезовані, характеризують значення оцінкових показників та їхню мінливість залежно від координат простору й координати часу. Склад спеціалізованих карт зумовлюється функціональним завданням. При цьому спеціалізовані карти одного завдання можуть бути базовими для іншого. Перелік спеціалізованих карт міститься у адресних файлах кожного із функціональних завдань і регламентується відповідними нормативними документами і посібниками до них.

Ступінь деталізації опису території зростає зі зниженням рівня геосистем. При цьому збільшується кількість ідентифікованих об'єктів для кожного рівня, тобто у дію вступають вимоги щодо кондиційності інформації для різних масштабів узагальнення.

Визначаючи показники оцінювання перелічених складових географічної моделі, насамперед виконано аналіз негативних процесів, що різко знижують родючість ґрунтів. У свою чергу, обґрунтування і здійснення відповідних протидеградаційних заходів під час управління цими процесами може сприяти поліпшенню та відновленню або стабілізації продуктивності земель.

Друга частина вміщує опис базових характеристик географічної моделі, які зумовлюють ресурсний потенціал та стійкість земель до технологічного впливу. Ці характеристики є діагностичними для виділення й ідентифікації однорідних природно-меліоративних масивів та

ділянок. За результатами їх типізації виділяються контури найменших операційно-територіальних одиниць, у рамках яких інтегруються різнорідні потоки інформації під час формування просторової технологічної карти вирощування культур за ідеологією точного землеробства. Цю частину представлено у вигляді комплексу тематичних карт, карти типізації природно-меліоративних умов та атрибутивної інформації до них. Таксони типізації уособлюють контури (ділянки) земель з однорідними геоморфологічною будовою рельєфу, літологічним складом порід зони аерації та ґрунтів, умовами ґрунтоутворення, комплексністю ґрунтового покриву, умовами залягання ґрунтових вод та їх хімізму.

Під час заповнення паспорта об'єкта базова інформація може бути представлена саме позиційними кодами виділених територіальних одиниць (ОТО). Базові характеристики параметрів географічної моделі території відображують мінливість найбільш стійких елементів природно-агромеліоративних геосистем або ландшафтів.

У третій частині паспорта описують показники оцінювання кліматичних та агрокліматичних умов, їхню просторову мінливість, яка визначає варіабельність температурного режиму та режиму вологості, їхню відповідність вимогам сільгоспкультур.

У четвертій частині паспорта сконцентровано комплекс показників, що характеризують еколого-меліоративний стан земель (морфометрію й умови поверхневого стоку, стан та стійкість ґрунтів і порід підґрунтя до розвитку негативних процесів, стан забруднення ґрунтів і ґрунтових вод тощо). Інформація подається як у вигляді зведеного табличного матеріалу, так і у вигляді наборів спеціалізованих карт. Її доповнюють рекомендації щодо використання земель певної категорії стану.

П'ята частина паспорта вміщує найбільш динамічні у просторі й часі показники, які характеризують поживний та водний режими ґрунтів, стан забезпеченості вологою і поживними речовинами. Інформація представляється у вигляді електронних карт розподілу значень, моделей управління, рекомендацій.

Остання частина паспорта, що описує історію (ретроспективу) дій на полі, розглядається нами як перехідна до технологічних модулів та блоків. Вона виконує функцію з'єднувального ланцюга між природно-ресурсною основою (середовищем), рослинами (сільгоспкультурами) та технологічними операціями і режимами.

Таким чином, паспорт поля, як складова ГІС, вміщує комплект карт основних параметрів географічної моделі території, атрибутивну інформацію до них і результати обробки первинної інформації з визначенням площі виділених ареалів та їхнього розміщення на території об'єкта.

3.1.2. Основні джерела інформації ГІС

Для формування як регіональної бази знань, так і бази даних, насамперед геоінформаційної, в сучасних умовах особливого значення набувають питання джерел одержання інформації. Розв'язання цієї проблеми нами вбачається в реалізації системи моніторингу зрошуваних земель (еколого-меліоративної та водогосподарської підсистем), спеціальних обстежень і випробувань ґрунтів, із залученням під час формування інформаційних баз даних Держгідрометеослужби, регіональних служб “Центрдержродючості” Мінагрополітики (колишньої Агрохімслужби), Держкомприродресурсів України, матеріалів аерокосмічного моніторингу, а також даних із системи Інтернету. Вихідними даними для розробки як баз знань, так і уніфікованих галузевих баз даних мають стати також результати узагальнення існуючого досвіду ведення землеробства у різних кліматичних і природно-меліоративних регіонах, а також результати виконаних різними організаціями експериментальних досліджень з питань впливу водних меліорацій на стан та еволюцію ґрунтів, моделювання процесів і режимів ґрунтоутворення тощо.

Основні вимоги до організації, цільового призначення, рівня деталізації та кондиційності системи спостережень передбачають, що створення системи контролю ґрунтується на комплексному загальному і спеціальному природно-меліоративному або еколого-меліоративному районуванні території.

Описують точки за єдиною формою, що діє у системі державного моніторингу, та відповідно до кодів-ідентифікаторів заносять до бази даних точкової інформації.

Розміщуючи точки спостереження, враховують характер, місцезнаходження і форми прояву кожного з процесів, граничні умови як природні, так і техногенні, зміни самого показника у просторі й часі під впливом природних і техногенних чинників, насамперед зрошення, систем захисту рослин та добрив.

Точки спостережень можуть належати до регіональної, опорної або спеціальної мереж, безпосереднього випробування на полі.

Особливе значення для СТЗ має спеціальна мережа (локальний рівень моніторингу), що повинна бути джерелом інформації для оцінювання й моделювання процесів трансформації доквілля у часі залежно від діючих агротехнічних та агроіригаційних навантажень. До її складу входять свердловини регіональної або опорної мереж, шурфи, гідрохімічні кущі, сольові, фунтові й інженерно-геологічні стаціонари, метеопости, гідрологічні пости тощо. Спостереження ведуться за

процесами волого-, солеобміну і міграції техногенних забруднювальних речовин у ґрунтах зони аерації.

Спеціальні опорні ділянки закладають також для локального контролю за річною та багаторічною динамікою еколого-меліоративного стану території, у тому числі ґрунтових процесів, під впливом сільськогосподарського освоєння і зрошення на різних сівозмінах, плантажованих ґрунтах, дренажних ділянках з різними технічними характеристиками, на забруднених ділянках та ін. На цих ділянках контролюють як окремі групи показників (гідрогеологічні, інженерно-геологічні, ґрунтово-меліоративні, екологічні), так і їх сполучення. На спеціальних опорних ділянках ведуть спостереження за гідроморфною трансформацією ґрунтів та порід у різних природнокліматичних умовах; деталізують вивчення ґрунтово-меліоративних процесів, елементів водно-сольового балансу, гідрофізичних характеристик та їхніх змін у багаторічному розрізі, контроль за врожайністю сільськогосподарських культур. Нині постає питання організації мережі тестових наземних полігонів для калібрування дистанційних методів одержання оперативної інформації, створення відповідної бази даних для моделювання. Не менш важливою проблемою є і організація повторних суцільних ґрунтових обстежень, що дадуть змогу сформувавши якісне ґрунтово-меліоративне забезпечення СТЗ.

Інформація, одержана за точками регіональної, опорної та спеціальної мереж спостережень, має заноситися до банку даних спеціалізованої точкової змістовної або цифрової інформації. Вона є первинною для вирішення більшості завдань як моніторингу, так і системи прийняття рішень ПІК СТЗ.

Усі різновиди інформації повинні відображатися як у просторовій, так і дискретній формі. Просторова або картографічна, інформація є основою виконання оцінкових робіт, вміщує метричну частину, що описує позиційні властивості об'єктів та пов'язані з нею змістові атрибути. Дискретна, або точкова, інформація стосується конкретних просторово прив'язаних характеристик параметрів, які представляються у вигляді результатів безпосередніх вимірів, лабораторних досліджень, епюр, розрізів, ретроспективних чи статистичних рядів.

Просторова організація інформації ставить низку специфічних вимог до форм відображення, картографування (електронні версії) та подання атрибутивних даних (реляційні бази даних або таблиці). Згідно із змістовною інформацією паспорта точки формується комплект реляційних таблиць фактографічної бази даних до цифрової карти фактичного матеріалу. Фактографічна база має вміщувати таблиці з інформаційною структурою бази довідників, самих довідників, а також бази тематичних даних.

3.2. Представлення просторових даних у ГІС

3.2.1. ГІС як погляд на навколишній світ

Сприйняття навколишнього світу можна звести до розуміння процесів, які в ньому відбуваються, і опис яких у будь-якій формі ми називаємо даними.

Дані – це зареєстровані факти про явища.

Знання – перевірений практикою результат пізнання дійсності, правильне її віддзеркалення в мисленні людини, володіння досвідом і розумінням, які є правильними в суб'єктивному і об'єктивному відношенні, на підставі яких можна будувати думки і висновки, що здаються достатньо надійними для того, щоб розглядатися як знання.

Якщо в результаті переробки даних виникає приріст знань, то цей приріст є **інформацією**. Описуючи дані будь-якою мовою, самі дані і їх інтерпретація звичайно фіксуються спільно. Якщо ж для опису даних використовується ЕОМ, то дані та інтерпретація рознесені. Сьогодні немає достатніх засобів для обробки текстів різними мовами, тому ЕОМ має справу переважно з даними як такими, а семантика часто взагалі не фіксується в явному вигляді. Водночас існує необхідність автоматичної інтерпретації даних, і це завдання, зазвичай, покладають на програму, що працює з цими даними. Якщо при цьому з одними даними працює декілька програм, то вони повинні інтерпретувати дані однаково.

Як результат асоціювання даних і механізмів їх інтерпретації дані набувають деякого інтелектуального забарвлення і їх вже можна розглядати як відповідний погляд на навколишній світ. Подібне бачення світу носить абстрактний характер. Засоби інтерпретації повинні забезпечувати різнобічні погляди на одні і ті ж дані. І, з іншого боку, повинна існувати можливість одноманітного представлення різних даних. Інтелектуальний засіб, що дозволяє інтерпретувати дані відповідно до вищеперелічених вимог, називається **моделлю даних**.

Географічні явища і феномени нескінченно складні і різноманітні. Чим ближче ми знаходимося до будь-якого географічного об'єкта, тим більше деталей ми можемо бачити. Тому для абсолютно точного опису суті реального світу було б потрібно нескінченно великі бази даних. Для того, щоб бути обробленими засобами обчислювальної техніки, дані повинні бути редуційовані до кінцевих розмірів.

Створення бази даних може вимагати до 75% витрат на реалізацію проекту ГІС. База даних у ГІС більше, ніж просто сховище даних; дані в

ній **організовані** особливим чином, щоб забезпечити роботу з просторовими даними. Далі поняття бази даних розглядатиметься як уявлення або модель суті навколишнього світу для специфічного “просторового” застосування.

3.2.2. Основні типи представлення географічної сутності

Просторово-розподілені дані можуть бути представлені в базі даних за допомогою векторної або растрової моделей даних.

Растрова модель заснована на зберіганні графічної інформації у вигляді матриці або мережі чарунок. Для прив'язки пікселя растрового зображення до просторових координат використовується один з кутів пікселя або його центроїд. Дозвіл зображення залежить від розміру чарунок. Кожний чарунок до растру має дискретні атрибути.

Растрова ГІС представляє природні феномени відповідними чарунками матриці, кожен з яких є найменшою одиницею інформації, і його розміри можуть залежно від додатка варіюватися від декількох мікрон до кілометрів.

Прикладами використання растрової моделі у ГІС є:

- Дані дистанційного зондування, одержані ІСЗ;
- Цифрові моделі місцевості (DEM);

У векторній моделі просторових даних графічні дані представлені у вигляді об'єктів – точок, ліній і територій – з якими пов'язані атрибутивні дані. Координатами точок є декартові координати в деякій прямокутній системі координат (наприклад, у системі координат проекції Гаусса-Крюгера) або пари географічних координат – широта і довгота. Лінії або дуги представляються послідовністю точок. У векторній моделі є засоби для передачі топологічних відносин між об'єктами.

Растрові моделі мають простішу структуру даних і простіші методи для просторового аналізу, ніж векторні, але вимагають великих розмірів пам'яті в ЕОМ і обмежені в точності представлення географічної суті.

Будь-яка реальна географічна ситуація може бути представлена як у векторній, так і растровій моделі. Дані з растрової моделі можуть бути конвертовані у векторну модель і навпаки.

Атрибутивні дані у ГІС забезпечують зв'язок між місцеположенням символу і його значенням. Цим символом може бути як чарунок матриці в растрових ГІС, так і графічний об'єкт векторній ГІС. Зв'язок здійснюється за допомогою унікального номера просторового об'єкта. Непросторові дані можуть існувати в різних формах: у вигляді "плоского" файлу, ієрархічної, мережевої або реляційної бази даних.

"Плоский" файл – найпростіший спосіб зберігання атрибутивних даних. У "плоскому" файлі всі властивості географічної сутності, що відображається, містяться в одному файлі у вигляді таблиці. Всі записи про об'єкти мають однакову кількість полів і фіксовану довжину.

3.2.3. Ієрархічні, мережеві та реляційні бази даних

Розрізняють три класи баз даних: ієрархічні, мережеві і реляційні [2,3,5].

Ієрархічні моделі входять до складу даних за такою моделлю запису: утворюють деревоподібну структуру – кожна з них пов'язана з одним записом, ієрархії, що знаходиться на більш високому рівні. Доступ до будь-якого із записів здійснюється шляхом проходження за певним ланцюжком вузлів дерева з подальшим переглядом відповідних цим вузлам записів.

Для простих завдань ієрархічна система ефективна, але вона практично непридатна для використання в складних системах з оперативним відробітком запитів і розподіленою архітектурою. Ієрархічна організація не може забезпечити швидкодію, необхідну для роботи в умовах одночасного модифікування файлів декількома користувачами ГІС.

Мережеві моделі були покликані усунути деякі з недоліків ієрархічних моделей. У мережевій моделі кожний з вузлів може мати не один, а декілька вузлів – батьків. Записи, що входять до складу мережевої структури, містять покажчики, що визначають місцеположення інших записів, пов'язаних з ними. Така модель дозволила прискорити доступ до даних, але одне важливе завдання залишилося невирішене – зміна структури бази даних як і раніше вимагала значних зусиль і часу. Операції модифікації і видалення даних вимагали переставлення покажчиків, а маніпулювання даними залишилося орієнтованим на записі і описувалося мовою процедурною. Для пошуку окремого запису в ієрархічній або мережевій структурі програміст повинен спочатку визначити шлях доступу, а потім проглянути всі записи на цьому шляху. На кожному кроці доводиться визначати індивідуальні команди, що управляють, і умови, за допомогою яких обробляються виняткові ситуації.

Реляційні бази даних

СУБД реляційного типу звільняє користувача від всіх обмежень, пов'язаних з організацією зберігання даних і специфікою апаратури. Зміна фізичної структури бази даних не впливає на працездатність прикладних програм, що працюють з нею.

Ці СУБД надають користувачу потужні засоби роботи з даними і автоматично виконують такі системні функції, як відновлення після збою і одночасний доступ декількох користувачів до даних, що розділяються. Такий підхід позбавляє користувача від необхідності знати формати зберігання даних, методи доступу і методи управління пам'яттю.

Переваги реляційних моделей даних полягають у наступному. До розпорядження користувача надається проста структура даних – вони розглядаються як таблиці. Користувач може не знати, яким чином його дані структуровані в базі – це забезпечує незалежність даних. Можливо використання простих не процедурних мов запитів.

Спосіб опису і уявлення користувачу даних, прийнятий у реляційних системах, радикально відрізняється від способів, прийнятих в ієрархічних і мережевих моделях. Маніпулювання даними здійснюється за допомогою операцій, що породжують таблиці. Комбінуючи таблиці, вибираючи окремі стовпці і рядки користувач може однією операцією сформувати нові таблиці для відображення на екрані терміналу, для подальшої обробки або запису на зберігання. Таблична організація дозволяє недосвідченому користувачу швидше освоїтися зі системою. Кожен рядок у таблиці відповідає запису у файлі, який стовпці таблиці розбивають на поля.

3.2.4. Представлення відношень у ГІС

ГІС надають користувачу ефективні механізми для зберігання місцеположення географічної суті та їх атрибутів, але окрім цього в багатьох завданнях потрібно відстежити відношення між географічними об'єктами.

Між об'єктами в моделі просторово-розподілених даних можуть існувати просторові відношення: відстань між об'єктами, близькість, сусідство, подвійні відношення "знаходиться всередині", "знаходиться зовні", "перетинаються" тощо (рис. 3.1) [2,5].

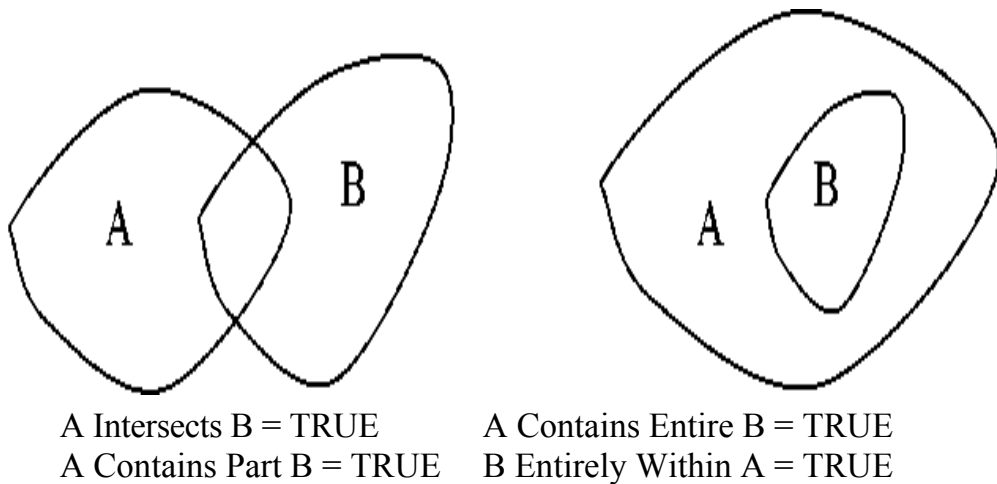


Рис. 3.1 Географічні оператори мови MapBasic

Відношення між об'єктами можуть також бути побудовані на основі метричної інформації про об'єкти. Наприклад, мова створення додатків ГІС Map info дозволяє з'ясувати взаємне розміщення об'єктів у просторі за допомогою спеціальних географічних операторів.

Таблиця 3.1

Географічні оператори мови MapBasic

| Оператор | Опис операторів |
|---------------------|--|
| A Contains B | Об'єкт А вміщує центроїд об'єкта В |
| A Contains Part B | Об'єкт А вміщує частину об'єкта В |
| A Contains Entire B | Об'єкт А вміщує весь об'єкт В |
| A Within B | Центроїд об'єкта А знаходиться всередині В |
| A Partly Within B | Частина об'єкта А знаходиться всередині В |
| A Entirely Within B | Об'єкт А цілком знаходиться всередині В |
| A Intersects B | А и В перетинаються хоча б в одній точці |

Інформація про географічну сутність представлена у вигляді просторових об'єктів, з якими пов'язані атрибутивні дані.

Модель даних задає правила структуризації просторових об'єктів і їх просторових атрибутів. Є два основних види моделей просторових даних – векторна і растрова. Вибір моделі даних залежить від вимог проекту. Як векторна, так і растрова моделі мають приєднані атрибутивні дані, що обробляються як “плоскі” файли, ієрархічні, мережеві і реляційні бази даних.

Топологія також визначає структуру просторових даних і є основою для кодування взаємозв'язків між об'єктами в ГІС.

3.3. Об'єкти і атрибути ГІС

3.3.1. Сутність і атрибути ГІС

Навколишній світ дуже складний для нашого безпосереднього розуміння.

Ми створюємо моделі реальності, що мають у деяких аспектах загальні властивості з досліджуваною сутністю реального світу. На основі цих моделей створюються бази даних.

Моделювання є одним найбільш поширених у науці понять. Спочатку слово “модель” визначалось як “зразок в малому вигляді”, зменшена копія об'єкта. Згодом моделями стали називати будь-які образи (зображення, опису, схеми, карти тощо) об'єктів, процесів, явищ, які використовувались як “заступник”, “представник”, оригіналу певної моделі.

Сутності реального світу в просторово-розподілених базах даних представлені *просторовими об'єктами*, з якими пов'язані атрибутивні дані.

Атрибут (attribute) – властивість, якісна або кількісна ознака, яка характеризує просторовий об'єкт (але не зв'язаний з його місцезнаходженням) і асоційований з його унікальним номером, або ідентифікатором; набори значень атрибутів (attribute value) зазвичай подаються у формі таблиць засобами реляційних СУБД; класу атрибуту (attribute class) при цьому відповідає ім'я колонки, або стовпця (column) або поля таблиці (field). Для впорядкування, зберігання і маніпулювання атрибутивними даними (attribute data) використовуються засоби систем управління базами даних, як правило, реляційних [6].

Сучасні **геоінформаційні системи** являють собою просторовий розподіл сутності у вигляді об'єктів: точок, ліній, ламаних, шляхів, площ, поверхонь. Атрибути містять просторову і непросторову інформацію про сутність і пов'язані з просторовими об'єктами ГІС (рис. 3.2).

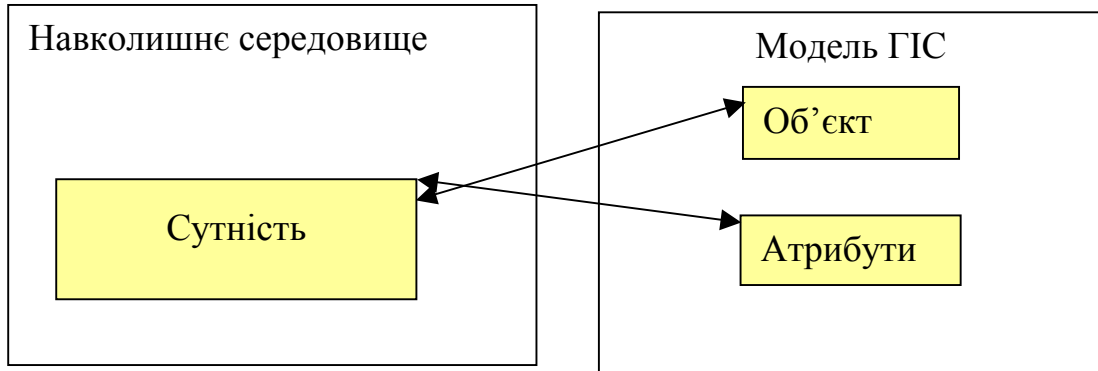


Рис. 3.2. Модель даних геоінформаційних систем

3.3.2. Просторові і непросторові дані

Дані в ГІС, зазвичай, розділяються на просторову і непросторову складові. Відмінність між цими даними не є чіткою через наявність тісного взаємозв'язку між ними (рис. 3.3).

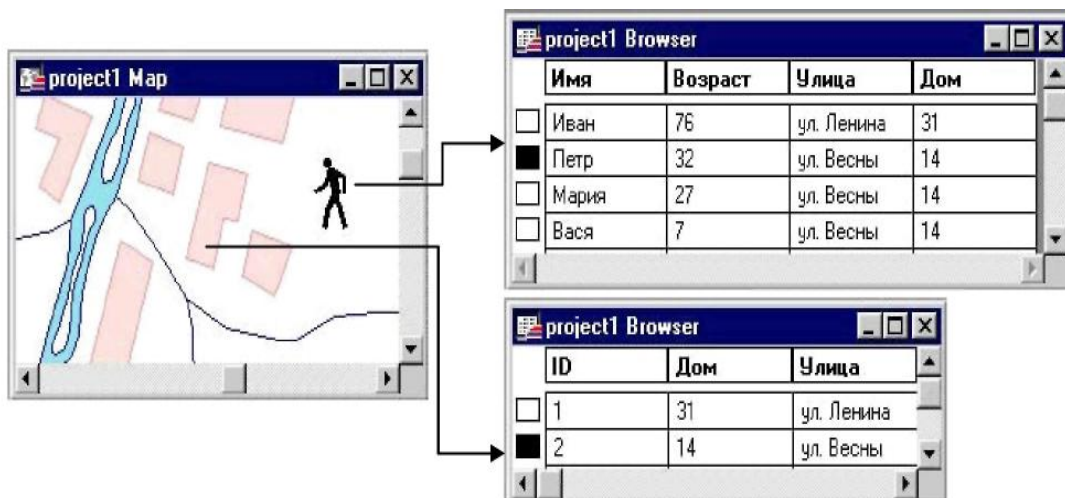


Рис. 3.3. Просторові і атрибутивні дані

3.3.3. Елементарні, складені, складні і точкові об'єкти

За ступенем складності просторові об'єкти підрозділяють на елементарні (прості), складені і складні [2,7,8].

Елементарний об'єкт має структурований опис семантичних і графічних атрибутів, а також фактів і характеру його взаємодії з іншими об'єктами.

Складений об'єкт має структурований опис, утворений групою інших об'єктів з певним (направленим) порядком їх проходження під час утворення визначуваного об'єкта.

Складний об'єкт утворюється групою інших об'єктів (елементарних, складених, складних), порядок проходження яких під час утворення визначеного об'єкта не фіксований.

Вибір сутності, яка буде відображена в моделі точковими об'єктами, залежить від масштабу карти, території, що вивчається тощо. Наприклад, на дрібномасштабних картах населені пункти представлені точками, а на великомасштабних – площадковими об'єктами. Загалом, умови, за яких сутність відображається точковим об'єктом, можуть бути виражені наступними положеннями:

- Просторове розташування сутності важливе.
- Метричні розміри сутності не важливі.
- Розмір об'єкта не виражається в масштабі моделі.

Точкові об'єкти – найпростіший тип просторових об'єктів. Координати кожної точки можуть бути представлені парою додаткових стовпців бази даних. У такому випадку кожен рядок – точка, вся інформація про точку поміщена в рядку, а стовпці, що не містять ординат – це атрибути. Точки не залежать одна від одної (рис. 3.4).

| ID | Власник | H, мм | X | Y |
|----|-----------|-------|-----|-----|
| 1 | Савін | 44 | 1,4 | 1,2 |
| 2 | Федорчик | 112 | 3,3 | 0,4 |
| 3 | Петренко | 83 | 2,1 | 1,9 |
| 4 | Кравченко | 67 | 3,3 | 3,1 |

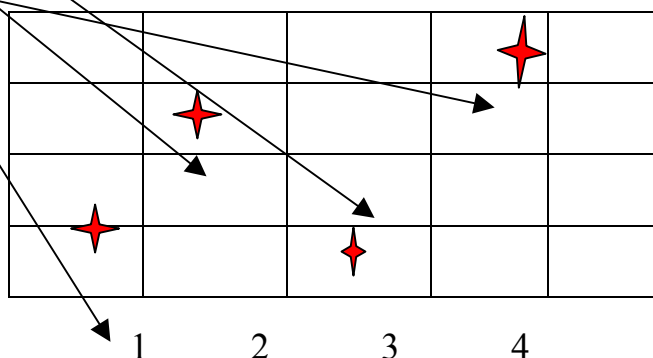


Рис. 3.4. Точкові об'єкти

3.3.4. Лінійні об'єкти і дані; площадкові дані

Лінійними об'єктами представляється сутність, “що не має ширину, а лише протяжність”. Лінійні дані часто називають мережами.

Приклади сутності, що представляється мережами: мережі інфраструктури, транспортні мережі (автодороги і залізниці), лінії електропередачі, газопроводи тощо. Природні мережі: річкова мережа.

Об'єкти лінійної мережі складаються з *вузлів* – місць, де лінія закінчується, уривається, і дуг, що сполучають вузли [2].

Вузол (*Node, junction*) – початкова точка (beginning point, start node) або кінцева точка (ending point, end node) дуги у векторно-топологічному представленні (лінійно-вузловій моделі) просторових об'єктів типу лінії або полігону; списку або таблиці. Вузли містять атрибути, що встановлюють топологічний зв'язок зі всіма дугами, що замикаються в ньому; вузли, утворені перетином два і лише двох дуг або замиканням на себе однієї дуги, носять назву псевдовузлів (*Pseudo node*) [2].

Дуга (*Arc, link*) – 1. Послідовності сегментів, що мають початок і кінець у вузлах; елемент (примітив) векторно-топологічних (лінійно-вузлових) уявлень лінійних і полігональних просторових об'єктів (див. лінія, полігон). 2. Крива, що описується відносно безлічі точок деякими аналітичними функціями.

Валентність вузла – кількість дуг, пов'язаних з вузлом. Закінчення лінії має валентність 1, вузли з валентністю 4 часто зустрічаються в дорожніх мережах, а з валентністю 3 – в мережі річок.

Різновидом мережі є дерево, що має тільки один шлях між парою вузлів. Більшість річкових мереж є деревами.

Приклади атрибутів дуг: напрям і обсяг трафіка, час руху за дугою; діаметр труби, напрям руху газу; напруга лінії електропередачі, висота стовпів.

Приклади атрибутів вузлів: назви пересічних у вузлі вулиць; кількість трансформаторів на підстанції.

Деякі атрибути пов'язані з частинами дуг: наприклад, частина залізничної гілки (представленою дугою) може проходити усередині тунелю.


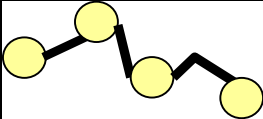





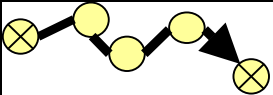
| | | | | | |
|-----|----------|---|-----|-----------------|---|
| 0-D | Точка |  | 1-D | Рядок |  |
| 0-D | Вузол |  | 1-D | Дуга |  |
| 1-D | Відрізок |  | 1-D | Направлена дуга |  |
| 1-D | Сегмент |  | 1-D | Ланцюг |  |

Рис. 3.5. Елементи лінійної мережі

Межі контурів можуть представляти різні природні феномени, такі як озера, ліси, крупні населені пункти, водосховища тощо.

1. Сутність є ізольованими зонами, що можливо перекриваються. Будь-яка точка може знаходитися всередині будь-якої кількості об'єктів. Об'єкти можуть не цілком покривати досліджувану область. Наприклад, лісові пожежі.

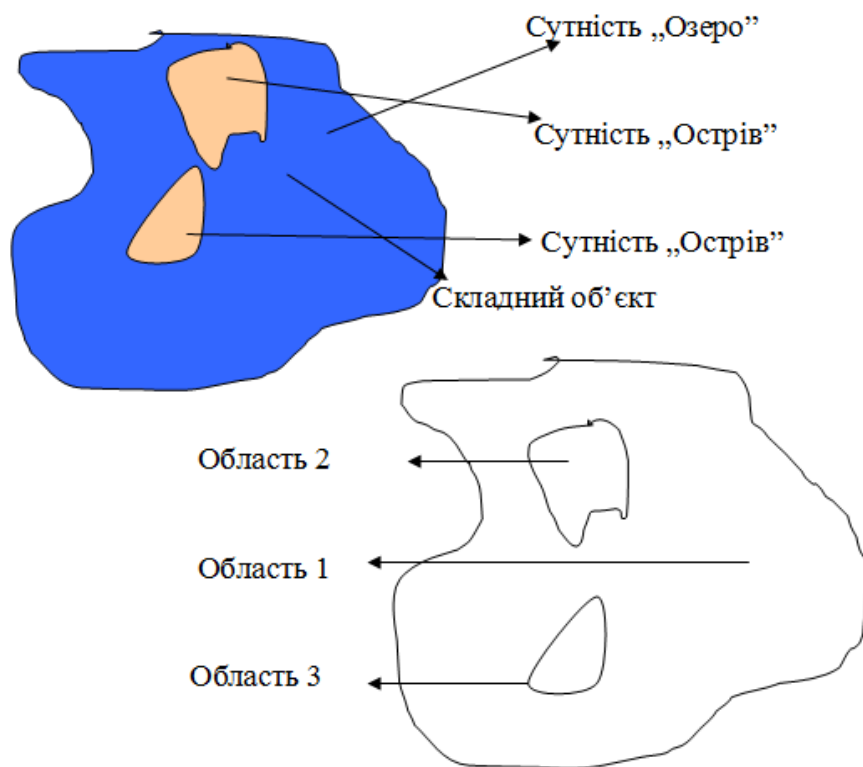


Рис. 3.6. Складні площадкові об'єкти

2. Будь-яка точка має знаходитися в середині одного об'єкта. Об'єкти цілком покривають досліджувану область. Кожна лінія межі розділяє два площадкові об'єкти. Площадкові об'єкти не можуть перетинатися.

3. Будь-який шар першого типу може бути перетворений на шар другого типу: кожен площадковий об'єкт може тепер мати будь-яке число атрибутів.

Площадкові об'єкти можуть мати "дірки", що мають набір атрибутів, відмінних від атрибутів основного об'єкта. Наприклад, на річках є острови.

3.3.5. Безперервні поверхні

Деяка сутність не може бути точно представлена у вигляді дискретних точок, ліній або областей. Деяка суть безперервно змінюється в просторі. Тому є об'єкти, які найкращим чином представляються в ГІС безперервними поверхнями.

Приклади безперервних поверхонь: рельєф, температура, тиск, щільність населення.

Характеристиками поверхонь є критичні точки:

- піки і поглиблення – найвищі і нижчі точки;
- лінії хребтів і низин – лінії зміни знаку кута нахилу поверхні;
- проходи – місце сходження двох хребтів або низин;
- дефекти – різкі зміни значення (наприклад, кручі);
- фронти – різкі зміни кута нахилу поверхні.

У програмному забезпеченні сучасних геоінформаційних систем немає стандартних методів представлення поверхонь, тому поверхні представляються у вигляді точок, ліній і областей.

Представлення поверхонь у вигляді точок називається цифровою моделлю місцевості і засновано на вибірці через регулярні інтервали значень з досліджуваної поверхні. В результаті виходить матриця значень, звана також растром, сіткою, ґратами. Багато цифрових моделей місцевості створюються саме у такому вигляді і можуть бути просто конвертовані в растрове зображення для візуалізації (рис. 3.7).

Представлення поверхонь у вигляді лінійних об'єктів ідентично тому, що ми бачимо на топографічних картах і засновано на використанні лінійних об'єктів. Лінії сполучають вибіркові точки, що мають однакові значення атрибуту (рис. 3.8).

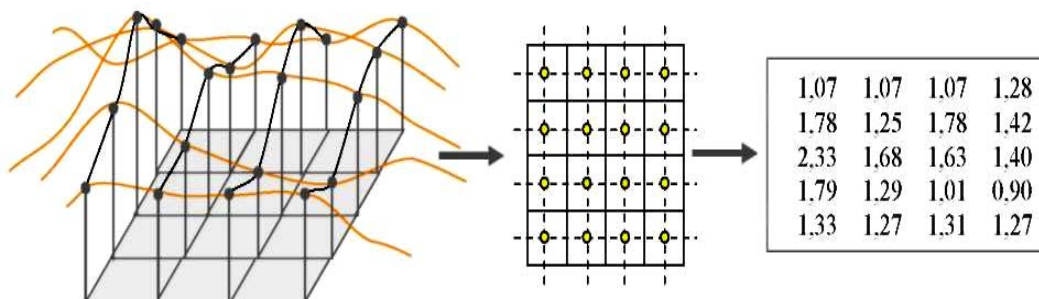


Рис. 3.7. Представлення поверхонь регулярною мережею точок

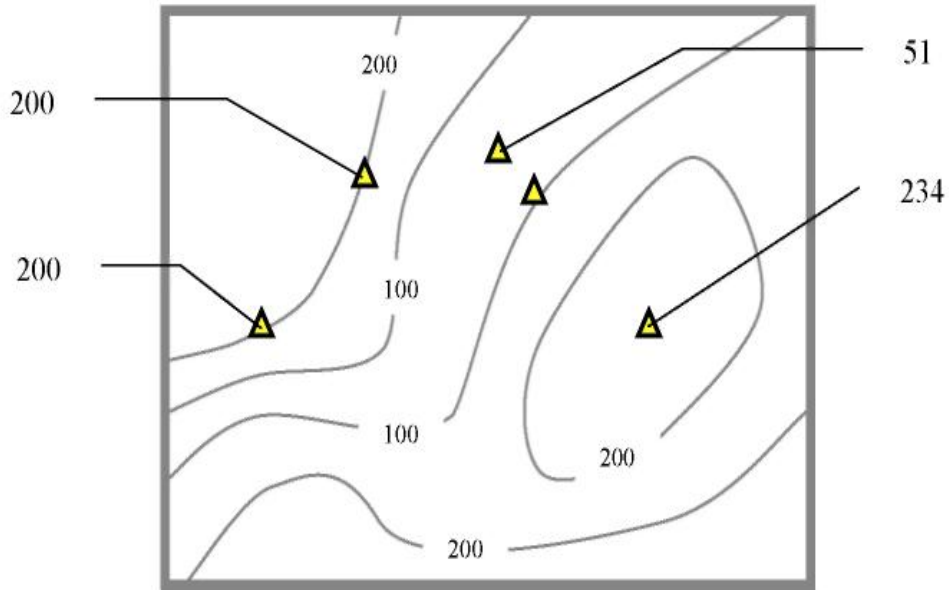


Рис.3.8. Представлення поверхонь ізолініями

Поверхні можуть бути представлені площадковими об'єктами, частіше всього трикутниками, оскільки ця фігура завжди опукла і лежить в одній площині. Представлення поверхні набором трикутників називається триангуляцією. Вибіркові точки є вершинами трикутників; трикутники цілком покривають досліджувану територію. Вибіркові точки частіше всього розташовуються в піках і западинах, уздовж ліній хребтів і низин. Результатом моделювання є вузли, сполучені дугами, і трикутники (рис. 3.9).

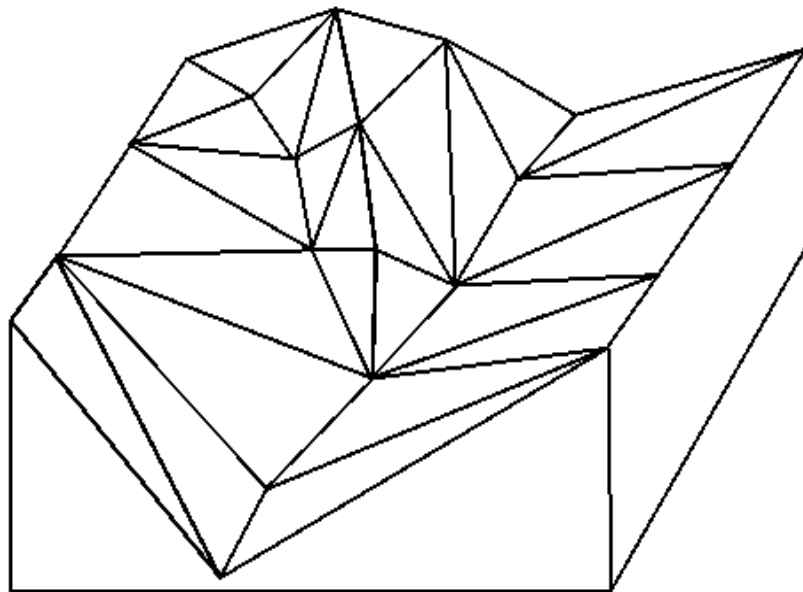


Рис. 3.9. Представлення поверхонь триангуляційною мережею

Використовуючи безперервні дані, ми часто хочемо знати значення атрибуту поза точками, лініями або вершинами трикутника, що представляють поверхню. Ці значення обчислюються шляхом інтерполяції по найближчих точках, в яких величина атрибуту відома.

Поверхні зазвичай мають один атрибут, але іноді можуть мати декілька (наприклад, багатозональні космічні знімки). Кожна чарунка має одне значення на всій описуваній нею площі.

3.4. Векторна та растрова моделі

3.4.1. Векторна модель даних

Векторна модель даних заснована на векторах (як протилежність покривають весь простір растровими структурами). Фундаментальним примітивом є точка. Об'єкти створюють шляхом з'єднання точок прямими лініями. Деякі системи дозволяють сполучати точки дугами кіл. Площадкові об'єкти визначаються як набір ліній. Термін полігон є синонімом “площадкового об'єкта” через використання прямих ліній для з'єднання точок.

Векторні бази даних створюються для різних цілей: векторна модель домінує в транспортних завданнях, комунікаціях, управлінні тощо. Для управління ресурсами, наприклад водними і земельними, використовуються як векторні, так і растрові ГІС. У векторній базі даних об'єкти збираються в єдине ціле за допомогою топології.

Топологічні відношення

Топологія – розділ математики, що дозволяє описувати зв'язаність і віддільність точок або ліній, що визначають взаємозв'язки об'єктів у ГІС.

Топологічні відношення є одним з найбільш корисних видів відносин, які підтримуються просторовими базами даних. Топологічна структура даних визначає, де і як точки і лінії з'єднуються у вузлах на карті. Порядок з'єднання визначає форму дуги або полігону.

Побудова топології. Об'єкти і атрибути дозволяють описувати умови, що існують на карті або в реальності. Векторні об'єкти, які використовуються для опису просторової зміни явища, мають підпорядковуватися деяким простим правилам:

- два площадкові об'єкти не повинні перекриватися;
- кожна точка простору, що вивчається, повинна знаходитися всередині тільки одного площадкового об'єкта (або на межі).

Якщо створюються або редагуються точки об'єктів шару, топологія має бути побудована заново. Побудова топології включає обчислення і кодування взаємозв'язків між точками, лініями і площадковими об'єктами.

Призначення планарних правил

1. Планарні правила використовуються для побудови об'єктів окремо від оцифрованих ліній. Точний і несуперечливий підхід до моделювання семантики об'єктів поза точками і лініями, що їх описують.

2. Прості планарні правила дозволяють автоматично виправляти деякі помилки, що виникають під час оцифрування.

3. Часто бувають необхідні при імпорті з інших геоінформаційних систем. Наприклад, якщо формати баз даних двох систем несумісні, то дані можуть бути передані без топології, яка згодом відновлюється за допомогою планарних правил.

Відображення векторних даних і запити

Об'єкти, що зберігаються в просторовій базі даних, можуть бути відображені на дисплеї комп'ютера за їх точками і дугами. Атрибути і типи об'єктів показуються з використанням кольорів, стилів ліній і шаблонів заливки.

Часто буває необхідно вибрати за якоюсь ознакою і відобразити частину інформації, що зберігається в просторовій БД. Наприклад, вивести на дисплей шар промислового використання земель на топографічній основі.

Деякі ГІС використовують для вибору мови запитів SQL.

Функції аналізу у векторних ГІС

Функції аналізу у векторних ГІС відрізняються від функцій аналізу растрових ГІС. Є більше можливості для роботи з окремими об'єктами; у різних обчисленнях, наприклад, обчисленнях площ об'єктів, використовуються координати об'єктів замість підрахунку кількості чарунок у растрових ГІС. Це зумовлює велику точність обчислень. Деякі операції виконуються швидше (пошук оптимального шляху в дорожній мережі), а деякі – повільніше (комбінування шарів, розрахунок буферних зон).

Накладення шарів

Уявімо, що декілька шарів мають побудовану топологію (потрібну в багатьох ГІС, хоч і не у всіх). Коли два шари комбінуються (поєднуються), результат також повинен задовольняти умовам планарних правил. Для цього знаходяться всі перетини ліній, і на кожному перетині створюється

новий вузол. Наприклад, пряма, що перетинає опуклий площадковий об'єкт, ділить його на два полігони. Топологічне накладення – загальна назва для комбінування шарів з використанням побудованої топологічної моделі. Для карти, що вийшла як результат комбінування шарів, топологічні зв'язки оновлюються.

Для накладення шару точкових об'єктів на шар площадкових об'єктів використовують відношення “міститься в”. Результатом такої операції є новий атрибут для кожної точки, наприклад, комбінування шару будинків і плану земель дає місцевість, в якій міститься кожен будинок (рис. 3.10).

У разі накладення полігонів їх межі розбиваються на кожному перетині об'єктів.

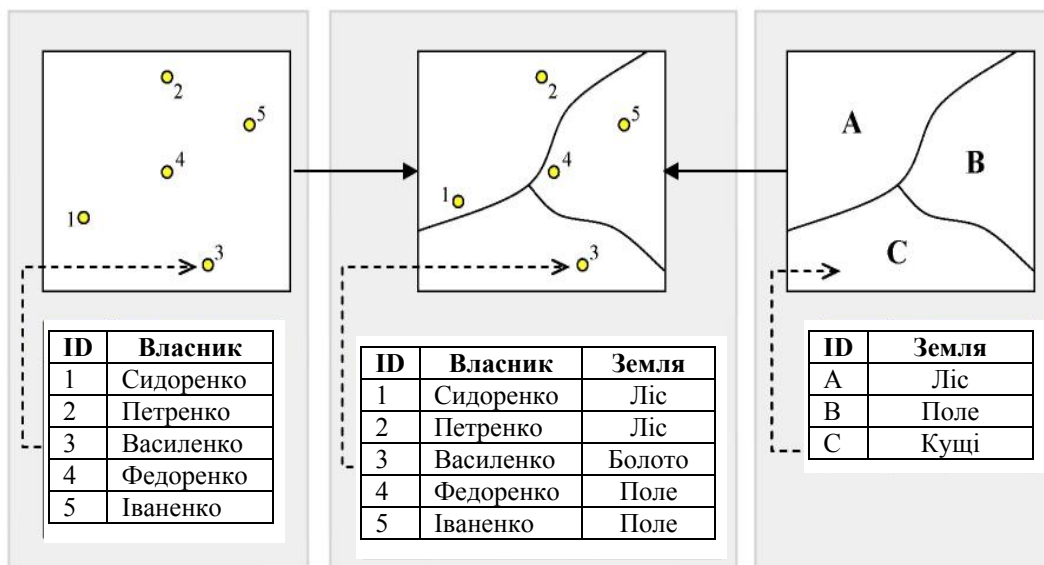


Рис. 3.10. Комбінування шару точок і полігонів

Накладення лінійних об'єктів на площадкові також використовує відношення “міститься в”. Лінії розриваються у кожному їх перетині з межею полігону. Кількість ліній як результат цієї операції стає більше. Полігон, що містить лінію, стає новим атрибутом кожної лінії. Наприклад, потрібно визначити район, яким проходить кожен сегмент шару дороги (рис. 3.11).

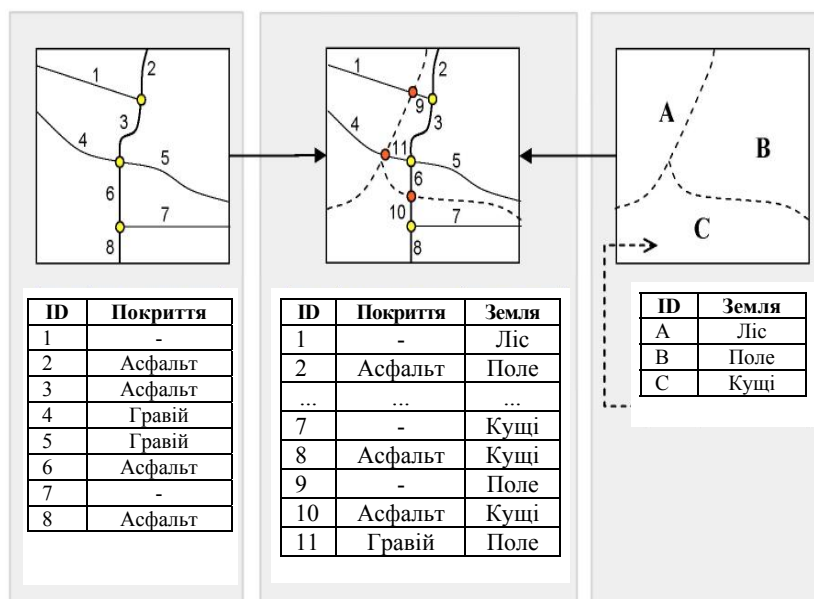


Рис. 3.11. Комбінування шару ліній і полігонів

Резюме

- Векторні просторово-розподілені бази даних використовують точкові, лінійні і полігональні об'єкти для представлення географічної сутності.
- Топологічні відношення між об'єктами можна описати в рамках топології “вузол-дуга” за допомогою вузлів, дуг і полігонів.
- Вузли, дуги і полігони описують 0-, 1-, 2-мірна суть навколишнього світу.
- Після створення або редагування об'єктів топологія кожного разу має бути побудована за допомогою планарних правил
- Функції аналізу у векторних ГІС відрізняються від функцій аналізу растрових ГІС – дають більше можливості для роботи з окремими об'єктами.

3.4.2. Модель даних растрових ГІС

Растрова модель описує характер досліджуваного географічного явища на всій території і генералізує реальний світ. Растрова модель представляє навколишній світ у вигляді регулярної мережі чарунок. Растрова модель є найпростішою з поширених моделей просторових даних.

Растр – набір даних, що мають географічний характер, значення яких організовані в прямокутний масив об'єктів.

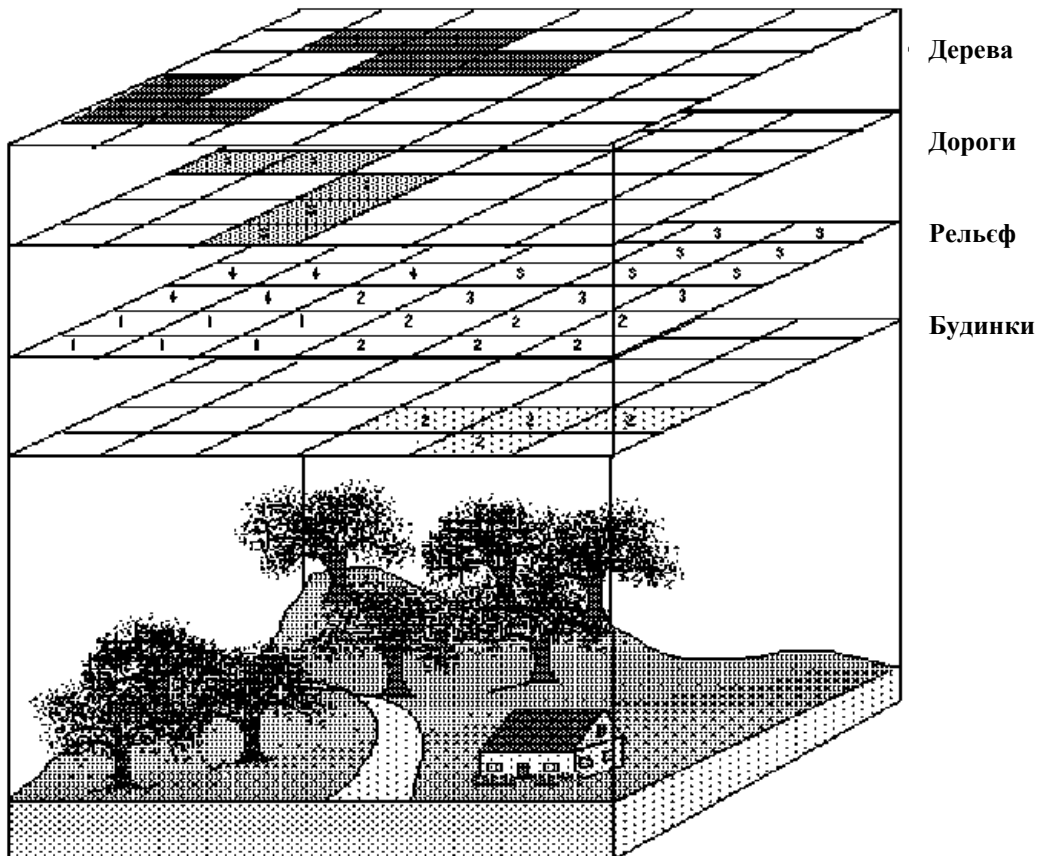


Рис. 3.12. Растрова модель даних

Характеристики растрових шарів

Дозвіл растрового шару можна охарактеризувати як мінімальний лінійний розмір найбільш дрібної частини географічного простору, для якого в шарі записуються дані. Зазвичай ця частина прямокутна, але найчастіше – квадратна.

Орієнтація шару – кут між дійсною географічною північчю і напрямом, заданим лінією стовпців растру.

Зона растрового шару – безліч дотичних кліток растру, що мають однакове значення. Не всі растрові карти містять зони – якщо клітки шару містять значення безперервно явища, що змінюється в просторі, цей шар не міститиме зон.

Значення чарунок – інформація, що зберігається в шарі, про географічне явище за рядками і стовпцями. Чарунки, що належать одній зоні, мають однакові значення.

Місцеположення визначається впорядкованою парою ординат (номером рядка і стовпця чарунки). Зазвичай відомі реальні географічні координати декількох кутів растрового зображення.

Вибірка значень чарунок і топологія растрової моделі

Значення чарунки може вибиратися одним з трьох способів:

- значення агрегують за всіма точками простору, що покриваються чарункою;
- значення вибирають з точки, яка знаходиться в центрі чарунки;
- значення вибирають з точок, що збігаються з вузлами мережі.

Коли дані надходять із стороннього джерела, буває важко визначити, яким з трьох способів вибрано значення чарунок. Проте прийнято вважати, що для даних дистанційного зондування як стандартний прийнятий перший спосіб, а для цифрових моделей місцевості – другий або третій.

Між другим і третім способом вибірки немає принципових відмінностей, але існує небезпека переплутати відповідність номерів рядків і стовпців растру реальним місцеположенням у просторі. Якщо в растрі є m стовпців і n рядків, то в разі використання другого способу є nm центральних точок, а третього способу – $(n+1)(m+1)$ кутових точок.

Відмінності між способами вибірки значень чарунку іноді ігноруються, і растр розуміється просто як масив чарунок.

Растрові шари

У більшості випадків з чарункою растру зв'язано тільки одне значення. Сукупність цих чарунок із зв'язаними значеннями утворюють растровий шар. База даних може містити декілька таких шарів, але вони повинні бути ідеально вирівняні. Кожен шар повинен бути сумісний з рештою шарів. У всіх шарах повинна бути однакова кількість рядків і стовпців, і вони повинні відображати одне місцеположення в просторі.

Типи даних чарунок. Типи значень, що містяться в чарунках, залежать як від типу модельованої географічної сутності, так і використаного програмного забезпечення ГІС.

Різні системи дозволяються використовувати різні класи значень: цілі числа, дійсні числа, строкові значення. Більшість систем, що працюють з растровими зображеннями, використовують для значень чарунок тільки цілі числа.

Цілі значення часто використовуються як коди, що ідентифікують клас чарунки території, що покривається:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 – Немає об'єктів 1 – Сільськогосподарські землі 2 - Ліси 3 - Автодороги |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | |
| 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | |
| 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | |

Рис. 3.13. Кодування класів цілими числами

Практичне використання растрових даних

Багато додатків у ГІС використовують для своїх завдань растрові зображення. Дисплей комп'ютера відображає цифрові карти в растровому вигляді, цифрові камери використовують растрові матриці, зображення в WEB також растрові (є на увазі HTML).

Для зберігання растрів у комп'ютері існує безліч стандартів. Деякі з них, наприклад, geoTIFF, є навіть просторово-кодованими.

Деякі види просторово-розподілених даних, такі як цифрові моделі місцевості і дані дистанційного зондування, надходять, зазвичай, в растровому вигляді.

Просторовий аналіз у растрових ГІС

Аналітичні можливості растрових моделей. Використовуючи растрову модель даних, часто втрачаються деталі. Але растрова модель має потужні аналітичні можливості, і ця перевага набагато значніше, ніж недолік точності представлення просторових даних. Для складного маніпулювання растром на локальному, фокальному, зональному рівнях, для опису характеристик растрів, для пошуку взаємозв'язків використовують вбудовані ГІС-математичні функції і оператори.

Опис характеристик растру. Під час роботи з растровими просторово-розподіленими даними дуже важливо мати процедури автоматичного опису змісту растрового шару. Зокрема, для одного шару, а також для будь-якої зони шару може бути обчислений статистичний опис, який включає середнє значення, медіану, найбільше значення, що

часто зустрічається, дисперсію та інші статистичні характеристики. Для декількох шарів може бути проведене їх статистичне порівняння, наприклад, як класи пікселів одного шару пов'язані з класами пікселів іншого шару. Це може бути зроблене за допомогою регресійного або дисперсійного аналізу.

Локальні операції. Локальні операції створюють новий растровий шар з одного або декількох вхідних шарів. Значення чарунки нового шару залежить тільки від значень чарунок вхідних шарів, що мають ті самі растрові координати. Застосування арифметичних операцій вимагає наявності відповідної шкали вимірювань. Якщо значеннями чарунок є коди класів, безглуздо застосовувати до них математичні або статистичні функції.

Зональні операції. Растрову модель просторово-розподілених даних можна використовувати для представлення однорідних зон або класів майже таким чином, як це робиться за допомогою полігонів. Зональні операції використовуються для аналізу цих зон.

Операції виявлення зон. Шляхом аналізу суміжних кліток растрового зображення визначаються всі зони, що мають однакове значення. Кожній такій зоні привласнюється унікальний номер.

Площа, периметр зони. Для кожної зони обчислюється площа або периметр і обчислене значення привласнюється кожній чарунці растру замість номера зони. Інший варіант – формується таблиця, в якій для кожного номера зони указується площа і периметр.

Периметр обчислюється шляхом підсумовування довжин меж зовнішніх пікселів зони. Точність обчислень площі і периметра сильно залежить від орієнтації зони.

Також можуть обчислюватися відстань пікселів від межі зони, визначатися форма зони. Остання операція виконується порівнянням периметра зони і квадратного кореня з її площі. Якщо їх відношення розділити на 3,54, ми одержимо число, що змінюється від 1 для кіл (найбільш компактна форма розміщення пікселів) до 1,13 для квадратів. Більше значення цього числа відповідає більш витягнутим зонам.

Робота з даними висотних відміток

Дані височини є основними компонентами під час аналізу ландшафту. Растрові файли височин називаються цифровими моделями височини. Вивчимо підходи до розробки наступних шарів карти зі складу первинних даних: височина; нахил; вид; межі водорозділів; розташування каналів; режими вологості.

Первинні дані. Експериментальна база даних представляє дані про височини, як про деяку кількість точок на поверхні конкретного поля у двох різних типах файлів. Спочатку необхідно провести інтерполяцію серед зареєстрованих точок даних для побудови поверхні височин. З цієї поверхні надалі можна створити інтерпретації, передбачені у вищенаведеному списку.

Побудова DEM. Цифрова модель висот (DEM) є растровим масивом даних височин. У подібній карті, територія розділена на регулярну безліч квадратних кліток. Для побудови DEM з експериментальних точок, необхідно виконати дві основні операції:

- об'єднати всі експериментальні точки в єдиний файл;
- провести інтерполяцію висот серед експериментальних точок і зберегти їх у растровому масиві.

Перша операція – нескладна, її результат зображення зміни висот представляється зміною кольорів.

Можливості інтерполяції

Ландшафти, особливо ті, які підходять для ведення сільського господарства, формувалися протягом тисячоліть, внаслідок руху вод та інших природних факторів. Результатом цього процесу є топографія, що плавно варіюється, з різкими розривами тільки в місцях, що швидко руйнуються (береги). З математичної точки зору перша похідна математичної моделі ландшафту є безперервною. Таким чином, укіс такого місця лише небагато відрізняється від укосів, що безпосередньо межують на планах, і ця зміна в укосах по всій території відрізняється. Це є прямим результатом процесу водної ерозії.

Один з математичних підходів до обчислення поверхні, що безперервно змінюється, у складі експериментальних точок називається *splining*. Відомо, що прямі (регресія) лінії не завжди підходять до експериментальних даних. Іноді крива лінія потрібна для більш точного відображення даних. Якщо дані безперервно змінюються вгору і вниз (скажімо, *over time*) ніяке одне рівняння не зможе представити цілу криву. Для інтерполяції даних використовуються пакети ArcView, Digital тощо.

Таким чином *splines* формуються, приєднуючи багаточленне рівняння до відміток даних. Це може бути представлено як еластична поверхня, натягнута на дану територію і сполучена (разом з річками) з відомими оціненими величинами.

Метою є обчислення височини для центра кожної клітки сітки одержане за допомогою IDW (рис. 3.14).

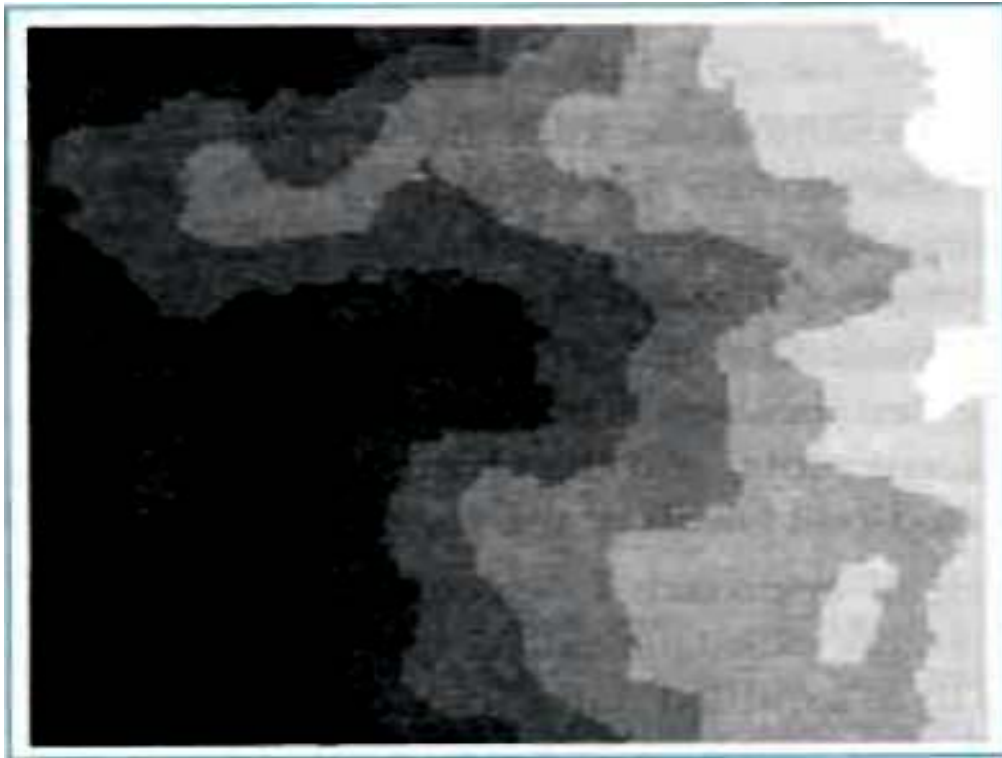


Рис. 3.14. Цифрова модель височини з IDW

Для побудови карти використовували наступні параметри:

- Карта: Об'єднаний файл точок височини.
- Метод: IDW.
- Z величини поля: височина.
- Радіус (для вибраних точок): метрів.

3.4.3. Можливості ГІС під час аналізу даних в агросфері

Імпорт даних. Більшість наших даних локального сільського господарства доступні у файлах ASCII, які необхідно інтерпретувати і переформатувати у файли ГІС. Використання ArcView, Digital дає можливість створення програмних операторів, які імпортують необхідні дані.

Робота із системами координат і проекціями. Всі координати широти/довготи вимірюються з використанням супутників GPS. Це забезпечує повноту даних. Але ГІС досить добре обладнана для змішування різних даних з найширшого спектра координатних систем і проекцій [2].

Інтерполяція даних – конверсія даних, яка пов'язана з точками проведення вимірювань до створення повноцінної карти.

Візуалізація. Можливість ГІС полягає у відображенні цифрових карт так, щоб їх можна було легко інтерпретувати. Вся графіка цього тексту створюється у ГІС і експортується як графічні файли для взаємодії з текстовим документом. Існує можливість змінювати розміри, форми і кольори символів точок, кольори і лінії форм і кольори даних у растровому форматі.

Ми легко можемо проаналізувати дані, представлені у двовимірному і тривимірному просторі. ГІС забезпечує нас найширшим спектром інструментів для візуалізації даних. Ці інструменти дозволяють нам здійснювати наступні дії:

- Показувати один шар даних.
- Вибирати кольори, використані під час зображення карт.
- Вибирати розмір і форму використаних символів.
- Накладати тематичні дані з різних карт.
- Об'єднувати два тематичних шари, використовуючи колір для одного з них, і встановлюючи інтенсивність кольору для іншого.
- Просто накладати тематичні шари.
- Бачити тематичні шари в тривимірному зображенні.

Двовимірна візуалізація. Візуалізація просторових даних завжди була найпоширенішою функцією ГІС. Візуалізація забезпечує повне взаєморозуміння між комп'ютером і людськими здібностями. Комп'ютер обробляє величезні масиви просторової інформації для того, щоб людина могла легко її інтерпретувати, коли інформацію подано у вигляді зображення. За допомогою збільшення, панорамування, редагування кольорів і вибору інформації для її накладення у вигляді тематичних шарів, збільшуються можливості розпізнавання.

Тривимірна візуалізація. ГІС дозволяє нам вибирати той або інший масив даних для його представлення як височини. Для рівнинних територій та крупних фермерських територій ГІС дозволяє збільшувати представлення височин і долин, які ґрунтовно впливають на переміщення води і поживних речовин.

Вибір даних. Основою для аналізу сільського господарства є здатність вибирати і змінювати інформацію. Використовуючи ГІС, ми можемо відбирати дані, вибираючи записи з бази даних, визначаючи територію для аналізу знаходячи записи, які відповідають необхідним математичним умовам. Дані можуть бути відібрані, розсортовані і знову об'єднані з іншими даними.

Статистичний аналіз – ГІС швидко розробляють просторову статистику. Часто подібні розробки виконуються за допомогою програмної взаємодії між ГІС і різними статистичними пакетами. Наукові дослідження проводяться у багатьох установах для застосування складних статистичних технологій до інтерпретації і аналізу даних локального сільського господарства.



Завдання для самостійного опрацювання

1. Концептуальна модель організації даних.
2. Характеристика нормативно-регламентуючої бази.
3. Модулі, з яких складається локальна інформаційно-довідкова база об'єкта.



Запитання для обговорення на семінарському занятті

1. Основні принципи організації інформаційних баз даних.
2. Основна функція інформаційної бази даних.
3. Основні підсистеми загальної інформаційної моделі ПАСМ.
4. Що таке база знань?
5. Які блоки містить інформаційне забезпечення ГІС?
6. Що таке СУБД, АРМ, БД?
7. Чим відрізняється БД від бази знань?
8. Чи є БД інформацією службового використання?
9. Як захистити ГІС? Від чого і кого слід захищати ГІС?
10. Показники родючості ґрунту.
11. Що описує бонітет ґрунтів?
12. Приклади об'єктів ГІС, приклади спеціалізованих карт.
13. Що таке растр, візуалізація, інтерпретація даних?
14. Типи даних чарунок. Від чого залежать значення чарунки нового шару?
15. Приклади практичного використання растрових даних.
16. За допомогою чого можуть бути представлені в базі даних просторово розподілені дані?
17. Три класи баз даних.
18. У чому представлена сутність у просторово розподілених базах даних?
19. Визначення терміна "атрибут". Де його застосовують?
20. Визначення термінів: елементарний об'єкт, складений об'єкт, складний об'єкт, точковий об'єкт, лінійні об'єкти, площадкові дані.
21. Що ми називаємо тріангуляцією?
22. Приклад просторових і непросторових даних.
23. Як створюються векторні бази даних?
24. Що таке топологія? Топологічні відносини між об'єктами.
25. Для чого в ГІС застосовують накладання шарів?



Теми для рефератів та доповідей

1. Методологія створення інформаційної бази.
2. Основні принципи організації інформаційної бази.
3. Загальна система вимог організації інформаційної бази.
4. Формування та наповнення бази даних.
5. Етапи розробки концептуальної моделі організації даних.
6. Етапи створення бази знань.
7. Формування системи загально-довідкової інформації.
8. Банки даних, їх функції.
9. Представлення просторових даних у ГІС.
10. Геоінформаційні системи моделюють світ.
11. Концепція векторних та растрових ГІС.
12. Просторовий аналіз у растрових ГІС.



ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

| | |
|----------|--|
| 1 | Що є кінцевою метою програмно-інформаційного забезпечення ПК СТЗ? |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Оптимізація прийняття управлінських рішень при оперативному управлінні технологічними процесами сільськогосподарського виробництва.2. Фіксація координатною прив'язкою неоднорідності поля, або будь-якого об'єкта в межах господарства, масиву.3. Формування електронних технологічних карт. |
| 2 | Мета оцінювання агроеліоративного стану земель. |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Встановлення ціни для продажу продукції.2. Просторова диференціація земель за станом та ефективністю їх використання.3. Для визначення сейсмічної стійкості. |
| 3 | Що таке дані? |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Метрологічна інформація.2. Результати досліджень.3. Зареєстровані факти про явища. |

| | |
|----------|--|
| 4 | Дайте визначення терміну “знання”. |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Перевірений практикою результат пізнання дійсності. 2. Віддзеркалення в мисленні людини перебігу подій. 3. Будувати думки і висновки, що здаються достатньо надійними. |
| 5 | Дайте визначення терміну “модель”. |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшена копія об'єкту. 2. Детальний опис події. 3. Узагальнене відображення об'єктів, процесів. |
| 6 | Що таке “елементарний об'єкт”? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Об'єкт, який має структурований опис семантичних і графічних атрибутів, а також фактів і характеру його взаємодії з іншими об'єктами. 2. Об'єкт, який має структурований опис, утворений групою інших об'єктів з певним (направленим) порядком їх проходження під час утворення визначуваного об'єкту. 3. Об'єкт, який утворюється групою інших об'єктів (елементарних, складених, складних), порядок проходження яких під час утворення визначеного об'єкту не фіксований. |
| 7 | Що таке “складений об'єкт”? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Об'єкт, який утворюється групою інших об'єктів (елементарних, складених, складних), порядок проходження яких під час утворення визначеного об'єкта не фіксований. 2. Об'єкт, який має структурований опис, утворений групою інших об'єктів з певним (направленим) порядком їх проходження під час утворення визначуваного об'єкта. 3. Об'єкт, який має структурований опис семантичних і графічних атрибутів, а також фактів і характеру його взаємодії з іншими об'єктами. |

| | |
|----------|--|
| 8 | Що таке “складний об'єкт”? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Об'єкт, який має структурований опис, утворений групою інших об'єктів з певним (направленим) порядком їх проходження під час утворення визначуваного об'єкта. 2. Об'єкт, який має структурований опис семантичних і графічних атрибутів, а також фактів і характеру його взаємодії з іншими об'єктами. 3. Об'єкт, який утворюється групою інших об'єктів (елементарних, складених, складних), порядок проходження яких під час утворення визначеного об'єкта не фіксований. |

| | |
|----------|--|
| 9 | Що таке точкові об'єкти? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Найпростіший тип просторових об'єктів. 2. Сутність, яка не має ширини, а лише протяжність. 3. Сутність, яка має ширину і довжину. |

| | |
|-----------|--|
| 10 | Що таке лінійні об'єкти? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Найпростіший тип просторових об'єктів. 2. Сутність, яка не має ширини, а лише протяжність. 3. Сутність, яка має ширину і довжину. |

| | |
|-----------|---|
| 11 | Що називається тріангуляцією? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Представлення поверхні набором ізоліній. 2. Представлення поверхні набором точок. 3. Представлення поверхні набором трикутників. |

| | |
|-----------|--|
| 12 | Що означає термін “вузол”? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Початкова, або кінцева точка дуги у векторно-топологічному представленні. 2. Місце перетину багатьох ліній. 3. Крива, що описується відносно безлічі крапок деякими аналітичними функціями. |

| | |
|-----------|--|
| 13 | Що означає термін “дуга”? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Початкова, або кінцева точка дуги у векторно-топологічному представленні. 2. Місце перетину багатьох ліній. 3. Крива, що описується відносно безлічі крапок деякими аналітичними функціями. |

| | |
|-----------|---|
| 14 | Що таке векторна модель? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Визначається як набір ліній. 2. Заснована на векторах, де фундаментальним примітивом є точка. 3. Представляє навколишній світ у вигляді регулярної мережі чарунок. |

| | |
|-----------|---|
| 15 | Що таке площадкова модель? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Визначається як набір ліній. 2. Заснована на векторах, де фундаментальним примітивом є точка. 3. Представляє навколишній світ у вигляді регулярної мережі чарунок. |

| | |
|-----------|---|
| 16 | Що таке растрова модель? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Визначається як набір ліній. 2. Заснована на векторах, де фундаментальним примітивом є точка. 3. Представляє навколишній світ у вигляді регулярної мережі чарунок. |

| | |
|-----------|--|
| 17 | Що означає термін “растр”? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Набір даних, що мають географічний характер, значення яких організовані в прямокутний масив об'єктів. 2. Конверсія даних, яка пов'язана з точками проведення вимірювань до створення повноцінної карти. 3. Конверсія даних, яка пов'язана з точками, значення яких організовані в прямокутний масив об'єктів. |

| | |
|-----------|--|
| 18 | Що означає термін “інтерполяція даних”? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Конверсія даних, яка пов'язана з точками, значення яких організовані в прямокутний масив об'єктів. 2. Конверсія даних, яка пов'язана з точками проведення вимірювань до створення повноцінної карти. 3. Набір даних, що мають географічний характер, значення яких організовані в прямокутний масив об'єктів. |

| | |
|-----------|---|
| 19 | Що таке топологія? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Порядок з'єднання, який визначає форму дуги або полігону. 2. Один з видів відносин, які підтримуються просторовими базами даних. 3. Розділ математики, який описує зв'язаність і віддільність точок або ліній, що визначають взаємозв'язки об'єктів в ГІС. |

| | |
|-----------|--|
| 20 | Що визначає топологічна структура даних? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Визначає порядок з'єднання дуги або полігону. 2. Визначає взаємозв'язки об'єктів в ГІС. 3. Визначає, де і як точки і лінії з'єднуються у вузлах на карті. |

| | |
|-----------|--|
| 21 | За ступенем складності просторові об'єкти підрозділяють на: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Елементарні (прості), складені і складні. 2. Легкі, середні, складні. 3. Одновимірні, двовимірні, тривимірні. |

| | |
|-----------|---|
| 22 | Об'єкти лінійної мережі складаються: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. З точок на лініях. 2. З дуг і ліній. 3. З вузлів – місць, де лінія закінчується, уривається, і дуг, що сполучають вузли. |



ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ

1. Ромащенко М.І. Інформаційне забезпечення зрошуваного землеробства / Ромащенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.Д. – К. : Аграрна наука УААН, 2005. – 194 с.
2. Де Мерс. Географическое информационные системы : / Мерс Де, Н. Майкл ; пер. с англ. – М. : Дата⁺, 1999. – 489с.
3. Подборка материалов по ГИС на информационном сайте:www.ksru.edu
4. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення / М.І. Ромащенко, С.А. Балюк. – К. : Світ, 2000. – 114 с.
5. Подборка материалов по ГИС на информационном сайте www.ksau.kherson.ua
6. Светличный А.Л. Географические информационные системы: технология и приложения / Светличный А.Л., Андерсон В.И., Плотницкий С.В. – Одеса : Астропринт,1997. – 196 с.
7. Цикритзис Д., Лоховски Ф. Модели даних / Д. Цикритзис, Ф. Лоховски. – М. : Финансы и статистика,1986. – 344 с.
8. Ширяев Е.Е. Картографическое отображение, преобразование и анализ геоинформации / Е.Е. Ширяев. – М. : Недра, 1984. — 248 с.
9. Ушкаренко В.О. База знань у зрошуваному землеробстві / В.О. Ушкаренко, В.В. Морозов, К.С. Лисогоров // Таврійський науковий вісник. – Херсон : Айлант, 2001.– № 19. – С. 19-22.
10. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологи / В.Я. Цветков. – М. : Финансы и статистика, 1998. — 288 с.
11. Морозов В.В. Геоінформаційні системи (ГІС) в агросфері / Морозов В.В., Лисогоров К.С., Шапоринська Н.М. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2007.

4. ЗАСТОСУВАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ДІАГНОСТУВАННЯ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ

 У результаті вивчення цього розділу ви повинні знати:

- сутність понять: ґрунти, агроекологічний потенціал (АП), земельні ресурси, площа розораності земель, вторинне засолення, підтоплення, осушення ґрунтів, техногенна забрудненість, програмне забезпечення, аерофотознімання, локальне землеробство;
- основні складові агроекологічного потенціалу ґрунтів;
- сучасний стан використання земельних ресурсів;
- несприятливі природно-антропогенні процеси;
- техногенну забрудненість ґрунтів і агроландшафтів;
- програмне забезпечення ГІС під час діагностування агроекологічного стану ґрунтів і ландшафтів;
- застосування системи локального землеробства;
- методичні аспекти розвитку локального сільського господарства;
- дані ГІС та їх застосування в агросфері;
- аналіз даних, отриманих за допомогою ГІС-технологій;

 На основі набутих теоретичних знань ви повинні вміти:

- визначати сутність понять: ґрунти, агроекологічний потенціал (АП), земельні ресурси, площа розораності земель, вторинне засолення, осушення ґрунтів, техногенна забрудненість, програмне забезпечення, аерофотознімання, локальне землеробство;
- характеризувати сучасний стан використання земельних ресурсів;
- давати визначення понять: підтоплення, зсуви, абразія, карст, селеві процеси, водна та вітрова ерозія, яружно-лінійна ерозія ґрунтів, вторинне засолення, осушення ґрунтів;
- характеризувати техногенну забрудненість ґрунтів і агроландшафтів;
- орієнтуватись в роботі з програмним забезпеченням ГІС для діагностування агроекологічного стану ґрунтів;
- аналізувати технологічні можливості локального сільського господарства;
- визначати мету застосування системи локального землеробства;

- характеризувати методичні аспекти розвитку локального сільського господарства;
- наводити етапи адаптації локальної системи землеробства.

| КЛЮЧОВІ ТЕРМІНИ І ПОНЯТТЯ | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ ґрунти ➤ агроекологічний потенціал ➤ площа розораності земель ➤ природно-антропогенні процеси ➤ водна та вітрова ерозії ➤ вторинне засолення ➤ осушення ґрунтів ➤ техногенна забрудненість ➤ ГІС-технології ➤ Програмне забезпечення ➤ аерофотознімання ➤ дистанційне зондування ➤ локальне землеробство | <ul style="list-style-type: none"> ➤ операційна система ➤ методичні аспекти ➤ просторові бази даних (ПБД) ➤ аналіз та обробка даних ➤ інформаційно-консультативна система ➤ характеристика ґрунту ➤ цифрові карти височини ➤ аеро- і супутникові зображення ➤ збір та аналіз даних ➤ інструменти аналізу ГІС ➤ моделювання ➤ обробка зображень |

4.1. Агроекологічний стан ґрунтів

4.1.1. Агроекологічне оцінювання ґрунтів

Ґрунт – природно-історичне органо-мінеральне тіло, що утворилося на поверхні земної кори і є осередком найбільшої концентрації поживних речовин, основою життя та розвитку людства завдяки найстарішій своїй властивості – родючості (Закон України “Про охорону земель”).

Ґрунт – це тонкий верхній шар земної кори, який виник унаслідок його перетворення під впливом води, повітря, організмів і має природну родючість (Современная украинская энциклопедия).

Ґрунти складаються з твердої, рідинної (ґрунтової вологи) та газоподібної (ґрунтового повітря) частин, рослин, тварин, мікроорганізмів і є однією із складових біосфери, базовим компонентом будь-якого ландшафту. Функціонування ґрунтів – значно впливає на стан ландшафтів і біосфери загалом, а через них – на якість середовища існування населення. Крім того, ґрунтовий покрив є основою

сільськогосподарського виробництва, визначаючи у багатьох випадках регіональну специфіку землекористування.

Ґрунти – багатофункціональні системи, що мають важливе екологічне значення. Вони виконують функцію середовища існування, акумулятора і джерела речовини та енергії для організмів, проміжного ланцюга між біологічним і геологічним кругообігами, захисного бар'єра та умови нормального функціонування біосфери загалом тощо. Названі функції ґрунтів утворюють їх **екологічний потенціал**.

4.1.2. Агроекологічний потенціал

Агроекологічний потенціал (АП) – здатність ґрунтів виконувати функцію сільськогосподарських угідь, створювати оптимальні умови для росту і розвитку сільськогосподарських рослин, а також підтримувати екологічну рівновагу в агроландшафтах і природному середовищі. АП визначається за показниками, що характеризують: потужність гумусного шару ґрунту; вміст поживних речовин (фосфор, калій); рівень і мінералізацію ґрунтових вод; біотичний потенціал або біопродуктивність земельних угідь (середньорічне продуктивне зволоження, період вегетації, середньорічний радіаційний баланс); стійкість ґрунтів до забруднення (суми активних температур, крутизна схилів, кам'янистість, структурність, питомий опір, механічний склад, вміст гумусу, тип водного режиму, реакція рН, ємність іонів, залісненість, розораність, господарська освоєність); забрудненість радіонуклідами (цезій, стронцій, плутоній, америцій), важкими металами (валовий вміст у ґрунті бору, молібдену, марганцю, цинку, кобальту, нікелю, міді, хрому, свинцю та інших), пестицидами і мінеральними добривами з урахуванням природних особливостей ґрунтів; несприятливі природно-антропогенні процеси (ступінь ураженості територій яружною і площинною ерозією, зсувами, суфозією лесових порід, дефляцією, карстом, селями, засоленням, підтопленням, просіданням і зсувами над гірничими виробками тощо).

Розглянемо основні складові агроекологічного потенціалу ґрунтів України. За даними Держкомстату України, на початок 2000 року земельний фонд держави становив 60,4 млн га. Сільськогосподарські землі займають 72% території, з них сільськогосподарські угіддя – 69,3, у тому числі рілля – 54,4, перелоги – 0,4, багаторічні насадження – 1,6, сіножаті – 3,8, пасовища – 9,1%. Лісові та інші насадження становлять 17,2%, заболочені землі – 1,6, відкриті землі без рослинного покриву – 1,8, землі, вкриті водою – 4,0%.

4.1.3. Сучасний стан використання земельних ресурсів України

Внаслідок проведення земельної реформи у державній власності залишається 29,7% сільськогосподарських угідь, які використовуються переважно для забезпечення наукової діяльності, з навчальною метою, а також для насінництва. Реорганізовано понад 10 тис. колгоспів, створено 42 тис. фермерських господарств, сформовано понад 11 млн власників особистих підсобних господарств, присадибних ділянок, садів.

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується невизначеністю у співвідношенні між сільськогосподарськими угіддями, незбалансованістю біохімічних речовин і енергії в агроландшафтах, недосконалістю протиерозійних систем охорони ґрунтів та моніторингу земельних ресурсів. Назване зумовлює не тільки зниження потенційної родючості ґрунтів, але й порушення екологічної стійкості навколишнього середовища, зниження продуктивності сільськогосподарських угідь. За сучасних умов землеробства щорічні втрати гумусу становлять 600-700 тис. т, а поживних речовин – 100 кг/га і більше. Наприклад, чорноземи України, що становлять майже 8,5% світових запасів чорноземних ґрунтів, колись містили до 8-10% гумусу. За авторитетними свідченнями вчених, наші чорноземи втратили за останні 100 років 25-30% гумусу і 20-30% своєї родючості.

Погіршуються також водно- і агрофізичні властивості ґрунтів. Особливо негативно впливають на стан агроландшафтів розораність сільськогосподарських угідь, несприятливі природно-антропогенні процеси, техногенні викиди промисловості, забрудненість радіонуклідами і пестицидами тощо.

Згідно з чинними нормами, **площа розораності земель** у загальній площі на рівні 60-80% вважається несприятливою, 25-60 – умовно сприятливою і менше 25 – сприятливою. Оптимальну оцінку розораності земель мають незначні території, переважно в Українському Поліссі, гірських районах Карпат і Криму. Нині в Україні є надзвичайно високий рівень розораності території: тільки близько 8% площі (5 млн. га) знаходиться у природному стані (болота, озера, ріки, гори). Сільськогосподарська освоєність земельного фонду становить 72,2% суші, зокрема розораність становить 57,3%. Найвищу сільськогосподарську освоєність території мають землі Запорізької (88%), Миколаївської (87%), Кіровоградської (86%), Дніпропетровської, Одеської (83%) та Херсонської (82%) областей. Дещо нижча вона в лісостепових областях, у півтора – два рази менша в межах Полісся.

Розораність земель в Україні є найвищою в світі. Для порівняння: в США розораність території становить 19%, Франції і Німеччині – 33, Італії – 31%, тобто мають сприятливі та умовно сприятливі характеристики. Висока розораність небажана з економічної і екологічної

точок зору, адже вона різко знижує природний потенціал території, робить її одноманітною, а господарство – вузькоспеціалізованим.

Таким чином, сучасне використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам раціонального природокористування, а саме: порушено екологічно допустиме співвідношення площ ріллі, природних кормових угідь, багаторічних насаджень. Це також негативно впливає на стійкість природних ландшафтів до техногенного навантаження.

4.1.4. Несприятливі природно-антропогенні процеси

Несприятливі природно-антропогенні процеси – це зсуви, ерозія, суфозія, дефляція, карст, селі, засолення, підтоплення, просідання тощо. За 1960-1996 роки кількість випадків прояву небезпечних процесів зростає в середньому у 3-5 разів. На 80% міських територій спостерігається прояв близько 20 видів небезпечних для населення природно-антропогенних процесів, серед яких загрозливими залишаються **підтоплення, зсуви, абразія, карст**. Найбільше вони відбуваються у Волинській, Тернопільській, Хмельницькій, Вінницькій, Одеській, Херсонській областях України та Автономній Республіці Крим. У 2240 населених пунктах України підтоплюється 800 тис. га земель, а у 200 – відбуваються зсуви і карсти.

В Івано-Франківській і Закарпатській областях, Автономній Республіці Крим на 70% гірських водозаборів, переважно в низькогір'ї, розвинуті **селеві процеси**. В Україні ними уражено 3-25% території.

Водною та вітровою ерозією охоплено понад 17,0 млн га сільськогосподарських угідь, або 40,9% їх загальної площі. Найбільше еродовано ґрунтів у Донецькій (70,6%), Луганській (62%) і Одеській (56%) областях. Еродовані землі охоплюють 4,7 млн га середньо- і сильно змитих, у тому числі 68 тис. га таких, що цілком втратили гумусний горизонт. Загалом в Україні щорічне збільшення площі еродованих земель становить в середньому близько 80-120 тис. га. Економічні збитки тільки через ерозію ґрунтів перевищують 9,1 млрд гривень.

Ще більш небезпечною є **яружно-лінійна ерозія ґрунтів**. Лінійний розмив руйнує не тільки ґрунт, а й весь природний комплекс. У процесі утворення яружно-балочних систем з обороту вилучаються величезні площі сільськогосподарських земель. З розвитком ярів знижується рівень підґрунтових вод, землі стають непридатними для житлового, промислового і шляхового будівництва. Одним з найбільших лих після ерозії ґрунтів є, мабуть, їх **вторинне засолення**, головна причина якого – незбалансоване зрошення.

Ерозія та вторинне засолення ґрунтів призводять до опустелювання земель. На зрошуваних землях урожайність спочатку значно підвищилась,

але згодом вони стали непридатними через "білу отруту". Так називають місцеві жителі сіль, якою забиті всі пори ґрунту і його поверхня внаслідок випаровування мінералізованих ґрунтових вод. Саме тому деградують і втрачають родючість зрошувані землі. Зокрема, на 80% зрошуваних площ відбувається процес техногенного підтоплення; 14% від загальної площі поливних земель піддаються ерозії; 5 – перезволожуються, 7,7 – становлять ґрунти з підвищеною кислотністю; ураженість процесами вторинного засолення ґрунту становить 11-25%.

До масового зрошення на значних територіях росли дикі трави, чагарники, на розумно зрошених землях була постійно висока врожайність полів і садів. Нині через перезволоження, надлишок води в ґрунтах, їх засоленість гинуть дерева, поля, сади, виноградники. У найближчих до полів селах вода заливає погреби, значно погіршується стан питної води, особливо навколо Північно-Кримського, Каховського, Інгулецького та Краснознам'янського магістральних каналів.

Негативні наслідки має також *осушення ґрунтів* на Поліссі. Так, 43,2% площі земель з осушувальною мережею мають підвищену кислотність; 7,6 – засолені, 10,7 – перезволожені, 12,8 – заболочені, 18,4 – піддаються вітровій і 4,6 – водній ерозії.

Якщо узагальнити всі зміни, то майже на 22 відсотках території України можна спостерігати сильно, дуже сильно уражені та непридатні до повного використання ґрунти. Така ситуація значно погіршує умови проживання і виробничої діяльності населення, особливо негативно впливає на стан його здоров'я. Це вимагає необхідних науково обґрунтованих заходів, спрямованих на підвищення родючості земель та одержання екологічно чистих продуктів харчування.

4.1.5. Техногенна забрудненість ґрунтів і агроландшафтів

Техногенна забрудненість ґрунтів залежить від їх типу, кількості надходження промислових відходів, радіонуклідів, пестицидів і мінеральних добрив. Низькобуферні малогумусні дерново-підзолисті ґрунти можуть зазнавати значного впливу забруднювальних речовин. В умовах кислого середовища вони трансформуються у більш рухомі сполуки, мігрують до нижчих шарів і ґрунтових вод. В умовах нейтрального або лужного середовища на високобуферних ґрунтах (чорноземних, темно-каштанових) забруднювальні елементи, як правило, знаходяться в пасивному стані та малодоступній для рослин формі.

Значної екологічної шкоди земельним ресурсам завдає забрудненість ґрунтів викидами промисловості та хімізації в сільському господарстві. У містах загальним джерелом забруднення ґрунтів *важкими металами* є підприємства чорної та кольорової металургії,

легкої промисловості, ТЕЦ. Небезпека забруднення ґрунтів визначається не тільки вмістом важких металів, але й класом небезпеки окремих токсикантів. До першого класу шкідливості відносять арсен, кадмій, ртуть, селен, свинець, цинк, фтор, бензапирен; до другого – бор, кобальт, нікель, мідь, молібден, сурму, хром; до третього – барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій, їх вміст у ґрунтах може оцінюватися як за валовими, так і рухомими формами елементів. Багато з них можуть призводити до захворюваності людей.

Складний характер має **забруднення ґрунтів хімічними засобами захисту рослин**. Зменшення у кілька разів обсягу використання **пестицидів** в останні роки хоча і сприяло зниженню забруднення ґрунтів та сільськогосподарської продукції отрутохімікатами, але ситуації суттєво не змінило. Це зумовлено тим, що залишкова кількість пестицидів знаходиться в ґрунті тривалий час. Чим більше пестицидне навантаження на ґрунти, тим вища їх шкідливість для населення. Пестициди можуть спричиняти інтоксикацію, алергійні реакції, пониження імунної реактивності, ураження нервової системи, патологічний стан печінки, серцево-судинної системи та інше.

Близько 50% загального приросту врожаю забезпечують **мінеральні добрива**, 25% – технології вирощування. Однак не варто забувати, що неправильне використання мінеральних добрив – азотних, фосфорних, калійних, комплексних та інших – супроводжується небажаною побічною дією: в забрудненні природного середовища і пояснюється незбалансованим використанням добрив, відхиленням від норм їх внесення. Деякі види мінеральних добрив можуть сприяти підвищенню кислотності ґрунтів, накопиченню в них небезпечних залишків. Відомо, що рослини засвоюють лише 50% азотних та 10-20% фосфорних добрив, решта – вимиваються атмосферними опадами. У разі неправильного використання мінеральних добрив у природному середовищі може накопичуватися у підвищених кількостях азот, фосфор, калій. Це призводить до підкислення ґрунтового розчину, забруднення ґрунтових вод у результаті фільтрації добрив (особливо азотних), підвищення вмісту нітратів, сульфатів, хлоридів у колодязній воді, накопичення залишкових запасів нітратного азоту в продукції рослинництва, забруднення водосховищ, річок залишками добрив внаслідок процесів ерозії тощо, що завдає шкоди здоров'ю людей, тварин, рибному господарству.

Впродовж останніх 30-40 років агроландшафти України постійно зазнавали різних видів радіаційної забрудненості – атмосферних викидів радіонуклідів внаслідок випробування ядерної зброї, відходів під час переробки сировини на підприємствах ядерно-паливного циклу тощо. До 1986 року радіаційний стан на території України визначався переважно такими радіонуклідами, як калій-40, радій, торій і лише частково стронцієм-90 і цезієм-137.

Крім того ґрунт – це специфічний компонент біосфери, оскільки він не тільки геохімічно акумулює компоненти забруднень, а й виступає як природний буфер, який контролює міграцію хімічних елементів та сполук в атмосферу, гідросферу та живу речовину. Проблема забруднення ґрунтів є вельми актуальною і стала предметом досліджень багатьох учених – екологів, геохіміків, ґрунтознавців, меліораторів, землевпорядників, агрономів.

4.1.6. Програмне забезпечення ГІС під час діагностування агроекологічного стану ґрунтів і ландшафтів

Для діагностування агроекологічного стану ґрунтів і ландшафтів, прийняття оптимальних екологічних і економічних управлінських рішень виникла необхідність застосування сучасних ефективних засобів, за допомогою яких істотно можна прискорити вирішення проблем екології ґрунтів. Одним з таких засобів є застосування геоінформаційних систем (ГІС).

Перш за все, це використання різноманітного програмного забезпечення (програмні пакети Arc View, Map Info, Arc Info, Digital) у ґрунтознавстві, для діагностування агроекологічного стану ґрунтів, що дозволяє значно прискорити процес обробки великої кількості інформації та її графічного відображення.

Однією з основних переваг використання такого програмного забезпечення є те, що за його допомогою набагато ефективніше вирішуються задачі виявлення, аналізу та прогнозування напряму розвитку закономірностей у процесах сучасного ґрунтоутворення.

Слід зазначити, що підхід у діагностуванні рівня токсичності елементів та сполук у ґрунтах за вкрапленого введення інформації був запропонований ще у 1956 році академіком Ковдою В. А., а реалізовано його було дещо пізніше, в методиці картографування ґрунтів. Це відбулося під час обстеження території СРСР на масову частку рухомих форм мікроелементів у ґрунтах Європейської частини держави. Як картографічну основу при цьому було використано ґрунтові карти масштабів 1:5000000 та 1:10000000. Вказаний підхід був єдино правильним, адже більш якісної картографічної основи на той час не існувало. Для обстеження застосовували методи інтерполяції та екстраполяції (за недостатньої кількості точок та нерівномірного їх розміщення). За результатами досліджень було створено відповідні картосхеми вмісту мікроелементів на вказаній території.

Сьогодні, у разі застосування ГІС-технологій, ми маємо якісну картографічну основу – геодезичну. За наявності її в електронному вигляді – переваги очевидні, окрім графічного відображення ситуації є

можливість отримати додатково необхідну інформацію, таку як площа території за агроекологічними класами, відстань між межами класів у лінійних одиницях (м, км) тощо. Крім того, за необхідності, можливо створити картосхеми, що містять інформацію про територіальну розміщеність елементів та сполук у ґрунтах водночас за кількома параметрами. Тобто, якщо ми маємо регіон з перевищенням ГДК за вмістом у ґрунті кількох елементів (за кожним окремо), то можливо легко визначити райони, де має місце перевищення ГДК у сукупності за кількома окремими елементами шляхом нашарування растрових або растрово-векторних моделей масової частки в ґрунтах окремих елементів.

Таким чином, застосування ГІС-технологій є дуже важливим для визначення екологічно небезпечних регіонів, проведення агроекологічного моніторингу, діагностування та складання картосхем ґрунтів тощо.

4.1.7. Аерофотознімання і дистанційне зондування Землі

Аерофотознімання, база багатьох видів просторового аналізу, має давню традицію використання для оцінювання і управління лісами, водними об'єктами та іншими природними ресурсами, оскільки фотографії дозволяють аналітикам охоплювати великі ділянки землі одним поглядом. Ґрунтознавці використовують ці фотографії для розпізнавання невеликих змін типів ґрунтів на великих площах, а також як основу для ґрунтових карт. Фахівці з урбаністики використовують їх для оцінювання величини населення через підрахунок житлових будівель за відомої середньої кількості жителів на одну будівлю. Геологи давно вже використовують аерофотознімання як джерело інформації про просторовий розподіл форм рельєфу, а також глибинних феноменів, таких як соляні куполи і зони розломів.

Кольорову спектрональну плівку, спочатку названу плівкою виявлення маскування, було розроблено здебільшого за участю військових. На літаках встановлюють й інші, більш екзотичні прилади, такі як **радары бічного огляду** (side-looking airborne radar (SLAR)), **скануючі радіометри** (scanning radiometers), **цифрові відеокамери і цифрові фотоапарати**. Таким чином, використання аерофотознімання як засобу збору географічної інформації давно існує і все ще актуальне для невеликих площ. Для великих територій, таких як цілі країни, витрати засобів і часу дуже великі. Проте, великі площі можуть досліджуватися іншими методами, багато з яких реалізовані за допомогою супутників, що літають за сотні і тисячі кілометрів від земної поверхні.

Велика відстань між чутливим приладом і його об'єктом дозволяє супутникам оглядати великі площі одночасно, оскільки супутникові

прилади дистанційного зондування обертаються навколо Землі, вони здатні зібрати інформацію майже про всю планету. Як вказувалося, є широкий діапазон зондуючих пристроїв, кожен зі своїми спектральними, часовими і просторовими характеристиками. Деякі супутники створені для спостережень за погодою, інші можуть "бачити" і наземні об'єкти. Супутникові камери дальнього інфрачервоного діапазону, дозволяють геологам виявляти гарячі точки і передбачати вулканічну активність. А прилади супутників, що знаходиться на високій орбіті (10-20 тис.км), дозволяють побачити відразу поверхню цілої півкулі планети.

Дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) не є безпосередніми. Аерофотознімання, радари і цифрові знімки дистанційного зондування надають уявлення про загальну ситуацію на поверхні Землі. Хоча інформація ДЗЗ не містить, типів рослинності або видів людської діяльності, аналітики можуть використовувати ці дані як непрямі ознаки того, що реально знаходиться та відбувається на визначених ділянках поверхні планети. Здебільшого ці дані мають бути оброблені фахівцями, досвідченими в їх **дешифруванні**, перш ніж категорії об'єктів будуть адекватно встановлені.

Область супутникового дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) завдяки впровадженню нових систем з чутливими пристроями, або **сенсорами**, все більше розширює сфери його застосування і є перспективним напрямком в управлінні агроecosystemами та агросферою [1,12].

4.2. ГІС на локальній сільськогосподарській ділянці

4.2.1. Застосування системи локального землеробства

Застосування системи локального землеробства на сьогодні розповсюджується дуже швидко. Наукові установи АПК розробляють та надають користувачам технології локального землеробства.

Мета застосування системи локального землеробства – оцінити потенційну продуктивність сільськогосподарської ділянки та визначити заходи щодо її ефективного використання, на основі комбінування гідрогеолого-меліоративного стану ґрунту і агроландшафту, вмісту поживних речовин, агрокліматичної характеристики регіону і можливостей її власника. Проблема вирішується за допомогою адаптації інформаційно-консультативних систем із застосуванням ГІС-технологій.

4.2.2. Стан вивчення проблеми

Нині до розвитку напряму локального землеробства приєднуються великі господарства і фермери, які є виробниками сільськогосподарської продукції, підприємства, які виготовляють устаткування, сільськогосподарські консультанти і університети. Цей інтерес був багато в чому викликаний надзвичайним зменшенням витрат на збір, зберігання і аналіз величезного масиву даних. Наприклад, стеження за історією 10-гектарного поля вимагає для себе величезну кількість інформації, пов'язаної з рівнем і якістю урожаю, хімічною і механічною обробкою, внесенням добрив, погодою, вологістю ґрунту, витратами і доходами. Для поля розміром у 100 га, його управління з дозволом у 10 га вимагає 16 різних параметрів даних, кожний з яких пов'язаний з історичною інформацією.

Локальне сільське господарство припускає гнучке управління з можливим просторовим дозволом у 20 квадратних метрів. Для подібного дозволу існує вже 6400 параметрів даних на 100 га. При дозволі в 5 метрів кількість параметрів даних на 100 га досягає 100000. Зрозуміло, що для цього потрібна велика вибірковість під час збирання даних, їх зберігання, і за спроб їх обробки. Потрібна також модифікація сільськогосподарської техніки, так інформацію з подібним дозволом можна було б легко одержати і використати під час управління полем.

Вартість необхідного програмного забезпечення для аналізу і зберігання даних помітно знижується. Сьогодні програмне забезпечення, що належить до аналізу просторово організованих даних стало звичайною справою в міських і регіональних організаціях управління, а саме – застосування географічної інформаційної системи (ГІС). Але ГІС до недавнього часу не порушувала тему сільського господарства.

Найбільші витрати під час розробки ГІС, зазвичай, припадають не на програмне або апаратне забезпечення – найбільших витрат завжди вимагав збір даних. За два останні десятиліття вартість збору даних з дозволом, відповідним для проведення моніторингу локального сільськогосподарського підприємства дуже сильно знизилася. Це стало результатом повного здійснення глобальної системи розташування – global positioning system (GPS) і відповідних технічних досягнень, які зробили можливим швидко ідентифікацію всякого місцезнаходження за дозволу менш одного метра.

Глобальна система розміщення починалася як підприємство військового призначення, що об'єднала велику кількість комерційних додатків. Супутники, обертаючись орбітою Землі на висоті 10-15 тис. км, передавали точно встановлені часові сигнали, які давали можливість приймачам точно проводити триангуляцію їх положення на поверхню

Землі. Точність всякого приймача заснована на рівні його внутрішніх кодів безпеки і на доступності місцевої підтримувальної станції на землі. Приймачі GPS тепер уже приєднані до тракторів і комбайнів, де потужні комп'ютери збирають просторову інформацію з приймачів про коефіцієнти інтенсивності надходження урожаю, інтенсивності застосування розпилювачів, щільності насаджень. Все це помітно скоротило вартість збирання інформації в системі локального сільського господарства. За всіх цих новітніх технічних досягнень, основною перешкодою для розвитку локального сільського господарства є, дефіцит грамотних технічних працівників, що мають досвід роботи з аналізом цих нових і дешевих даних.

Не дивлячись на помітне скорочення вартості збирання даних, розвиток технології локального сільського господарства повинен пройти ще перевірку на ефективність витрат. Можна зібрати багато різної інформації, включаючи, супутникові зображення, рівні висоти, інтенсивність застосування хімічних речовин, вміст поживних речовин у ґрунті, вологість ґрунту на різній глибині, погоду і клімат, дані про шкідливих комах і щільність патогенного заселення, інформацію про бур'яни. Але слід визначити, чи окуповуються витрати на збір цієї інформації, та на скільки ефективно і своєчасно її застосування.

4.2.3. Огляд локального сільського господарства

Системи управління урожаєм і ґрунтом в середовищі локального сільського господарства включають в єдину операційну систему найширший спектр технологічних можливостей, з тим щоб можна було легко зібрати, обробити і розподілити дані (рис. 4.1). GPS і GIS, описані вище, є найважливішими нововведеннями для всякого фермера. Подібні засоби допомагають фермеру зібрати, географічно розподілені, просторові інвентарі всіх доступних ресурсів ферми. Наприклад, огляд ґрунту містить безліч детальної інформації, що характеризує такий тип ґрунту. З допомогою ГІС ця інформація може бути використана під час формування картографічно і географічно розподілених даних про характеристики ґрунту і їх мінливості у межах одного поля. Все це є основним джерелом для кращого уявлення про причини мінливості урожаю в межах одного поля, яке, у свою чергу, призводить до кращого інформаційного забезпечення в процесі ухвалення рішень.

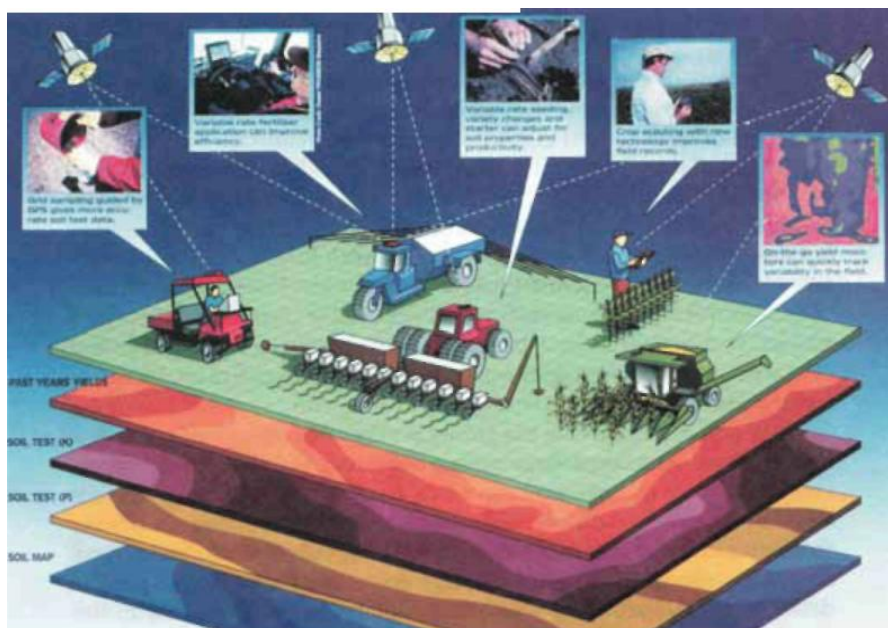


Рис. 4.1. Використання ГІС на локальній ділянці

Фермери знають, що урожай навіть у районі одного поля може відрізнятись, але поява постійно діючих моніторів, що стежать за урожаєм, вперше використаних у середині 90-х років ХХ століття, дало фермерам засіб для детального документування просторового розповсюдження урожаю.

За допомогою GIS і GPS дані про урожай можуть бути суміщені з даними оглядів ґрунту, меліоративного стану агроландшафту та іншими географічно співвіднесеними наборами даних, з тим щоб допомогти фермеру і його консультантам краще зрозуміти взаємини між чинниками, що впливають на урожай. Це є найважливішим ступенем для ухвалення управлінських рішень. Найбільша ефективність і прибуток будуть одержані в тому випадку, коли всю зібрану інформацію буде долучено до роботи ферми.

Системи контролю щодо зміни складу насіння, добрив, пестицидів і інших умов, відповідно до рекомендацій і управлінського досвіду, тільки зараз починають набувати широкого поширення в сільському господарстві. Все це відкриває для фермерів новий напрям у формуванні і ухваленні управлінських рішень.

4.2.4. Методичні аспекти розвитку локального сільського господарства

Не дивлячись на помітне скорочення вартості збирання даних, розвиток технології локального сільського господарства повинен пройти ще перевірку на ефективність витрат. Можна зібрати безліч різної інформації, включаючи дані про урожай, супутникові зображення, фотографії з великої висоти, рівні висоти, інтенсивність застосування хімічних речовин, поживний режим ґрунту, вологість ґрунту на різній глибині, погодні умови, дані про шкідливих комах і щільність патогенного заселення, інформацію про бур'яни. Разом з тим, для розвитку цього напрямку досліджень, що спонсорується державою, необхідно визначити, які саме дані є найбільш важливими, удосконалити технології аналізу даних, збору даних за великий проміжок часу, встановити пропорцію відносно витрат і прибутку, де ефективність повинна зростати. Разом з цими розробками відбуватиметься і збільшення кількості користувачів, що займаються технологіями локального сільського господарства [4,5].

Системи управління урожаєм і ґрунтоутворювальними процесами у середовищі локального сільського господарства включають в єдину операційну систему найширший спектр технологічних можливостей, з тим щоб можна було легко зібрати, обробити і розподілити дані GPS і ГІС та застосувати інформаційно-консультативні системи (ІКС).

4.2.5. Адаптація локальної системи землеробства

Адаптація локальної системи землеробства включає кілька етапів. На першому етапі формуються *просторові бази даних* (ПБД) для управління ландшафтом, які формують деякий образ, і тільки потім починається робота з програмою, оброблені дані використовують після ухвалення управлінських рішень.

Бази даних містять такі основні елементи.

Агрокліматичні характеристики та погодні умови. Зв'язані в часі і просторі дані про температуру і дощ надають можливість побудови моделей випаровування для основних сільськогосподарських культур, які покладені в основу створення комп'ютерних програм оперативного управління режимами зрошення – програми розрахунку строків і норм призначення вегетаційних поливів.

Поживні елементи ґрунту. Рослини, природно, вимагають найширший спектр різних поживних речовин, необхідних для їх зростання. Всі ці поживні елементи включають фосфор, калій, азот, магній, сірку і мікродобрива. Доступність поживних речовин для рослин заснована на хімічній формулі елемента і рухомості форми. База даних

розрахована на дані аналізу зразків ґрунту, взятого за сіткою з дозволом в один гектар.

Гідрологічні умови. Внаслідок того, що вологість ґрунту має сильну дію на формування урожаю сільськогосподарських культур, необхідні ті шари даних, які сприяють оцінюванню вологості ґрунту. Якщо в розпорядженні фермера відсутні карти динаміки вологості ґрунту, можливо оцінити вологість ґрунту за допомогою польових і розрахункових методів.

Рівень ґрунтових вод. Цей показник впливає на сільськогосподарське використання ділянки, на специфіку вирощування сільськогосподарських культур, на можливість застосування зрошення і водовідведення та їх режим [4,5,6].

Історія ділянки (поля). Порівнюючи історію урожаю з інформацією про рельєф, поживний режим, щільність травостою, локалізації різних захворювань і популяцій паразитів, можна визначити локальні комбінації, результатом яких буде висока врожайність і як наслідок – прибуток. Ця інформація надає можливість встановити потенційні можливості поля і визначити заходи його ефективного використання. Історія механічної обробки – знання про операції, такі як дискування, оранка і культивування ґрунту може виявитися корисним під час оцінювання урожаїв і вартості виробництва та подальшого проекту використання поля.

Історія хімічної обробки – дані про застосування засобів для боротьби зі шкідниками, хворобами і бур'янами, що дають інформацію про час їх застосування, про самі хімікати та їх концентрацію, надають можливість вибору чергової культури для проекту та планування заходів захисту рослин від шкідливих організмів. Райони шкідливих насаджень, хвороб і типів комах – локальні і регіональні джерела комах, хвороб і бур'янів є частиною повноцінної картини стану для управління полем.

Рельєф. Вивчаються підходи до розробки наступних шарів карти з складу первинних даних – височина, нахил, вигляд, межі вододілів, розташування каналів, режими вологості.

Результати дистанційного зондування Землі. Дані складатимуться з серій темпоральних зображень, заснованих на даних, зібраних з дозволом в 20 метрів для 10 діапазонів довжини хвилі, заснованих на авіа-приймачах.

4.2.6. Аналіз та обробка даних

На цьому етапі оцінюють стан ділянки її потенційних можливостей. Слід відзначити, що, встановлюючи залежність урожаю від показників, які впливають на його формування і реєструються в базі даних, виникають деякі ускладнення. Внаслідок того, що деякі дані переводяться в растрову

форму (з повним покриттям), а деякі дані залишаються у формі точок, можна проводити порівняння трьох типів з'єднання даних: растр з растром, растр з точкою і точка з точкою. В цьому випадку виявляється залежність між інформацією в двох зонах дії. Цей підхід полягає в з'єднанні випадкових точок з деякою кількістю растрових карт для побудови точкового файлу. Потім використовується версія порівняння двозмінного аналізу (Avenue script) для отримання зображення [5].

4.2.7. Адаптація інформаційно-консультативних систем

Після встановлення потенційних можливостей поля необхідно визначити заходи його ефективного використання. З цією метою використовуються інформаційно-консультативні системи (ІКС). Для умов зрощення південного регіону України – це автоматизована система “Зрощуване землеробство”. Використовуючи останні дані характеристик поля як вхідну інформацію для системи, користувач отримує варіанти вибору чергової культури для проекту. Після вибору культури система пропонує технологічний проект її вирощування.

У процесі вирощування сільськогосподарських культур важливу роль відіграє *моніторинг*, який надає можливість оперативного управління продукційними процесами за допомогою рекомендацій на проведення агротехнічних заходів, що пов'язане із відхиленнями від нормативних параметрів росту і розвитку рослин [7,8].

4.2.8. ГІС для прогнозу урожаю

Для прогнозу врожайності сільськогосподарських культур, моделювання є першочерговим для статистичного аналізу даних локального сільського господарства. Багато десятиліть академічних досліджень фізіології рослин, реакції культур на умови навколишнього середовища, руху води і поживних речовин у ґрунті, дії бур'янів, шкідливих комах і хвороб дали нам можливість визначити закономірності формування урожаю та побудувати моделі прогнозу рівня урожаю. Інформація, що отримана за допомогою ГІС-технологій, є основою для розрахунків можливого рівня урожаю сільськогосподарських культур на конкретному полі [10].

4.2.9. Доступ до даних ГІС та їх застосування в агросфері

Фахівці сільського господарства, фермери збирають і систематизують дані локального сільського господарства, такі як врожайність, практика управління і аналіз ґрунту. Крім цього, під час проведення аналізу врожайності тієї або іншої культури, може виявитися корисним безліч інших даних. Ваш науковий консультант може мати доступ до деяких категорій даних ГІС:

- **Характеристики ґрунту.** Формування врожаю залежить від якості і характеристик поживних речовин ґрунту, його здатності утримувати вологу, від її структури. Сьогодні розробляють інструменти, які зроблять можливим визначати склад поживних речовин і хімічних властивостей ґрунту безпосереднього з рухомого трактора та інші експрес-методи досліджень.

- **Цифрові карти височини.** Вони є основою локального сільського господарства, дозволяють проводити дослідження сонячного освітлення поверхні, яке може передбачити температуру ґрунту, та можуть бути використані для визначення напряму потоків води на поверхні, надати допомогу у прогнозуванні вологості ґрунту.

- **Ортофото.** Це фотографії, які геометрично скореговані, щоб їх можна було використовувати як проєкційні карти, ідентичні конкретній території, є дуже важливими як основа для карт, з якими можуть бути зв'язані інші цифрові карти. Програми ортофото можуть включати одну ферму, господарство, регіон, або державний рівень.

- **Врожайність сільськогосподарських культур та інформаційне забезпечення АПК.** Доступ до даних локального сільського господарства для господарств і ферм конкретного регіону допомагає фермеру і консультантам з урожаю ухвалювати більш інформаційно забезпечені рішення за допомогою порівняння ферми з регіональними стандартами. Програми збирання і аналізу даних локального сільського господарства регіону поки що не існують у завершеному вигляді.

- **Аеро- і супутникові зображення.** Дані зображень, якщо вони не дуже дорогі, можуть бути корисними для фермера. Регіональні співтовариства, місцеві університети, науково-дослідні інститути або дорадчий центр можуть мати програму із збирання і навіть аналізу регіональних зображень. Така інформація, як величина урожаю, очікувана врожайність, вологість, або враження ділянки хворобами можуть бути представлені як вторинні продукти зображення.

- **Дороги, канали, трубопроводи, магістралі, лінії електропередач і фон використання землі.** Ці відомості, що легко накладаються на карту, можуть бути представлені у формі продуктів цифрової растрової графіки, які є основним стандартом для паперових топографічних карт.

- **Відомості про місцеві атмосферні опади і температуру.** Фермери можуть здійснювати контроль практично за всіма параметрами, виключаючи погоду. Діставши доступ до інформації про погоду в даному регіоні, можна буде передбачати вологість ґрунту, а внаслідок цього, і рівень урожаю. Використовуючи погодні дані прямо з метеопостів, що знаходяться на фермах, можливо інтерпретувати зображення Doppler радара для встановлення повної кількості опадів на конкретну ферму. Крім того можуть виявитися корисними інтерполяції між кількома метеостанціями регіону.

4.2.10. Збір додаткових даних

Інформація, яка безпосереднім чином не пов'язана з локальним сільським господарством, але може бути потенційно важливою для нього, також повинна бути прийнята до уваги. Можливо консультант з ГІС зможе влаштувати збори наступних типів даних:

- **Електропровідність ґрунту.** Провідність ґрунту може бути використана під час створення інформації з високим дозволом, яка дає нам можливість заглянути в структуру місцевого ґрунту, її здібності збереження вологи, можливості ґрунту утримувати хімікати. Рухомі пристрої, обладнані приймачами GPS, запускаються на полі і досліджують електричну провідність ґрунту на різній глибині [1].

- **Огляди ґрунту високого дозволу.** Звичайні огляди ґрунту рівня господарства можуть виявитися недостатніми для локального сільського господарства. Цілком можливо організувати сучасний огляд ґрунту, зроблений з відповідним дозволом.

- **Дані височини з високим дозволом.** Національні програми або програми регіонів з розвитку цифрових моделей височини продовжують створювати продукти із звичайним дозволом у 30 метрів та більше. Для локального сільського господарства подібний дозвіл виявляється недостатнім, але його можна використати для вивчення вододілів.

Розвиток даних з високим дозволом може бути проведений за допомогою комп'ютерної обробки стереопар фотознімків. Два зображення, узяті з відомих, але різних положень на землі, можуть забезпечити нас тривимірною інформацією, де кожне зображення розглянуто з різного боку. Програмне забезпечення, яке займається подібною обробкою, перетворює ці два зображення на карту височини. Це може коштувати достатньо дорого і його краще всього проводити на рівні району. Для створення цифрової карти височини для кожного конкретного поля, задіюють звичайні огляди для того, щоб зібрати якомога більше даних про вимірювання височини, проведені в різних місцях, з ретельною реєстрацією координат широти і довготи.

- **Вологість ґрунту і рівень ґрунтових вод.** Карти вологості ґрунту і рівня ґрунтових вод важливі нам для встановлення режимів вологості ґрунту і для визначення положення дренажних систем. Карти вологості ґрунту можуть бути розроблені за допомогою безпосереднього відбору зразків вологості ґрунту або за допомогою інфрачервоних фотографій, зроблених з повітря.

- **Знімки, зроблені за допомогою аеросенсорів.** Велика кількість різних аеросенсорів стають все більш доступними для всієї країни і всього світу із сільськогосподарських цілей. Зображення можуть допомогти встановити хвороби, вологість, засоленість і вміст поживних речовин у період вегетації з тим, щоб допомогти фермеру ухвалювати своєчасні рішення під час господарювання.

4.2.11. Аналіз даних, отриманих за допомогою ГІС-технологій

Основні інструменти аналізу ГІС, які фермер захоче використовувати, включають: технології просторової інтерполяції; зображення вододілів і водних потоків; накладення карт; можливість встановлювати місцеположення, ґрунтуючись на даних характеристиках; групування і трансформація даних; математичне комбінування характеристик ландшафту.

Статистичний аналіз. З ГІС-пакетами зв'язані різні рівні статистичних можливостей. Після того, як індустрія ГІС виявила потребу в просторовій статистиці, стали доступними безліч зв'язків між пакетами ГІС і статистичними пакетами.

Обробка зображень. Можливість застосування супутникових та інших зображень, одержаних з великої висоти може бути дуже корисною. Такі зображення повинні мати просторовий дозвіл зручний для фермера.

Міжнародні супутникові програми значно підвищують частоту знімання даних, просторовий і спектральний дозвіл даних. Деякі організації спеціалізуються на збиранні і обробці джерел цих даних для фермерів. Багато компаній розпочали не тільки аналізувати зображення, але і створювати свої супутникові сенсори та аеросенсори для потреб сільського господарства. Підключаючись до безперервного потоку даних, фермер зможе набувати первинні або вже оброблені зображення, які будуть корисними під час оцінювання стану агроландшафту і урожаю.

Моделювання. Імітаційні моделі надають можливість фермерам проектувати варіанти рівнів врожайності сільськогосподарських культур на конкретному полі залежно від прогнозних умов вирощування. Імітаційні моделі, які сьогодні доступні у галузі сільськогосподарських досліджень, включають: моделі поверхні і поверхневої гідрології; меліоративної гідрогеології і меліоративного ґрунтознавства; моделі

формування урожаю, засновані на його фізіології; моделі розповсюдження шкідників і хвороб; моделі щільності хвороб і комах; моделі забур'яненості і площі розсіювання; моделі порівняння рослин з рослинами; моделі ефективності застосування пестицидів тощо.

У міру того, як локальні системи управління впроваджуються у галузь сільського господарства, управління, організація та інтерпретація даних ставить все нові питання для фермера і його дорадників. ГІС відкриває нові можливості для визначення просторової різноманітності ресурсів, ведення виробництва, виробничих проблем і врожайності одного поля. Використовуючи ГІС, можна застосовувати багато інших технологій локального сільського господарства для становлення системи управління формуванням урожайності і родючістю ґрунту, яка може виявитися продуктивнішою, приносити більшу вигоду і бути безпечнішою для навколишнього середовища. У процесі перетворення даних в інформацію і врешті-решт у дію, ГІС стає обов'язковим доповненням до набору інструментів фермерів, усіх працівників сільського господарства у ХХІ сторіччі.

Резюме

- Роль ГІС в агросфері і локальному сільському господарстві розвивається, і відповідно, швидко змінюється. Разом з розвитком цієї галузі знань, що швидко росте, вартість її використання знижується, а прибуток зростає.
- Застосування ГІС-технологій та ІКС на локальних ділянках (полях) в умовах зрошення надає можливість стабілізувати виробництво продукції рослинництва в умовах України та значно підвищити ефективність використання зрошуваних і осушуваних земель, що є складовою пріоритетного напрямку – розвитку сільськогосподарських територій.



Завдання для самостійного опрацювання

1. Суттєвий внесок світових і вітчизняних учених у розвиток ГІС, розробку і впровадження ГІС в агросферу.
2. Роль ГІС-технологій в управлінні локальними ділянками.



Запитання для обговорення на семінарському занятті

1. Чому сучасне використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам раціонального природокористування?
2. Несприятливі природно-антропогенні процеси?
3. До чого може призвести незбалансоване зрошення?

4. Перспективи розвитку напрямку дистанційного зондування Землі.
5. Мета системи локального землеробства.
6. Який аспект потребує найбільших витрат у разі адаптації ГІС.
7. Як застосовуються ГІС-технології на локальних ділянках?
8. Для чого призначена global position system (GPS)?
9. Де можуть розміщуватися приймачі GPS?
10. За рахунок чого виникає економічний ефект у разі застосування GPS?
11. Як збираються дані про стан агроландшафту?
12. Що означає термін “високі технології”. Чи належать до них ГІС?
13. Назвіть світових і вітчизняних учених, що зробили суттєвий внесок у розвиток ГІС, розробку і впровадження ГІС-технологій в агросферу, сільське господарство, управління водними і земельними ресурсами.
14. Які аграрні університети України є лідерами в розробці і впровадженні ГІС в агросфері?
15. Як визначити економічну ефективність застосування ГІС-технологій?
16. Які країни є світовими лідерами в розробці і застосуванні ГІС у сільському господарстві?



Теми для рефератів та доповідей

1. Основні складові агроекологічного потенціалу ґрунтів України.
2. Розораність земель в Україні.
3. Сучасне використання земельних ресурсів України.
4. Характеристика несприятливих природно-антропогенних процесів України.
5. Яружно-лінійна ерозія ґрунтів – вплив на природний комплекс.
6. Ерозія, вторинне засолення та осолонцювання ґрунтів.
7. Техногенна забрудненість ґрунтів.
8. Забруднення ґрунтів хімічними засобами захисту рослин.
9. Використання програмного забезпечення під час діагностування агроекологічного стану ґрунтів і агроландшафтів.
10. Космічні та аерофотознімання як джерело інформації для сільського господарства.
11. Етапи адаптації локальної системи землеробства.
12. Дані ГІС та їх застосування в агросфері.
13. Імітаційні моделі в галузі сільськогосподарських досліджень.



ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

| | |
|----------|---|
| 1 | Просторовий об'єкт це: |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Цифрове представлення об'єкта реальності, що містить його місцезнаходження і набір властивостей, характеристик, атрибутів або сам цей об'єкт.2. Група функцій, що забезпечують аналіз розміщення, зв'язків і інших просторових відносин.3. Топографічна карта. |
| 2 | Агроекологічний потенціал |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Здатність ґрунтів виконувати функцію сільськогосподарських угідь.2. Створювати оптимальні умови для росту і розвитку сільськогосподарських рослин.3. Підтримувати екологічну рівновагу в агроландшафтах і природному середовищі. |
| 3 | Автоматизована обробка даних це: |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Сканування інформації;2. Комплекс технічних, програмних, інших засобів і персоналу.3. Обробка даних, що виконується засобами обчислювальної техніки. |
| 4 | Автоматизована система (АС) це: |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Комплекс технічних, програмних, інших засобів і персоналу, призначений для автоматизації різних процесів.2. Обробка даних, що виконується засобами обчислювальної техніки.3. Сканування інформації. |
| 5 | Які основні елементи входять до бази даних ГІС? |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Агрокліматичні характеристики та погодні умови.2. Гідрологічні умови.3. Результати дистанційного зондування Землі. |

| | |
|----------|---|
| 6 | Ортофото – це |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Фотографії. 2. Проекційні карти. 3. Цифрові карти. |

| | |
|----------|--|
| 7 | Основні інструменти аналізу ГІС, які фермер захоче використовувати, включають: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Технології просторової інтерполяції. 2. Зображення вододілів і водних потоків, накладення карт; можливість встановлювати місцеположення, ґрунтуючись на даних характеристиках. 3. Групування і трансформація даних, математичне комбінування характеристик ландшафту. |



ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ

1. Гарбук С.В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С.В. Гарбук, В.Е. Гершензон. — М. : Издательство А и Б, 1997. — 296 с.
2. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов ; под ред. А.М. Берлянта и А.В. Кошкарева. — М. : ГИС Ассоциация, 1999. — 204 с.
3. Де Мерс. Географические информационные системы / Мерс Де, Н. Майкл ; пер. с англ. — М. : Дата⁺, 1999. — 489с.
4. Использование геоинформационных технологий в сельском хозяйстве. Алексей Ушаков, генеральный директор ДАТА+ на Web сайте (www.dataplus.ru).
5. Пространственный анализ в сельском хозяйстве: Подход с использованием ГИС. Виртуальный учебный центр ESRI <http://campus.esri.com>
6. Лисогоров К.С. Прогнозування та регулювання стану навколишнього середовища. Курс лекцій / К.С. Лисогоров, Н.М. Шапоринська. — Херсон : РВЦ ХДАУ “Колос”, 2007. — 196 с.
7. Ромащенко М.І. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення / М.І. Ромащенко, С.А. Балюк. — К. : Світ, 2000. — 114 с.
8. Ромащенко М.І. Інформаційне забезпечення зрошеного землеробства / Ромащенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.Д. — К. : Аграрна наука УААН, 2005. — 194 с.
9. Светличный А.Л. Географические информационные системы: технология и приложения / Светличный А.Л., Андерсон В.И., Плотницкий С.В. — Одеса : Астропринт, 1997. — 196 с.
10. Морозов В.В. ГИС в управлінні водними і земельними ресурсами : навч. посіб. / Светличный А.Л., Андерсон В.И., Плотницкий С.В. — Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. — 91с.
11. Лисогоров К.С. Підхід до формування технологічних проектів та оперативного управління технологічними процесами при вирощуванні сільськогосподарських культур / К.С. Лисогоров, Н.М. Шапоринська, О.В. Павленко // Таврійський науковий вісник. — Херсон : Айлант, 2006.— Вип. 43. — С. 285-296.
12. Миллер В. Аэрофотогеология [Электронный ресурс] / В. Миллер ; под ред. Г.Ф. Лунгерсгаузена. — [пер. с англ. В.М. Воеводы А.В. Ильина] — М. : Мир, 1964. — 290 с.

5. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В МОНІТОРИНГУ, ОХОРОНІ І ПІДВИЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ



В результаті вивчення цього розділу ви повинні знати:

- *структуру еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель та його місце у системі державного моніторингу;*
- *основні функціональні завдання еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель;*
- *основні нормативно-методичні документи, які регламентують діяльність щодо моніторингу зрошуваних земель та організації його інформаційного забезпечення;*
- *критерії і показники оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель;*
- *програмне та апаратне забезпечення ГІС для організації і ведення еколого-агромеліоративного моніторингу;*
- *методику еколого агро-меліоративних досліджень.*



На основі набутих теоретичних знань ви повинні вміти:

- *застосовувати в практичній діяльності нормативно-методичні документи, які регламентують діяльність щодо моніторингу зрошуваних земель та організації його інформаційного забезпечення;*
- *створювати базу даних та базу знань еколого-агромеліоративних досліджень;*
- *складати карти інтегрального оцінювання еколого-агромеліоративного стану.*

КЛЮЧОВІ ТЕРМІНИ І ПОНЯТТЯ

- | | |
|--|---|
| ➤ <i>моніторинг;</i> | ➤ <i>водогосподарський</i> |
| ➤ <i>еколого-меліоративний моніторинг;</i> | ➤ <i>моніторинг зрошувальних систем;</i> |
| ➤ <i>еколого-агромеліоративний моніторинг зрошуваних земель;</i> | ➤ <i>інформаційне забезпечення системи моніторингу;</i> |
| ➤ <i>моніторинг ґрунтів;</i> | ➤ <i>програмне забезпечення ГІС;</i> |
| | ➤ <i>апаратне забезпечення ГІС</i> |

5.1. Організація еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель

5.1.1. Функціонально-організаційна структура еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель

За умовами використання зрошувані землі належать до категорії угідь з підвищеним ризиком розвитку процесів деградації та шкідливості дії вод. Належне їх функціонування забезпечується еколого-економічним регулюванням технологічних впливів, зокрема ґрунтозахисною системою землеробства та відповідним комплексом супутніх природоохоронних або меліоративних заходів [34].

Вирішення проблеми регулювання технологічних впливів на землі базується на комплексному оцінюванні еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель та прогнозуванні змін його стану.

Система інформаційного забезпечення зрошення ґрунтується на науково-методичних засадах еколого-меліоративного моніторингу зрошуваних земель, водогосподарського моніторингу зрошувальних систем та моніторингу ґрунтів як основного джерела одержання базової, оперативної і довгострокової інформації для систем підтримки управлінських рішень. У загальних рисах структура такої системи має наслідувати функціонально-організаційну структуру моніторингу довкілля (рис. 5.1) [11, 17].

За цільовим призначенням еколого-агромеліоративний моніторинг зрошуваних земель певною мірою наслідує завдання моніторингу земель, ґрунтів і моніторингу вод, що також є складовими системи моніторингу довкілля [1, 2, 3]. Відповідно до цього у структурі моніторингу зрошуваних земель за функціональними завданнями, об'єктами і умовами реалізації, можна відокремити наступні підсистеми:

- еколого-меліоративного моніторингу зрошуваних земель;
- водогосподарського моніторингу зрошувальних систем;
- моніторингу ґрунтів.



Рис. 5.1. Структура еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель та його місце у системі державного моніторингу

Підсистему еколого-меліоративного моніторингу зрошуваних земель призначено для контролю за компонентами геологічного середовища (грунти, породи, підземні води, рельєф та геоморфологічні елементи), геоекологічними та ґрунтоутворювальними процесами на зрошуваних землях [11].

Підсистема водогосподарського моніторингу зрошувальних систем контролює фактори зовнішнього впливу на геосередовище (землі), технічний стан водогосподарських об'єктів, зрошувальних та колекторно-сکیدних систем, стан водних ресурсів, стан забруднення та якість поверхневих, поливних та дренажно-сکیدних вод, діючі агро-меліоративні

навантаження на землі та ефективність роботи комплексу природоохоронних заходів [11].

Підсистема моніторингу ґрунтів дає можливість встановити стан родючості ґрунтів та його зміни і розробити агрозаходи щодо захисту ґрунтів від деградаційних процесів. За результатами агрохімічного обстеження ґрунтів розроблюють та впроваджують технології високоефективного застосування мінеральних добрив, меліорантів, оптимізації доз, строків і способів їхнього внесення. Розробку проектно-кошторисної документації хімічної меліорації на вапнування кислих і гіпсування солонцевих ґрунтів проводять на основі даних обстеження. Аналіз ґрунтів на вміст мікроелементів допомагає розробити рекомендації із застосування мікродобрив [5, 17, 24].

Всі підсистеми мають пов'язуватися між собою єдиним інформаційним забезпеченням підтримки управлінських рішень.

5.1.2. Критерії і показники оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель

Еколого-агромеліоративний стан зрошуваних земель – стан земель, який оцінюється за агрономічними (якість врожаю, продуктивність сільськогосподарських культур), меліоративними (водно-сольовий режим ґрунтів, рівень і мінералізація ґрунтових вод, якість зрошувальних вод за агрономічними критеріями) та еколого-токсикологічними показниками (вміст важких металів у зрошувальних водах, ґрунтах і рослинах) [34].

Метою комплексного оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель є якісна та кількісна діагностика наслідків впливу зрошення на довкілля, диференціація меліорованих і прилеглих до них земель за напрямками геоecологічних процесів та ступенем придатності для різних видів використання.

Система оцінювання являє собою комплекс екологічних, протидеградаційних і природоохоронних нормативів та критеріїв. Вона базується на концепції еколого-меліоративної стійкості земель, згідно з якою межа екологічно допустимих змін показників стану визначається порогами їх стійкості щодо процесів деградації і шкідливої дії вод.

Еколого-агромеліоративний стан зрошуваних земель, як функція трансформації природних умов того чи іншого регіону під впливом агроіригаційних навантажень є інтегральною характеристикою ступеня деградації земель.

Інтегральне оцінювання еколого-агромеліоративного стану технологічно здійснюється за комплексами гідрогеологічних, інженерно-геологічних, ґрунтово-меліоративних, агро-меліоративних показників та

показників забруднення ґрунтів і вод. Окремо оцінюють агроіригаційне навантаження на землі [34, 9].

Гідрогеологічні критерії оцінюють якість земельних ділянок за умовами залягання та хімізмом ґрунтових вод.

Інженерно-геологічні критерії оцінюють якість зрошуваних і прилеглих до них земель за ступенем прояву та інтенсивності екзогенних геологічних процесів, станом земної поверхні, складом і щільністю порід та ґрунтів.

Ґрунтово-меліоративні критерії визначають якість земель (ґрунтів) за рівнем їх родючості, проявами процесів засолення та осолонцювання, вторинної гідроморфізації земель.

Агромеліоративні та агрохімічні критерії оцінюють якість угідь за станом ґрунтів щодо вологозабезпеченості та забезпеченості поживними речовинами, продуктивності і якості сільськогосподарських культур.

Номенклатура показників має забезпечувати комплексне оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель з достатньою повнотою за всіма критеріальними групами, виходячи з необхідності високоефективного і стабільного функціонування агроєкосистем, одержання максимально можливої кількості сільськогосподарської продукції необхідної якості та охорони навколишнього середовища.

Перелік показників еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Критерії і показники оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель (Балюк С. А., Ладних В. Я.)

| Критерії | Показники |
|-----------------|---|
| Гідрогеологічні | Середня за вегетаційно-поливний період глибина залягання рівня ґрунтових вод (РГВ), м, щодо Нкр |
| | Глибина залягання РГВ у передпосівний період, м |
| | Середня за міжвегетаційний період глибина РГВ на рисових системах, м |
| | Мінералізація ГВ, г/дм ³ , якщо РГВ менше Нкр від Нкр до 5,0 м |

Продовження табл. 5.1

| Критерії | Показники |
|--------------------------|--|
| Інженерно-геологічні | Коефіцієнт пористості частки одиниці (орного шару, підорного шару товщі порід) |
| | Гранулометричний склад |
| | Ступінь прояву екзогенних геологічних процесів: <ul style="list-style-type: none"> - підтоплення та затоплення; - водна ерозія та дефляція; - зсуви та механічна руйнація відходів; - просадка та суфозійний карст; - вторинна гідроморфізація ґрунтів та порід |
| Ґрунтово-меліоративні | Ступінь засолення верхнього метрового шару і зони аерації |
| | Ступінь солонцюватості ґрунтів |
| | Глибина залягання першого від поверхні сольового горизонту, м |
| | Глибина залягання солонцевого горизонту, м |
| | Гранулометричний склад, % |
| | Щільність ґрунту, г/см ³ |
| | Агрегатний склад ґрунту (в орному шарі) |
| | Найменша вологоємність, % |
| | Максимальна гігроскопічність, % |
| | Вологість тривкого пов'янення, % |
| | Органічна речовина, % |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Мінеральний азот, мг/кг, з реакцією: кислою; нейтральною; лужною |
| | Калій у ґрунтах, мг/кг, з реакцією: <ul style="list-style-type: none"> - кислою; - нейтральною; - лужною. |
| | Показники родючості ґрунтів |
| Якість води для зрошення | |
| Показники забруднення | Загальне забруднення ґрунтових, підземних і скидних вод |
| | Забруднення ґрунтів, мг/кг: <ul style="list-style-type: none"> - цинк; марганець; мідь; кобальт; бор; молібден; кадмій; свинець; ртуть |

| Критерії | Показники |
|-------------|---|
| Агрономічні | Залишки пестицидів, мг/кг: - ДДТ і його метаболіти; - гексахлоран (сума ізомерів); - 2,4 Д – амінна сіль |
| | Продуктивність сільськогосподарських культур, т/га. |
| | Якість рослинної продукції |

5.1.3. Інформаційне забезпечення еколого-агроекологічного моніторингу

Введення даних є обов'язковою операцією, необхідною для функціонування ГІС еколого-агроекологічного моніторингу. Для різних типів даних розроблені спеціальні технології введення, що відповідають функціональним можливостям, включеним до складу програмного геоінформаційного забезпечення, розроблені спеціалізовані периферійні пристрої [28].

Як вихідні матеріали, з яких виконується введення даних у ГІС еколого-агроекологічного моніторингу, може бути використано:

- топографічні карти;
- загальногеографічні карти різного тематичного змісту;
- плани землевпорядкування;
- дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ);
- матеріали польових досліджень;
- стандартні статистичні звітні форми в паперовому та електронному поданні;
- текстові джерела, фотографії та ілюстрації;
- рукописні карти і тексти тощо.

Залежно від типу джерел вхідних даних застосовуються різні технології введення даних. У першу чергу розділяються методи введення просторових і атрибутивних даних, для чого розроблені різні види графічних і табличних редакторів. Залежно від виду і якості вхідних матеріалів можуть використовуватися методи ручного або автоматизованого введення.

Основний вплив на вибір джерел даних і технологію їхнього введення чинить сфера застосування оброблюваної в ГІС інформації. Залежно від цілей роботи розрізняються вимоги до просторової і семантичної

точності вхідних даних, часу їх збирання (створення), методів попередньої підготовки і формалізації даних.

Наприклад, вхідні дані, придатні для створення електронного або паперового атласу адміністративної області, не можуть без додаткової підготовки використовуватися для створення системи земельного кадастру, де вимоги до точності вимірювання довжин і площ об'єктів у кілька разів вищі. Для систем, що моделюють природні або суспільні і соціальні процеси, також необхідні особливо підготовлені й описані блоки даних, отриманих як зі стародавніх рукописних текстів, так і за допомогою найсучасніших систем збору інформації з космосу. На технологію збору і введення даних також впливають методи подальшого аналізу і подання підсумкової інформації.

Введення даних, незважаючи на впровадження автоматизованих технологій, як і раніше, залишається найбільш складною і трудомісткою операцією під час створення і функціонування геоінформаційних систем. Найбільш часто використовуються технології сканування паперових картографічних матеріалів, геометрична корекція сканованого зображення для усунення просторових похибок, оцифрування паперових або сканованих карт із використанням ручної або напівавтоматизованої технології розпізнавання картографічних об'єктів.

За оцінюванням різних експертів, вартість введення даних може досягати 80% вартості всього ГІС-проекту, включаючи вартість апаратних засобів і зарплати висококваліфікованого персоналу. Помилки і пропуски, допущені під час введення даних, можуть призвести до перекручування інформації на наступних етапах її обробки і цілком знецінити кінцевий результат. У базу даних треба вводити лише достовірні дані. Тому перед введенням даних оцінюють інформаційні потреби системи на всіх етапах її функціонування, підбирають джерела даних, оцінюють їх об'єктивність, достовірність, улаштовують перелік інформаційних об'єктів, створюють їх докладні формалізовані описи, розробляють план послідовного цифрування. Обов'язковим елементом введення даних є вибірковий або повний контроль точності і повноти введення.

5.1.3.1. Джерела вхідних даних для ГІС. Картографічні матеріали

Карти як джерело просторових даних для ГІС, як і раніше, зберігають свою актуальність. Хоча частина матеріалів, отриманих методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і польового інструментального знімання, постійно зростає, на різних картах можна знайти різнобічну і відповідним чином формалізовану інформацію про багатьох реальних або виявлених різними методами просторових об'єктів.

Для просторового прив'язування і копіювання даних під час побудови багатьох картографічних баз даних, включаючи тематичні карти і цифрові моделі рельєфу, використовуються топографічні карти – загальногеографічні карти універсального призначення, що докладно зображують місцевість. Топографічні карти поділяють на великомасштабні (1:50000 і більше), середньомасштабні (1:100000 – 1:500000, рис. 1.2) і дрібномасштабні, або оглядово-топографічні (дрібніше 1:500000). У кожній країні існує офіційно прийнята державна система картографічних проєкцій, масштабів, розграфлення і номенклатури карт та умовних знаків для топографічних карт. Великомасштабні топографічні карти (1:50000, 1:25000 і 1:10000) створюються за матеріалами польових топографічних зніманих, а всі інші складають камерально за більш великомасштабними картами.

Одним із найважливіших елементів карт, що впливають на точність представлення об'єктів у просторі за координатами x , y , z , є координатна і висотна системи.

Для топографічних карт, створюваних у системі картографічних установ СРСР, а згодом і України, використовується координатна система Гауса-Крюгера – система плоских прямокутних координат і рівнокутна картографічна проєкція з тією самою назвою. У проєкції Гауса-Крюгера поверхня еліпсоїда на площині відображається за меридіанними зонами, ширина яких дорівнює 6° (для карт масштабів 1:500000 – 1:10000) і 3° (для карт масштабів 1:5000 – 1:2000). На аркушах топокарт відображається картографічна рамка як з географічними координатами (градуси/хвилини/секунди), так і топографічними координатами (метри відносно початку координат зони) [36]. З урахуванням перекручувань проєкції, технології топографічного знімання і додрукової підготовки листа карти, просторова похибка під час відображення будь-якого об'єкта на поліграфічному відбитку карти має не перевищувати 0,1 мм. Виходячи з цієї величини, можна визначити величину систематичної похибки і, відповідно, точність цифрової карти, побудованої на основі топокарти обраного масштабу. Для масштабу 1:200 000 закладена похибка становитиме близько 20 м, для 1:100 000 – 10 м, для 1:10 000 – 1 м. Таким чином, для одержання підсумкової точності цифрової карти 1 м і нижче необхідно використовувати топокарти масштабу 1:10 000 або матеріали спеціального топографічного знімання.

Для визначення висотних координатних систем використовують референц-еліпсоїди – геометричні моделі усередненої поверхні земної кулі. У різних країнах використовують різні еліпсоїди і початкові точки відліку висот (для топокарт, що виробляють в Україні, використовують еліпсоїд Красовського і Балтійську систему висот), тому у разі використання топокарт різних країн слід порівнювати висотні системи. Проблема розбіжностей висотних систем загострилася з

початком масового застосування приймачів супутникового визначення координат і висот. Система GPS використовує Всесвітню висотну систему WGS – 84 і для її спільного використання з даними національних топокарт необхідно вносити відповідні виправлення.

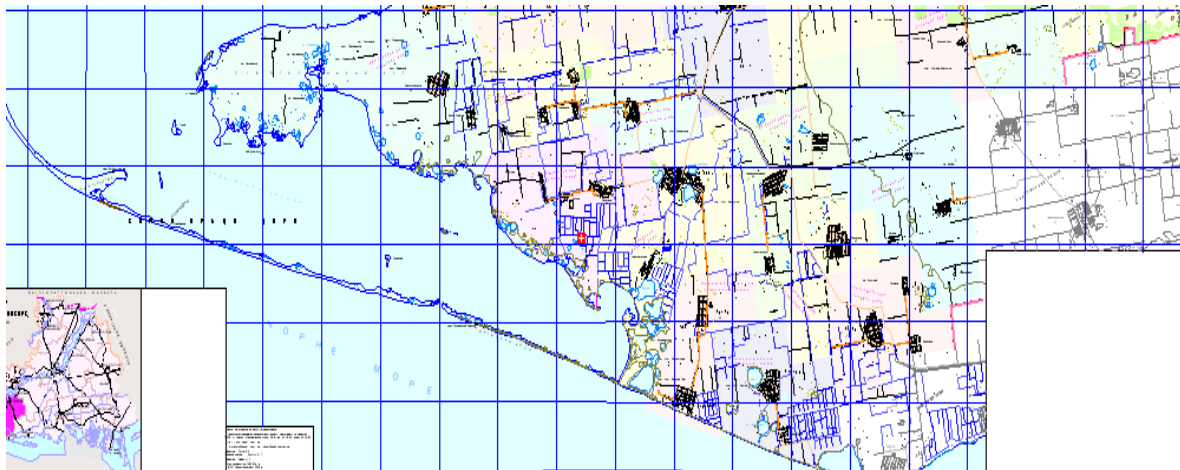


Рис. 5.2. Приклад топографічної карти масштабу 1:50000 (Україна, Херсонська область, Голопристанський район)

За топокартами можна визначити і безпосередньо цифрувати такі просторові об'єкти:

- систему координат (географічну чи топографічну);
- місце розміщення і висоти пунктів опорної геодезичної мережі;
- висоту рельєфу, контури і глибину ерозійних форм;
- прояви геоекологічних і ґрунтоутворювальних процесів (засолення, осолонцювання, підтоплення тощо);
- розміщення гідрографічних об'єктів;
- назву населених пунктів;
- тип покриття, ширину проїжджої частини й узбіччя для автодоріг, конструкцію, довжину і вантажопідйомність мостів, висоту (глибину) насипів і виїмок;
- контури сільськогосподарських угідь;
- розміщення зрошувальних систем.

Схеми внутрішньогосподарського землевпорядкування, що містять також інформацію про ґрунтовий покрив, звичайно виготовляються в масштабах 1:25000 і 1:10000. Для населених пунктів існують архітектурні плани різних масштабів (1:5000, 1:2000, 1:500), на які нанесено вуличну мережу, контури будинків, межі ділянок землекористування, підземні і наземні інженерні комунікації. Однак ці матеріали виконані в умовній системі координат, і для їх використання разом з іншими джерелами необхідне виконання певних просторових перетворень (рис. 5.3. а, б).

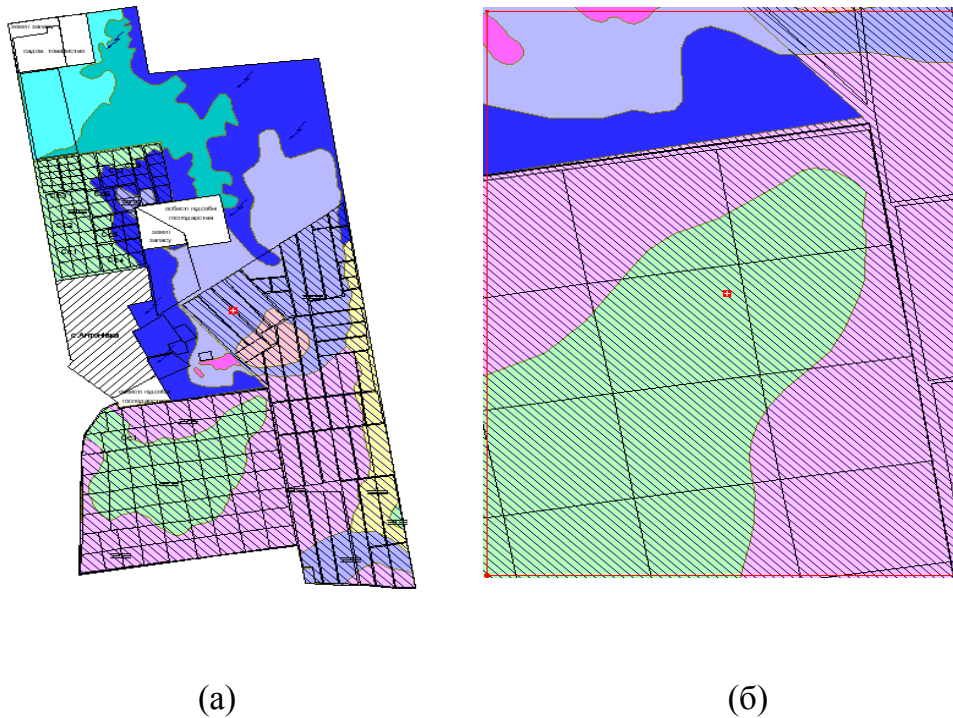


Рис. 5.3. Карта ґрунтів М 1:30 000 (а) і фрагмент карти ґрунтів Інституту рису УААН М 1:5000 (б)

Різні загальногеографічні і тематичні карти також можуть бути джерелом даних для ГІС. Більшість таких карт виконана і в масштабі 1:1 000000 у різних картографічних проєкціях і має значні лінійні або кутові перекручування. Оцифрування таких матеріалів вимагає урахування параметрів картографічних проєкцій, дані про які є в більшості картографічних редакторів. У процесі обробки таких карт можуть знадобитися процедури загальної або локальної трансформації зображень для прив'язування системи координат джерела даних до системи координат загальної бази даних ГІС еколого-агроекологічного моніторингу.

5.1.3.2. Програмне забезпечення ГІС

Технологія обробки даних вимагає спільного функціонування геоінформаційної підтримки (ГІС) зі спеціальним чином організованою багатозоровою картографічною інформацією, тематичними базами даних і блоком математичних моделей. Концептуально геоінформаційна система оцінювання еколого-агроекологічного стану має складатися з інтегрованого атрибутивно-картографічного банку даних і блоку

математичного моделювання. Об'єднуючим ядром систем є комплекс геоінформаційних систем і система управління базами даних (СУБД).

Програмне забезпечення для створення цифрових карт і планів може бути створено за допомогою Digitals 6.0 і ArcGIS 9.2 для Windows 95/98/2000/NT.

Digitals дозволяє збирати векторну інформацію за растровими зображеннями (ручну векторизацію). Можливий збір із відсканованих карт/планів, аерознімань або космічних знімань центральної і панорамної проекцій.

ArcGIS є системою програм, що масштабується, для створення, управління, інтеграції, аналізу і розповсюдження географічних даних на будь-якому рівні, від індивідуума до величезної розподіленої корпорації. Версія 9.2 представляє повнофункціональну інтегровану систему, розроблену з урахуванням побажань широкого кола користувачів.

Система управління базами даних (СУБД) базується на використанні певної моделі даних, яка відображає взаємозв'язок між об'єктами. У використовуваній моделі даних об'єкти та взаємозв'язок між ними подано за допомогою таблиць (реляційна модель даних). Взаємозв'язки також розглядаються як об'єкти. Використовувана модель даних (СУБД) має задовольняти такі умови:

- база даних має легко розширюватися у разі реорганізації та розширення предметної зони;
- база даних має легко змінюватися у разі зміни програмного та апаратного середовища;
- дані до включення у базу даних слід перевіряти на достовірність;
- доступ до даних, які розміщено в базі даних, повинні мати лише особи з відповідними повноваженнями;
- дані мають розміщуватись у форматах, доступних для використовуваної ГІС.

5.1.3.3. Апаратне забезпечення ГІС

Основним елементом географічної інформаційної системи ГІС є апаратна частина, до якої входять:

- комп'ютер – сервер баз даних;
- виробничі комп'ютери для співробітників;
- сканер, для конвертації карт і документів у цифрову форму для Digitals;
- плотер або принтер, які використовують для подання результатів;

- міжкомп'ютерні комунікації, які забезпечують зв'язок із локальними і глобальними мережами або телефонними лініями з використанням модема (рис. 5.4).

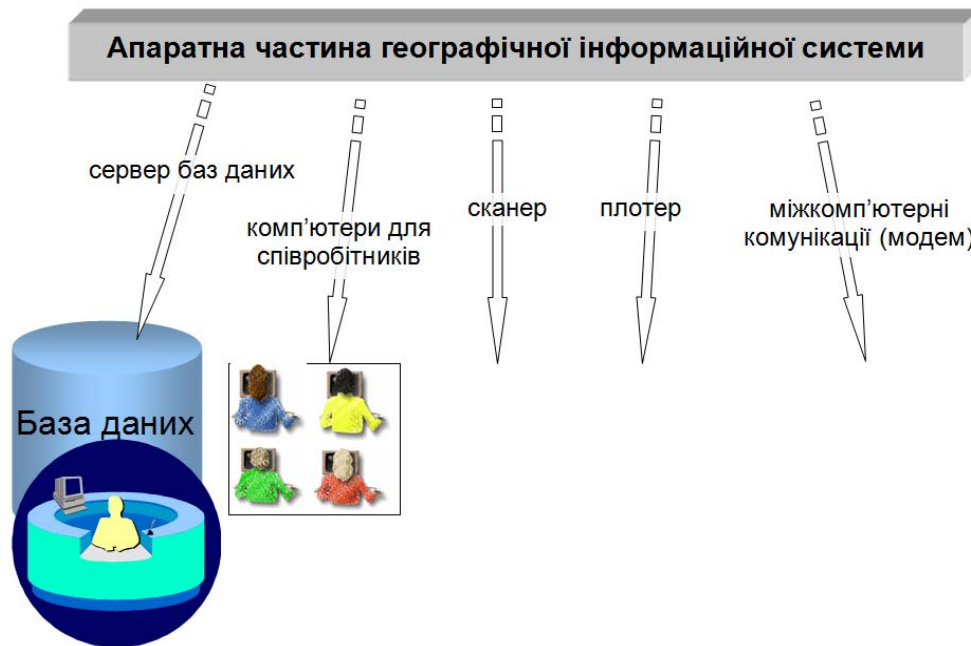


Рис. 5.4. Апаратна частина географічної інформаційної системи

5.2. Методика еколого-меліоративних досліджень для ГІС

5.2.1. Методика проведення ґрунтово-сольового знімання

Ґрунтово-сольове знімання, як один із видів моніторингових робіт, є джерелом одержання оперативної та довгострокової інформації щодо показників засолення та солонцюватості ґрунтів (порід зони аерації) для систем підтримки управлінських рішень як з водогосподарсько-меліоративного комплексу, так і для окремих, користувачів та землевласників (агроформувань, фермерів тощо) [12].

На замовлення землевласників виконують спеціальне ґрунтово-сольове знімання за узгодженою програмою робіт. Призначення ґрунтово-сольового знімання – просторове оцінювання характеру та ступеня проявів процесів засолення й осолонцювання на зрошуваних, вилучених із зрошення та прилеглих до них землях.

Основні завдання знімання:

- фіксація проявів та виявлення закономірностей поширення процесів засолення і осолонцювання залежно від структури ґрунтового покриву, еколого-меліоративного стану земель, якості поливної води, чинних технологій землеробства тощо;
- просторове оцінювання стану земель та напрямів подальшого розвитку процесів засолення й осолонцювання на основі їх картографування та типізації території;
- розробка рекомендацій щодо обґрунтування заходів для запобігання чи ліквідації засолення і солонцюватості, охорони та відтворення родючості ґрунтів;
- формування інформаційного забезпечення систем підтримки управлінських рішень у рамках моніторингу і консультативно-дорадчої служби.

ґрунтово-сольове знімання виконують на двох основних рівнях деталізації – регіональному і локальному.

На регіональному рівні (масштаб (М) 1:50000 ÷ 1:25000) вирішують питання просторової диференціації земель за основними факторами формування і ступенем прояву засолення та солонцюватості, напрямами подальшого розвитку процесів для визначення комплексу запобіжних і профілактичних заходів.

На локальному рівні ґрунтово-сольове знімання (М 1:10000÷1:5000) виконують для вирішення як суто моніторингових завдань, так і пов'язаних з адресними потребами землевласників. При цьому основну увагу приділяють визначенню локальної мінливості проявів засолення та солонцюватості, одержанню характеристик стану ґрунтів та динаміки його показників.

Під час спеціальних ґрунтово-сольових знімань підвищену увагу приділяють визначенню більшої, ніж за звичайних, кількості показників (рухомі поживні та забруднювальні речовини, вологість тощо) для обґрунтування заходів щодо оптимізації землекористування, технологій вирощування сільськогосподарських культур відповідно до фактичного стану засолення та осолонцювання ґрунтів.

Відповідно до рівнів та цільових завдань ґрунтово-сольових знімань формують вимоги до кондиційності спостережень, періодичності проведення, складу вимірюваних показників тощо.

ґрунтово-сольове знімання регіонального рівня виконують за рахунок коштів бюджетного фінансування моніторингових робіт, а на локальному рівні – як за рахунок коштів бюджетного фінансування, так і на договірних засадах.

Вихідною інформацією для організації та проведення ґрунтово-сольових знімань є:

- комплексні гідрогеологічні та інженерно-геологічні обміри для меліорації (М 1:50000), виконані організаціями Мінекоресурсів;

- матеріали пошукових робіт організацій Держводгоспу, Мінагрополітики, Мінекоресурсів, Держкомзему України — кліматичні, ґрунтові та ґрунтово-меліоративні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні та екологічні умови масивів зрошення (М 1:10000 ÷ 1:200000);
- матеріали гідрогеолого-меліоративної та водогосподарської служб Держводгоспу з вивчення меліоративного й еколого-меліоративного стану земель, технічного стану зрошувальних систем (М 1:10000÷1:100000); оперативна та довгострокова інформація з мережі моніторингового контролю;
- експериментальні дослідження впливу зрошення на природні комплекси, у т.ч. на стан та еволюцію ґрунтів;
- матеріали великомасштабних ґрунтових обстежень земель та їх коригування (М 1:50000÷1:10000);
- матеріали космічних досліджень та аерофотознімаль;
- топографічні карти, топоплани, плани землекористування (М 1:50000:1:10000 і більше).

Вихідні матеріали узагальнюють та використовують у вигляді комплекту базових і допоміжних карт та просторово-прив'язаної атрибутивної інформації.

Базові карти для організації та проведення ґрунтово-сольових знімаль включають:

- топооснови відповідних масштабів;
- карти рельєфу або морфометричні;
- карти ґрунтові;
- карти глибин залягання ґрунтових вод;
- карти еколого-меліоративного стану земель.

Склад допоміжних карт:

- землекористування, розміщення зрошуваних земель, джерел забруднення тощо;
- стаціонарної мережі спостережень, а саме: гідрогеологічної, гідропостів (у т.ч. з визначення якості поливних і дренажно-скидних вод), ґрунтово-сольових стаціонарів;
- тимчасової мережі спостережень, у т.ч. точок попередніх сольових знімаль та ґрунтових обстежень тощо;
- результатів попередніх сольових знімаль та ґрунтових обстежень.

Картографічна і точкова інформація повинна мати просторово-координатну прив'язку об'єктів та виділених контурів. Надалі рекомендується використовувати цифрові (або електронні) варіанти картографічних матеріалів, і, насамперед, топопланшетів або цифрових моделей рельєфу.

Результати ґрунтово-сольових знімаль подають також у вигляді картографічних матеріалів та банків даних. Надалі їх використовують під

час розробки управлінських рішень щодо природоохоронних та агроеліоративних заходів, оптимізації землекористування і технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур тощо.

Грунтово-сольове знімання включає три основні стадії робіт:

- підготовчу;
- польових досліджень (безпосередніх вимірів показників стану, властивостей та складу ґрунтів і підґрунтя, факторів впливу тощо);
- камеральної обробки даних та подання результатів.

5.2.2. Підготовчі роботи

На цій стадії узагальнюють існуючу базову інформацію, формують банки даних та намічають попередній обсяг робіт.

За результатами узагальнення матеріалів виконують районування або типізацію території за напрямками ґрунтоутворення з використанням методик, що наведено у Посібнику 2 до ВБН 33-5.5-01–97 [9, 10].

Для виділених на картах типізації таксонів визначають категорію складності еколого-еліоративних умов згідно з табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Категорії складності еколого-еліоративних умов території

| Категорія складності умов | Еколого-еліоративний стан земель | Ступінь однорідності (комплексності) ґрунтового покриву |
|---------------------------|------------------------------------|---|
| I (Прості) | Добрий та задовільний | Однорідний, комплексність до 15% |
| II (Середні) | Задовільний із загрозою погіршення | Комплексність 15-30% |
| III (Складні) | Незадовільний і дуже незадовільний | Неоднорідний, комплексність понад 30% |

На підставі типізації намічають контури рекогносційних обстежень та розміщення точок ґрунтово-сольового знімання.

Планування розміщення точок опробування та визначення періодичності проведення робіт здійснюють з урахуванням мінливості еколого-еліоративних умов, комплексності ґрунтового покриву,

наявності джерел із різною якістю поливної води, розміщенням площ зрошення та іригаційної мережі тощо.

Залежно від завдань, що вирішують, намічають ділянки з різною кондицією та порядком розміщення мережі спостереження.

Ділянки локального моніторингу закладають для контурів із переважно задовільним і незадовільним станом земель для уточнення вмісту і розподілу солей в окремих елементах ґрунтового комплексу.

Для скорочення витрат на проведення польових та лабораторних робіт допускається ключове обстеження зрошуваних або вилучених зі зрошення земель на базі виконаної типізації території і результатів попередніх ґрунтово-сольових зніманих (насамперед на ділянках із добрим еколого-меліоративним станом).

Підсумком підготовчої стадії є Програма (Проект) робіт на організацію проведення ґрунтово-сольових зніманих з визначенням обсягу польових, лабораторних і супутніх робіт.

5.2.3. Польові роботи

Склад робіт

Польові роботи передбачають:

- здійснення у натурі (на місцевості) попередніх обстежень стану земель і рослинного покриву та збір відомостей про історію полів;
- розміщення та топографічну прив'язку точок для відбору зразків ґрунту, проб ґрунтових, поливних та дренажно-скидних вод;
- здійснення робіт із апробування ґрунтів та вод (буріння свердловин, проходка шурфів, прикопок, відбір проб ґрунтів і води тощо);
- складання польової документації, відомостей зразків і проб, призначених для виконання лабораторних аналізів;
- виконання комплексу польових досліджень властивостей ґрунтів (вологоемкість, об'ємна маса, карбонатність тощо).

Вимоги до організації польових робіт

На зрошуваних землях, які мають добрий і задовільний еколого-меліоративний стан (ЕМС), за умови зрошення водами першого класу, знімання виконують 1 раз на 5-7 років; на землях із задовільним ЕМС – через 3-5 років; на землях із незадовільним ЕМС – через 2-3 роки.

Масштаб проведення ґрунтово-польових знімань визначають рівнем моніторингу.

На **регіональному** рівні моніторингу основний масштаб проведення знімань – 1:50000; на територіях із складними еколого-меліоративними умовами та для масивів зрошення загальною площею менше 5000 га масштаб знімання становить 1:25000.

На **локальному** рівні моніторингу основним масштабом проведення ґрунтово-сольового знімання є 1:10000. Залежно від завдань, що розв'язують на територіях із простими еколого-меліоративними умовами, знімання можна виконувати у масштабі 1:25000, за складних умов – у масштабі 1:5000.

Середню кількість точок спостережень на 1 км² (100 га) визначають залежно від масштабу знімань та категорії складності еколого-меліоративних умов за табл. 5.3.

Об'єктом знімання є ґрунтові виділи еколого-меліоративного контуру, при цьому точки буріння розміщують так, щоб охопити всі зафіксовані попередніми зніманнями прояви засолення і солонцюватості ґрунтів.

Точки опробувань рекомендується розміщувати за створами з урахуванням ухилу місцевості, глибин залягання ґрунтових вод та розміщення зрошувальної і дренажної мереж.

Таблиця 5.3

Середня кількість точок спостереження на 100 га

| Масштаб знімання | Категорії складності умов | | |
|------------------|---------------------------|----|-----|
| | I | II | III |
| 1:50000 | 1 | 2 | 3 |
| 1:25000 | 3 | 4 | 5 |
| 1:10000 | 6 | 8 | 10 |
| 1:5000 | 12 | 15 | 20 |

Проходку свердловин здійснюють до рівня ґрунтових вод (РГВ) за близького їх залягання (до 5 м від поверхні землі) і на глибину зволоження (до 3 м) – за РГВ понад 5 м.

Неприпустиме закладання свердловин безпосередньо поблизу доріг, лісосмуг, зрошувальних каналів, у кутах полів, біля куп органічних і мінеральних добрив, меліорантів. Точки спостережень слід закладати на відстані не менш як 50 м від зазначених об'єктів.

Грунтово-сольове знімання виконують, як правило, у період максимального соленакопичення — наприкінці літа, початку осені. В окремих випадках (високий рівень ґрунтових вод у весняний період та інтенсивні витрати їх на випаровування) найбільше засолення ґрунтів фіксують наприкінці весни, до початку поливів.

Етапи та порядок проведення польових робіт

На першому етапі виконання польових робіт здійснюють рекогносційні обстеження території, які включають:

- загальне маршрутне ознайомлення зі станом поверхні земель та рослинного покриву у межах, виділених на підготовчій стадії контурів;
- фіксацію проявів засолення та солонцюватості на поверхні ґрунту у вигляді кірок, вицвітів, специфічних бурих плям тощо;
- оцінювання стану рослин з виділенням контурів із пригніченим станом посівів, їх розрідженістю, зрізним видовим складом рослин на нерозораних ділянках тощо;
- винесення виділених контурів на карту;
- збір відомостей про історію полів.

Водночас у межах досліджуваної території оцінюється відповідність планів землекористування реальній ситуації з уточненням форм власності на землі, контурів политих земель, на яких здійснювали промивки та інші меліоративні заходи.

Рекогносційні обстеження виконують із залученням агрономів, гідротехніків та інших фахівців.

На другому етапі, після закінчення рекогносційного обстеження вивчають прояви процесів засолення та осолонцювання шляхом закладання виробок (свердловин, шурфів, прикопок) та відбору зразків ґрунтів, підґрунтя, води. Для кожної виробки складається паспорт за формою, наведеною у Посібнику до ВБН 33-5.5-01-97 [10].

Відбирають зразки ручним буром або буровою установкою суцільною колонкою шарами 0-25, 25-50, 50-75, 75-100, 100-150, 150-200, 200-250 і 250-300 см, за необхідності – до рівня ґрунтових вод через 1,0 м.

Особливу увагу приділяють картуванню першого сольового й солонцевого горизонтів. Під час бурових робіт детально фіксують літологічний склад порід, глибину залягання карбонатів, гіпсу (особливо в солонцевих ґрунтах), ступінь вологості ґрунтів, глибину залягання рівня

грунтових вод. За наявності сольової кірки відбирають зразок на всю її товщину.

З кожного взятого зразка, попередньо перемішаного, відбирають середню пробу вагою 500-1000 г (залежно від набору показників, що визначаються). Зразки забезпечуються етикетками, форму яких наведено у розділі 2.1.5.

Відібрані ґрунтові зразки сушать до повітряно-сухого стану в тіні чи в приміщенні, що провітрюється, за температури не вище 60° С й упаковують відповідно до ГОСТ 12071-84.

Водночас із відбором зразків ґрунтів з кожної десятої свердловини на ділянках з РГВ менше 5 м відбирають пробу ґрунтових вод (0,5-1,0 л). Проби зрошувальних і дренажних вод відбирають протягом поливного періоду до початку проведення ґрунтово-сольового знімання.

Розрахунок запасів солей передбачає визначення щільності сухого ґрунту для ґрунтів і підґрунтя. Зразки непорушеної структури відбирають за шурфами та прикопками для кожного ґрунтового виділу. Апробування проводять за всіма виділеними у розрізі літолого-генетичними горизонтами відповідно до ГОСТ 5180-84.

Після завершення відбору зразків ґрунту і проб води складають супровідні відомості з переліком необхідних аналізів. Один примірник відомостей відправляють до лабораторії, другий – залишається у фахівця, який проводив ґрунтово-сольове знімання.

У разі ключових обстежень система апробування ґрунтів зводиться до вибору та закладки стаціонарних ділянок, так званих "ключів", площею 100 м² (10x10 м). У їх межах проходять 3-5 свердловин до рівня ґрунтових вод (за близького їх залягання) або до 3 м (зона зволоження). Зразки та проби води відбирають на загальних методичних засадах ґрунтово-сольового знімання. Для кожного із інтервалів ґрунтового опробування (0-25, 25-50, 50-75, 75-100, 100-150, 150-200 см і т.д.) формують змішану (за 3 -5 виробками) пробу.

Результати, одержані на ключах, поширюються на весь ґрунтовий або еколого-меліоративний контур, що виділений на стадіях підготовчих робіт та польового обстеження. Як і всю мережу тимчасових точок спостережень ґрунтово-сольового знімання, місця ключів фіксують координатно-висотною прив'язкою і виносять на відповідні карти – основи.

У подальшому ключові ділянки є основою для створення мережі стаціонарних дослідних ділянок, у т.ч. під час організації локального моніторингу (Посібник до ВБН 33-5.5-01-97) [10].

Строки проведення ґрунтово-сольових знімань як регіонального, так і локального рівня можуть бути скориговані саме за результатами багаторічних спостережень на опорних стаціонарних та спеціальних ділянках.

Організація стаціонарних досліджень як самостійного виду моніторингових робіт потребує спеціального нормативно-методичного обґрунтування і в рамках цього документа не розглядається.

5.2.4. Камеральні роботи

Склад камеральних робіт

Дослідження цієї стадії включають такі види робіт:

- лабораторні аналізи зразків ґрунтів і підґрунтя, проб ґрунтових, дренажних та поливних вод;
- обробку результатів аналізів;
- наповнення банків даних оперативної інформації;
- складання та оформлення карт засолення й солонцюватості;
- підрахунок площ засолених і/або солонцюватих ґрунтів;
- підготовку пояснювальної записки до матеріалів ґрунтово-сольового знімання [12].

Лабораторні аналізи

Дослідження виконують у акредитованих лабораторіях за комплексом атестованих методів та методик.

Для зразків ґрунтів і підґрунтя проводять такі види аналізів:

- сольовий склад визначають для всіх відібраних зразків за методом водної витяжки (ГОСТ 26423-85; ГОСТ 26424-85; ГОСТ 26425-85; ГОСТ 26426-85; ГОСТ 26427-85; ГОСТ 26428-85, ДСТУ ISO 10390, ДСТУ ISO 11265);
- склад обмінних катіонів і ємність вбирання (ГОСТ 26210-91, ГОСТ 26487-85, ГОСТ 26950-86, ГОСТ 27821-88, ГОСТ 17.4.4.01-84, ДСТУ ISO 11260) визначають для зразків, відібраних у всіх точках апробування за шарами 0-25 і 25-50 см за відсутності карбонатів в останньому; метод аналізу вибирають залежно від реакції скипання ґрунту від соляної кислоти;
- вміст карбонатів встановлюють для зразків, за якими визначають склад обмінних катіонів (ДСТУ ISO 10693);
- гранулометричний склад ґрунтів визначають за методом Качинського (ГОСТ 12536-79); аналіз виконують для опорної свердловини кожного ґрунтового виділу;
- щільність сухого ґрунту визначають на зразках непорушеної структури (ГОСТ 5180-84);
- активність іонів водню, натрію та кальцію у зрошувальних водах та ґрунтах визначають за методичними рекомендаціями ІГА

УААН;

- у пробах поливних, дренажних і ґрунтових вод визначають хімічний склад і за необхідності вміст важких металів (ВБН 33-5.5-01-97, Посібник до ВБН33-5.5-01-97).

Наповнення банків даних

Результати виконаних аналізів заносять у банки даних первинної інформації для подальшої їх обробки та створення бази даних моніторингу зрошуваних земель. Форми надання регламентуються вимогами до інформаційного забезпечення моніторингових робіт (Посібник 3 до ВБН 33-5.5-01-97).

5.2.5. Форми обробки і представлення інформації еколого-меліоративних досліджень

Моніторингова система спостережень, згідно з ВБН 33–5.5–01–97, складається з свердловин, шурфів, стаціонарів (ґрунтових, сольових, ґрунтово-сольових, інженерно-геологічно-ерозійних, зсувних та ін.), опорних і спеціальних ділянок (дослідно-виробничих, ключових та ін.), точок опробування під час проведення обмірів різного призначення, у тому числі комплексних гідрогеологічних, інженерно-геологічних, ґрунтово-меліоративних і спеціальних.

Для уніфікації інформації обробки і проведення спостережень, які виконує служба контролю Держводгоспу України, під час включення їх до виконання комплексу моніторингових робіт і подальшого складання банків даних вихідної інформації пропонують стандартизовані форми опису.

Паспорт моніторингової точки

Першим документом моніторингової точки спостереження є її паспорт, форму якого наведено у табл. 5.4. Складений паспорт узагальнює наявну інформацію про точку спостереження.

Паспорт моніторингової точки спостережень

1. ОРГАНІЗАЦІЯ, ЩО ВЕДЕ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

(Дата складання) (Прізвище і посада співробітника, що склав паспорт)

2. ОПИС ТОЧКИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

| Класифікація групи параметрів (атрибутів) | | Власні назви параметрів (атрибутів) за класифікатором ** інформації (перелік можливих варіантів) |
|---|---------------------|--|
| індекс | назва | |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Статус точки | |
| 1.1 | Найменування | Свердловина (шурф, колодязь, гідропост, метеопост, лізіметр, точка опробування тощо) |
| 1.2 | Вид | Одиночна (кущова, тимчасова, стаціонарна, ділянка, площадка тощо) |
| 1.3 | Тип мережі | Регіональна (опорна, спеціальна, тестова, розвідувальна, режимна, балансова тощо) |
| 1.4 | Призначення | Гідрогеологічна (гідрохімічна, гідрологічна, ґрунтова, ґрунтосольова, гідрофізична, інженерно-геологічна тощо) |
| 1.5 | Підпорядкованість | Організації служби Держводгоспу (Держкомгідромету, Держкомгеології тощо) |

| 1 | 2 | 3 |
|----------|---|--|
| 2 | Територіальна прив'язка точки | |
| 2.1 | Адміністративна | Область, район (<i>сільрада, населений пункт</i>) |
| 2.2 | До об'єктів господарчої діяльності: | |
| | - землекористування і сільгоспвиробництва; | Господарство (<i>агрофірма, сівозмінний масив, поле, заповідник, лісгосп тощо</i>) |
| | - водогосподарських | Зрошувальна система (<i>масив зрошення, зрошені землі, канали різних порядків, міжгосподарська і внутрішньо-господарська розподільча мережа, водосховища тощо</i>) |
| | - спеціального призначення | Зони відчуження (<i>утилізація вод, складування хімікатів, джерела забруднення тощо</i>) |
| 2.3 | Природно-географічна: | |
| | - до мережі річкових басейнів; | Басейни різного порядку ** |
| | - до фізико-географічного поділу території; | Таксони фізико-географічного або ландшафтного районування *** |
| | - до рельєфно-геоморфологічної будови; | Заплава ріки (тераса, вододільна рівнина, схили, інші форми та елементи макро- і мезорельєфу) |
| | - до таксонів природно-меліоративного районування території | Регіонально-типологічна область ** |
| 2.4 | Топографічна: | |
| | - до топопланшетів; | Номенклатура листів топопланшету (М 1:50000; 1:25000; 1:10000 і більше) |
| | - до ситуації на місцевості | План розташування точки на місцевості |

Продовження табл. 5.4

| 1 | 2 | 3 | |
|---|--|--|---|
| 3. | Фактологічні дані точки | | |
| 3.1 | Код опису та номер точки | Номер точки за каталогом-переліком точок спостережень | |
| 3.2 | Географічні координати | Широта, довгота, градуси і хвилини; | |
| 3.3 | Висотна характеристика | Відмітка поверхні землі (<i>абсолютна або відносна</i>), відмітка виробки (<i>устя, забій, верх патрубка</i>). | |
| 3.4 | Глибина та інтервали опробування | Глибина до виборки, відмітки кривлі, підшви, інтервали відбору проб, інтервали встановлення фільтра тощо | |
| 3.5 | Дата закладання або початку систематичних спостережень | Рік, місяць, число | |
| 3. Базова інформація за точкою спостереження (природно-меліоративні умови *) | | | |
| Класифікаційна група параметрів | | Склад інформації та характеристика параметрів | |
| індекс | назва | Власна назва за класифікатором | Фактологічні дані |
| 1 | <i>Геологічні умови</i> | Генетичний тип режиму утворення покривних відкладів | |
| 1.1 | Ґрунтовий покрив | Номенклатура ґрунту | Тип, підтип, вид, рід тощо ** |
| | | Опис ґрунтового профілю, епюри розподілу | Структура, потужність, морфологія шарів, сольові горизонти тощо |
| | | Кількісні характеристики параметрів | Склад, вміст гумусу, засоленість, солонцюватість тощо |

Продовження табл. 5.4

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|---|--|--|
| 1.2 | Літолого-генетична будова зони аерації (або до першого регіонального водотриву) | Літолого-генетичні комплекси порід | Номенклатура порід |
| | | Опис інженерно-геологічної будови | Літолого-геологічний або інженерно-геологічний розріз (колонка) по виробці, інтервали глибин залягання зафіксованих горизонтів тощо |
| | | Кількісні характеристики параметрів виділених літолого-генетичних або інженерно-геологічних горизонтів | Склад, воднофізичні властивості (<i>щільність, вологоємність, просадочність, набрякання тощо</i>). Епюри змін властивостей у розрізі (для шурфів) |
| 2. | Гідрогеологічні умови | Гідрогеологічна будова | Опис взаємозв'язків (перетоків) між водоносними горизонтами; умов залягання водоносних і водотривких порід, належність до областей живлення і розвантаження тощо |

Закінчення табл. 5.4

| 1 | 2 | 3 | |
|---|---|---|--|
| | | Характеристики водоносності відкладів зони активного водообміну | Фільтраційні властивості і склад водонасичених і водотривких відкладів, вік горизонтів |
| | | Умови залягання ґрунтових і міжпластових вод | Глибина ГВ зафіксована під час проходки виробки, відмітка РГВ, хімізму тощо |
| 3 | Гідрологічні та кліматичні умови місця розташування точки | Умови поверхневого стоку | Морфологічні показники |
| | | Кліматичні характеристики | Кількість опадів, температурні коливання, випаровування тощо |
| <p>4. Оперативна, довгострокова та сумарна інформація</p> <p>Формується у вигляді відомостей та звітів та за результатами прямих вимірів параметрів, лабораторних аналізів і досліджень, режимних спостережень, фіксацій показників, розрахунків тощо.</p> | | | |

Примітки:

* – склад характеристики природно-меліоративних умов, що наведено у базовій інформації, зумовлюється призначенням та видом точки спостереження;

** – під час формування банків даних ГІС до складу “Опису” вводять класифікаційні коди даних певної групи параметрів;

*** – інформація може бути представлена у вигляді позиційного коду.

Форми обробки і подання інформації

Під час проведення еколого-меліоративного моніторингу відбір проб ґрунтів і вод, виконання аналізів із визначення показників ЕМС, обробку аналізів і подання інформації слід виконувати за єдиними методиками. Це дає можливість надалі створювати банки даних ЕММ за єдиними формами. Визначення показників і форми подання результатів аналізів регламентують відповідні ДСТУ та ГОСТи. Тому додаткові, “моніторингові”, показники теж слід подавати за існуючими формами представлення інформації. За необхідності ці форми можуть бути доповненими або адаптованими до вимог ГІС [10].

За кожною точкою спостережень слід мати:

- приклади форм звітів і відповідних етикеток, що складають після виконання відбору ґрунтів і вод, наведено у табл. 5.5–5.7;
- журнал або відомість виконання прямих вимірів показника (показників) згідно з допущеними до використання методиками визначення. Зазвичай, у кожному ГОСТі або іншому відповідному стандарті наведено затверджену форму подання результатів конкретного визначення або аналізу.

Форми відомостей результатів аналізів, розрахунків тощо наведено у табл. 5.8-5.10.

Таблиця 5.5

Форма заповнення звіту та етикетки у разі відбору проб ґрунтових вод (ІСО 5667-11)

Мета відбору _____
Місце відбору _____
Опис точки відбору _____
Опис водоносного шару _____
Дата: день _____ місяць _____ рік _____
Вимір рівня води _____ об'єм _____
Час: початок _____ закінчення _____
Метод відбору _____
Глибина встановлення насоса _____
Рівень води водоносного шару _____
Глибина відбору _____
Вид проби _____
Метод консервування _____
Умови зберігання _____
П. І. Б. оператора _____
Примітки _____

**Форма заповнення звіту та етикетки у разі відбору проб
дренажно-скидних, побутових і промислових стічних вод
(ІСО 5667-10)**

Місце відбору _____

Код _____

Метод відбору: локальний (у точці) _____

Складна проба за часом _____

Складна проба за течією _____

Обладнання для відбору _____

Інтервал або потік між пробами _____
(хв або м³)

Об'єм локальних проб _____

Початок відбору _____
(дата і час)

Закінчення відбору _____
(дата і час)

Метод консервування _____

Виміри на місці відбору (визначення, результат, одиниця
виміру, час) _____

Процедури контролю якості _____

Примітки _____

П.І.Б. оператора _____

**Форма заповнення етикетки у разі відбору ґрунтів
(ГОСТ 12071 – 84)**

1. Найменування організації, що проводить розвідування _____
2. Назва або номер експедиції (партії) _____
3. Найменування об'єкта (ділянки) _____
4. Найменування виробки та її номер _____
5. Глибина відбору проби (зразка) _____
6. Найменування ґрунту за візуальним визначенням _____
7. Посада і прізвище особи, що відібрала зразки, її підпис _____
8. Дата відбору проби (зразка) _____

**Відомість (журнал) спостережень і контролю
за рівнем ґрунтових вод**

1. Найменування експедиції (партії).
2. Номер точки спостережень за Переліком моніторингових точок спостережень (найменування господарства, виробки, точки заміру поверхневих вод та ін.).
3. Дата виконання заміру.
4. Розрахункова критична (Нкр) глибина рівня у точні заміру.
5. Фактична глибина залягання РВ на дату виконання заміру.
6. Розрахунок співвідношення критичної і фактичної глибини РВ та її змін за певні проміжки часу.
7. Виконавець замірів (посада, прізвище). Виконавець розрахунків (посада, прізвище).

Таблиця 5.9

Відомість результатів хімічного аналізу проб води

1. Найменування експедиції (партії) _____
2. Лабораторний номер проби _____
3. Дата відбору проби _____
4. Особливість проби (підземна вода, зрошувальна, дренажно-скидна, стічна підприємства та ін.) _____
5. Місце відбору проби _____
6. Глибина відбору проби _____
7. Дата виконання аналізу _____
8. Результати хімічного аналізу води (формула Курлова та інші відомості на дату виконання аналізу) _____
9. Розрахунок типу води і мінералізації на дату відбору проби _____
10. Розрахунок змін типу води і мінералізації за певні проміжки часу _____
11. Особливості відібраної проби (агресивність води, натрієво-кальцієвий потенціал, воднево-натрієвий потенціал, співвідношення потенціалів, токсична лужність та ін.) _____
12. Склад та вміст забруднювальних речовин _____
13. Визначення класу якості природної води для зрошення (за ДСТУ 2710-94).
Виконавець аналізу (посада, прізвище) _____
Виконавець розрахунків (посада, прізвище) _____

Відомість складу і властивостей ґрунтів і порід

1. Найменування експедиції (партії) _____
2. Лабораторний номер проби _____
3. Дата відбору проби _____
4. Місце відбору проби _____
5. Глибина відбору проби _____
6. Дата виконання аналізу _____
7. Результати аналізу (ґрунтів і порід – фракцій, мм, % до ваги сухої породи, спосіб підготовки ґрунту, пористість, межі пластичності, вологість, щільність, карбонатність, загальний вміст солей, сума токсичних солей, сума поживних речовин (N-NO₃, P, O₅, K); ґрунтово-поглинального комплексу – вміст і сума поглинених катіонів, вміст гумусу на дату виконання аналізу) _____
8. Розрахункові шари _____
9. Сумарний вміст гравію, піску, пилу, фізичної глини (<0,01 мм), глини _____
10. Коефіцієнт пористості _____
11. Число пластичності _____
12. Фактор дисперсності _____

13. Середня об'ємна вологість, максимальна гігроскопічна, найменша вологоємність _____
14. Відносна просадочність _____
15. Потужність верхнього непросадочного шару і просадочної товщі ґрунтів _____
16. Сумарна просадка _____
17. Стисливість, у тому числі суфозійна _____
18. Набухання, усадка _____
19. Щільність ґрунту, сухого ґрунту, частинок ґрунту _____
20. Коефіцієнт ущільнення _____
21. Ступінь і тип засолення верхнього метрового шару ґрунтів і зони аерації _____
22. Глибина залягання солевого горизонту, солонцевого, карбонатів, гіпсу _____
23. Ступінь осолонцювання (шар 0 – 30 см) _____
24. Ступінь облугування _____
25. Ступінь насиченості ґрунту основами _____
26. Санітарний стан ґрунту _____
27. Зміни гумусу (групового і фракційного) у шарі 0-50 см за певні проміжки часу _____

28. Зміни складу і вмісту токсичних солей у фунті за певні проміжки часу _____
29. Склад і вміст забруднювальних речовин _____
- Виконавець аналізу (посада, прізвище) _____
- Виконавець розрахунків (посада, прізвище) _____

5.2.6. Складання та оформлення карт засолення й солонцюватості

Просторовим представленням результатів польових та лабораторних досліджень є карти засолення і солонцюватості ґрунтів.

Базовою основою для їх складання є карти типізації еколого-меліоративних умов та ґрунтові карти, на яких за результатами знімання, рекогносційних обстежень та проходки виробок відкореговано контури ґрунтових і еколого-меліоративних виділів.

На картах засолення відображають тип та ступінь засолення ґрунтів, переважно за вмістом токсичних солей, глибина залягання першого сольового горизонту, а за необхідності – запаси токсичних солей. Диференціацію площ за показниками засолення здійснюють з урахуванням контурів ґрунтово-меліоративних виділів. При цьому допускається розчленування або об'єднання останніх на основі інтерполяції даних окремих точок.

Картування типу і ступеня засоленості, запасів токсичних солей здійснюють пошарово: у першу чергу – для шарів 0-50 і 0-100 см, за необхідності (або за спеціальним завданням) – для шарів 100-200, 200-300 см, загалом для зони аерації або ґрунтового покриву.

Глибина залягання першого сольового горизонту відображається на карті у вигляді ізоліній, побудованих із використанням методів інтерполяції фіксованих даних (за точками ґрунтово-сольового знімання та мережі стаціонарних досліджень). На підставі виконаної інтерполяції відповідно до класифікації ґрунтів за цим показником оконтурюють ділянки з різними глибинами залягання сольового горизонту.

Кожному із виділів на карті присвоюють індекс або код згідно з розробленою легендою. За цим індексом (кодом) у легенді до карти та у базі даних сумарної (або атрибутивної) інформації наводяться показники, що якісно і кількісно характеризують цей контур. Характеристика включає як загальні відомості і середньозважені показники (найменування ґрунтово-меліоративного виділу, тип і ступінь засолення, вміст солей та іонів, що визначають хімізм, запаси токсичних солей тощо), так і фіксовану (або розрахункову) інформацію за точками сольового знімання (пошаровий вміст солей та тип засолення, запаси солей, глибини залягання сольового горизонту, тип та ступінь засолення, епюри розподілу солей за профілем тощо).

Карта солонцюватості ґрунтів має відображати як саму наявність солонцюватих ґрунтів, так і фактори, що зумовлюють напрям розвитку процесу осолонцювання.

На карту солонцюватості з ґрунтової карти наносять контури природно-солонцюватих комплексів та їх сполучень, солонців та солонцюватих ґрунтів, ділянок із різним гранулометричним складом та буферністю ґрунтів, уточнених за результатами знімання.

На основі обробки матеріалів ґрунтово-сольового знімання та лабораторних аналізів виділяють площі з різним ступенем вторинної солонцюватості ґрунтів у шарі 0-25 см і, за необхідності, – 25-50 см та різними глибинами залягання солонцевого горизонту.

Залежно від масштабів знімання контури розповсюдження солонцюватих ґрунтів та ґрунтів із різним ступенем прояву процесу під час картування можуть бути представлені як в узагальненому (М 1:50000), так і в натуральному (М 1:10000 і більше) вигляді.

У разі узагальнювального варіанта на картах показують відсоткову участь солонцюватих ґрунтів і солонців у комплексах чи сполученнях а виділенням контурів за такими її градаціями: "відсутні", 0-10, 10-25, 25-50 і понад 50%.

Під час відображення просторового розподілу показників глибини залягання солонцевого горизонту та вмісту лужних катіонів у його межах, інтерполяція цифрових значень недопустима через плямистість розповсюдження солонцюватих ґрунтів. Тому пропонується вводити систему позначок для кожного з ґрунтових та еколого-меліоративних виділів на карті або для кожної виробки, що фіксує ці показники.

За аналогією із картою засолення на карті солонцюватості ґрунтів кожному із виділів присвоюють індекс або код згідно з розробленою легендою, за яким у базі даних сумарної та атрибутивної інформації (або в експлікації до карти) наводять показники, що якісно і кількісно характеризують цей контур. Окрім характеристик солонцюватості, там само відображають і фактори, що зумовили формування процесу осолонцювання.

Кarti засоленості та солонцюватості ґрунтів складають у двох основних масштабах, відповідно до рівня завдань моніторингу:

- 1:50000 (регіональний рівень узагальнення інформації);
- 1:10000 (локальний рівень узагальнення інформації).

За необхідності вирішення спеціальних завдань масштаби картування можуть бути зменшені або збільшені.

Технологія складання карт засолення та солонцюватості включає кілька основних етапів:

- визначення масштабів картування відповідно до завдань знімання; при цьому карти локального рівня можуть

- використовуватись у разі складання карт регіонального рівня як опорні ключові ділянки (врізки);
- розробка легенди до карт засолення та солонцюватості з визначенням форм представлення сумарної інформації та її місцезнаходження (в електронних базах даних, експлікаціях чи пояснювальній записці);
- винесення на карту-основу контурів ґрунтово-меліоративних виділів та супутньої їм базової інформації;
- винесення на карту фіксованої за точками інформації (результатів обробки аналітичних даних за виробками);
- інтерполяція даних та виділення контурів із різними градаціями параметрів засоленості та солонцюватості ґрунтів;
- підрахунок площі виділених на картах контурів та їх відсоткової частки;
- формування баз картографічної інформації.

Вибір легенди, експлікації або форм представлення сумарної інформації здійснює розробник карти залежно від потреб та запитів користувача. При цьому необхідною умовою є додержання принципів однозначності оцінювання, доступності маніпулювання даними (згортання чи розгортання інформації), наочності представлення та сумісності з іншими картографічними матеріалами в рамках моніторингу.

Пояснювальна записка включає кілька розділів.

У **вступі** вміщують основні вимоги технічного завдання на проведення ґрунтово-сольового знімання, мету й основні завдання, строки проведення та площі обстежень, кількість закладених виробок та відібраних зразків, склад аналізів, базовий картографічний матеріал, що використовують під час організації та проведення знімань, у т.ч. наявності аерофото- та космознімань на територію знімань.

Перший розділ має вміщувати загальну характеристику природних та господарських умов території, стислі відомості про діючі режими зрошення, наявність дренажної мережі та меліоративні заходи, нормативно-методичну базу виконання аналізів та їх обробки тощо. Підсумком характеристики є типізація території за еколого-меліоративними та водогосподарськими умовами з відповідною картою (чи схемою).

У **другому розділі** – оцінювання та інтерпретація результатів ґрунтово-сольового знімання. Він включає характеристики ґрунтово-меліоративних виділів: ґрунтовий покрив, комплексність та склад ґрунтів, їх буферність щодо процесів осолонцювання, якість поливних вод, мінералізація та хімічний склад ґрунтових вод, глибини їх залягання, ступінь засолення та солонцюватості ґрунтів.

Наведено характеристику й основні закономірності динаміки солей та вмісту лужних катіонів в умовах зрошення; описано карти засоленості та

солонцюватості ґрунтів. При цьому характеризують тип засолення та вміст солей у ґрунтовому виділі (для кожного із виділів на карті), вміст обмінних натрію та калію, глибини залягання сольового та солонцевого горизонтів, результати обробки даних аналізів. Окрім цього наводять площі контурів із різним ступенем засолення або солонцюватості ґрунтів, а також із різними факторами формування процесів. Інформація має бути представлена у вигляді зведених таблиць, характеристик ґрунтів та кадастрових даних, епюр засолення та діаграм.

У **третьому розділі** вміщують конкретні науково обґрунтовані рекомендації з меліорації земель, запобігання боротьби з вторинним засоленням та осолонцюванням ґрунтів, підвищення їх родючості, за необхідності, дають рекомендації щодо закладки та організації стаціонарних досліджень динаміки цих процесів тощо.

5.3. Методика агрохімічного обстеження ґрунтів

5.3.1. Методика польових агрохімічних досліджень

Агрохімічне обстеження сільськогосподарських угідь необхідно проводити у міру виготовлення на оновленій сьогодні картографічній основі – на нових планах господарського землеустрою. Усі землі сільськогосподарського призначення, розміщені в межах приватних, колективних і фермерських господарств, а також поля, земельні паї, присадибні та садово-городні ділянки повинні мати відкориговану картографічну основу, а після надходження картографічних матеріалів з системою координат впроваджуватися у виробництво. Польове агрохімічне обстеження проводити з картографічним матеріалом у масштабі: Полісся, Прикарпаття, Закарпаття та гірські регіони – 1:10000, Лісостеп – 1 : 10000 та 1 : 25000, Степ – 1 : 25000 [17].

Розмір елементарних ділянок для відбору індивідуальних проб ґрунту, з яких складається змішаний зразок, залежить від виду сільськогосподарських угідь, контурності території, строкатості ґрунтового покриву та розміру земельної ділянки [17].

Рекомендовані розміри площ елементарних ділянок для відбору змішаних ґрунтових зразків наведено в табл. 5.11, 5.12.

Якщо площа земельного виділу менше 10 га, то вона ділиться на три елементарні ділянки. Розміри елементарних ділянок залежать від загальної площі земельного виділу. Наприклад, якщо земельний виділ становить 4 га, то розмір елементарної ділянки буде 1,33 га (4:3). Такий розрахунок

пояснюється тим, що з кожного земельного виділу малої площі потрібно відібрати не менше, ніж три змішаних ґрунтових зразки. Це дасть змогу з високою статистичною достовірністю обробляти аналітичну інформацію з використанням програмних засобів і персональних ЕОМ.

В овочевих сівозмінах за невеликих розмірів полів (до 10 га) поле ділиться на три елементарних ділянки, а у площах понад 10 га – розмір елементарної ділянки становить 3 га.

Відповідно до рекомендованих розмірів на картографічну основу певного масштабу наноситься сітка елементарних ділянок. Конфігурація елементарної ділянки повинна мати форму квадрата або прямокутника з співвідношенням сторін не більше 2:1. За складної конфігурації полів і неоднорідності ґрунтового покриву, що утруднюють його розбивку на квадрати або прямокутники, допускається неправильна форма ділянки, наприклад, ромбічна, трапецієподібна, трикутна тощо.

Таблиця 5.11

**Площі елементарних ділянок для великих і середніх полів
(понад 30га)**

| Вид сільськогосподарських угідь | Площа елементарної ділянки, га | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------|-------|------------|
| | Полісся | Лісостеп | Степ | Закарпаття |
| Орні землі: | | | | |
| богарні | 5-8 | 10-15 | 15-20 | 5 |
| осушені | 5 | 5 | 5 | 3 |
| зрошувані | 2 | 5 | 5 | 2 |
| Багаторічні насадження: | | | | |
| сади | 3 | 3 | 5 | 3 |
| виноградники | - | - | 4 | 4 |
| хмільники | 0,5-1 | - | - | - |
| Природні сіножаті та пасовища | | | | |
| зокрема поліпшені | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10 |
| Рекультивовані землі | Не більше 1 га незалежно від зони | | | |

**Площі елементарних ділянок для малих площ землекористування
(від 10 до 30 га)**

| Вид сільськогосподарських угідь | Площа елементарної ділянки, га | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------|-------|------------|
| | Полісся | Лісостеп | Степ | Закарпаття |
| Орні землі: | | | | |
| богарні | 2-4 | 3-5 | 5-10 | 2 |
| осушені | 1 | 2 | 2 | 1 |
| зрошувані | 1 | 2 | 3 | 1 |
| Багаторічні насадження: | | | | |
| сади | 2 | 2 | 3 | 1 |
| виноградники | - | 1 | 2 | 1 |
| хмільники | 0,5 | - | - | - |
| Природні сіножаті та пасовища | | | | |
| зокрема поліпшені | 3-10 | 3-10 | 10-15 | 5-10 |

Однак занадто витягнутих елементарних ділянок слід уникати. Якщо в межах елементарної ділянки є кілька ґрунтових відмін, то змішані зразки відбирають окремо з двох переважаючих за площею відмін. За великої комплексності ґрунтового покриву змішані зразки відбирають на чітко виражених елементах комплексу. Зокрема, на ділянках із добре розвинутим мікрорельєфом змішані зразки відбирають окремо із западин і територій між ними. На плямах солонців, солончаків або сильно солонцюватих і засолених ґрунтів зразки відбирають окремо від основного фону.

Змішані зразки ґрунту складають із 20 індивідуальних проб, рівномірно відібраних з маршрутної лінії – вісі (або діагоналі) елементарної ділянки. Індивідуальні проби відбирають з орного шару ґрунту (0-25 см).

Не допускається, крім гірських районів, відбирати зразки ґрунту ближче, ніж 30 м від доріг, будівель, лісосмуг, органічних добрив, а також на дні місць складування борозен, промоїн тощо. Якщо елементарна ділянка зайнята двома культурами, відбираються по два змішані зразки з кожної площі окремо.

Обстеження земель сільськогосподарського призначення слід проводити раз у 5 років, а також на замовлення землевласника, зміну власника, продажі та передачу земельної ділянки.

5.3.2. Польові агрохімічні обстеження на зрошуваних землях

У агрохімічному обстеженні зрошуваних земель за картографічну основу беруть план (карту) зрошуваних земель і ґрунтово-меліоративну (еколого-меліоративну) карту. Обстеження проводять у масштабі 1:10000 та 1:25000. Під час рекогносцированого огляду полів відзначають наявність на поверхні зрошуваних ділянок відкладів солей (кірки, вицвіти) з наступним занесенням цих відомостей у "Журнал агрохімічного обстеження ґрунтів". Площа елементарної ділянки для відбору змішаних зразків ґрунту на зрошуваній ріллі становить у зонах: Полісся – 2, Лісостепу та Степу – 5 га. Розбивку полів на елементарні ділянки в польових, кормових і овочевих сівозмінах під час зрошення здійснюють аналогічно розбивки полів на орних повнопрофільних ґрунтах у богарних умовах. Але на зрошуваних землях регіону рисосіяння елементарні ділянки слід розміщувати на всій ширині поливної карти. Глибина відбору змішаних зразків з орного шару – 0-25, з підорного – 25-50 см за 20-ти індивідуальних пробах ґрунту.

Для здійснення контролю за можливим засоленням та осолонцюванням ґрунтів на зрошуваних землях у кожному адміністративному районі тих областей, де поширені ці процеси, слід створити постійні майданчики спостереження для відбору зразків з орного та підорного шарів.

У зразках відібраних ґрунтів виконують такі аналізи:

а) сольовий склад – методом водної витяжки з розрахунком загальної кількості солей та суми токсичних солей у % (ГОСТ 26423, ГОСТ 26424, ГОСТ 26425, ГОСТ 26426, ГОСТ 26427, ГОСТ 26428, ДСТУ ISO 10390, ДСТУ ISO 11265);

б) склад увібраних катіонів і ємність вбирання у верхніх шарах 0-20 і 20-40 см (ГОСТ 26210, ГОСТ 26487, ГОСТ 26950, ГОСТ27821, ГОСТ 17.4.4.01, ДСТУ ISO 11260).

Результати аналізу водної витяжки, складу обмінних катіонів, поливних, дренажних та ґрунтових вод подають за спеціальною формою.

Повторні агрохімічні обстеження зрошуваних орних земель рекомендовано проводити з періодичністю 5 років. Відбір змішаних ґрунтових зразків проводять протягом усього вегетаційного періоду [17].

5.3.3. Вимоги до структури бази даних агрохімічної паспортизації земель

Згідно з вимогами до вхідних даних та запланованою структурою прив'язки агрохімічної інформації (структури мережі спостережень, структури землекористування і номеру ґрунтового виділу на карті)

створюють агрохімічну базу даних локальних масштабів. Згідно з розробленою структурою бази даних, створено форми збору агрохімічного обстеження. Форми збору даних агрохімічного обстеження містять наступну інформацію:

- Таблиця 5.13. Адміністративно-територіальна прив'язка.
- Таблиця 5.14. Характеристика ґрунтів господарства.
- Таблиця 5.15. Характеристика структури землекористування для агрохімічного обстеження.
- Таблиця 5.16. Агрохімічні показники.
- Таблиця 5.17. Забруднювальні та токсичні речовини.
- Таблиця 5.18. Внесення добрив.
- Таблиця 5.19. Картографічна інформація.

Таблиця 5.13

Адміністративно-територіальна характеристика господарства

Область _____
 Район _____
 Назва господарства _____

| Вид інформації | Дані |
|--|------|
| 1 | 2 |
| Код господарства* | |
| Форма власності | |
| Організаційно-правова форма господарювання | |
| Орган управління | |
| Вид діяльності | |
| Тип спеціалізації | |
| Ідентифікаційний код | |
| Назви населених пунктів, що розташовані в межах господарства | |
| Координати 6-ти реперних точок для геоприв'язки | |

* код господарства або землевласника вводиться після створення довідника господарств.

Таблиця 5.14

Характеристика ґрунтів господарства

Ґрунтова зона _____
 Ґрунтова провінція _____

| Вид інформації | Дані |
|--|------|
| Код господарства | |
| Масштаб карти ґрунтів | |
| Порядковий номер ґрунту за експлікацією ґрунтів у господарстві | |
| Назва ґрунту | |
| Агровиробнича група | |
| Код ґрунту за реєстром у БД ґрунтової інформації* | |
| Щільність ґрунту | |
| Максимальні запаси продуктивної вологи | |

* – код ґрунту формується спеціально розробленою програмою кодування ґрунтів.

Таблиця 5.15

Характеристика структури землекористування для агрохімічного обстеження

| Показник стану ґрунтів | Середньозважені величини за : | |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------|
| | 200_р. | 200_р. |
| 1 | 2 | 3 |
| Унікальний код поля або ділянки | | |
| Кислотність: | | |
| - гідролітична, мг-екв/100 г ґрунту | | |
| - обмінна, рН сол. | | |
| - актуальна, рН вод. | | |
| Сума увібраних основ, мг-екв/100 г | | |
| Тип засолення | | |
| Ступінь засолення | | |

Закінчення табл. 5.15

| 1 | 2 | 3 |
|--|---|---|
| Вміст гумусу в орному шарі, % | | |
| Обмінний $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, мг-екв/100 г ґрунту | | |
| Вміст в орному шарі азоту, що легко гідролізується, мг/кг | | |
| Вміст в орному шарі рухомого фосфору, мг/кг | | |
| Вміст в орному шарі обмінного калію, мг/кг | | |
| Вміст в орному шарі рухомих форм бору, мг/кг | | |
| Вміст в орному шарі молібдену, мг/кг | | |
| Вміст в орному шарі марганцю, мг/кг | | |
| Вміст в орному шарі кобальту, мг/кг | | |
| Вміст в орному шарі міді, мг/кг | | |
| Вміст в орному шарі цинку, мг/кг | | |
| Дата проведення обстеження | | |
| Період виконання аналізів | | |

Таблиця 5.16

Забруднення та токсичні речовини

| Показник стану ґрунтів | Середньозважені величини за: | | |
|--|------------------------------|--------|--------|
| | 200 р. | 200 р. | 200 р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Унікальний код поля | | | |
| Вміст рухомих форм кадмію, мг/кг | | | |
| Вміст рухомих форм свинцю, мг/кг | | | |
| Вміст рухомих форм ртуті, мг/кг | | | |
| Залишки пестицидів, ДДТ і його метаболіти, мг/кг | | | |
| Залишки пестицидів, гексахлоран, мг/кг | | | |
| Залишки пестицидів, 2,4 Д – амінна сіль, мг/кг | | | |
| Цезій, Бк/кг | | | |
| Стронцій, Бк/кг | | | |
| Дата обстеження | | | |
| Період виконання аналізів | | | |

Таблиця 5.17

Внесення добрив

| Характеристика заходів | Дані за: | | |
|---------------------------|----------|--------|--------|
| | 200_р. | 200_р. | 200_р. |
| Унікальний код ділянки | | | |
| Органічні добрива | | | |
| Мінеральні добрива | | | |
| Вапнування | | | |
| Дата проведення заходів | | | |
| Відповідальний виконавець | | | |

Таблиця 5.18

Картографічна інформація

| Вид | Наявність |
|--|-----------|
| Код господарства | |
| Масштаб карти землекористування (1:25000, 1:10000) | |
| Масштаб карти ґрунтів | |
| Картосхема мережі агрохімічного обстеження | |
| Картосхема мережі радіоекологічного обстеження | |
| Базова топографічна карта 1:50000: | |
| - дороги | |
| - населеного пункту | |
| - гідрографії | |

 Завдання для самостійного опрацювання

1. Історія (етапи) розвитку ГІС – технологій.
2. Зарубіжний досвід ведення моніторингу земельних ресурсів (ґрунтів). Концепція ведення моніторингу у США, Австрії, Бельгії, Швеції, Італії тощо.
3. Екологічне законодавство України. Основні завдання екологічного законодавства. Закони України: “Про охорону навколишнього природного середовища”; “Про екологічну експертизу”; “Про охорону атмосферного повітря”; “Про природно-заповідний фонд”; “Про тваринний світ”; “Про захист рослин”.
4. Оцінювання еколого-меліоративного стану зрошуваних земель і технічного стану зрошувальних систем: критерії оцінювання еколого-меліоративного стану зрошуваних і прилеглих до них земель; потенційна еколого-меліоративна стійкість земель; фактична еколого-меліоративна стійкість земель.

5. Районування території як засіб просторового узагальнення інформації.
 - методика природно-меліоративного районування;
 - еколого-меліоративне районування як основа оптимізації організації території. Принципи та методика;
 - основні вимоги до виконання природно-меліоративного районування.

? Запитання для обговорення на семінарському занятті

1. Роль еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель за сучасних умов господарювання.
2. Можливості використання ГІС-технологій в меліорації, агрономії та зрошуваному землеробстві.
3. Правове забезпечення та нормативно-методична база меліоративного моніторингу.
4. Функціонально-організаційна структура еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель.
5. Критерії і показники оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель.
6. Гідрогеологічні показники.
7. Інженерно-геологічні показники.
8. Грунтово-меліоративні показники.
9. Агрономічні показники.
10. Показники забруднення ґрунтів.
11. Картографічне забезпечення системи моніторингу.
12. Вимоги до структури бази даних.
13. Методика еколого-меліоративних досліджень.
14. Методика агрохімічних досліджень.



Теми для рефератів та доповідей

1. Методика і порядок виконання моніторингових робіт.
2. Принципи побудови системи інформаційного забезпечення.
3. Організація інформаційної бази знань.
4. Організація інформаційної бази даних.



ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

| | |
|----------|---|
| 1 | Визначення поняття “моніторинг”: |
| | <ol style="list-style-type: none">4. Науково-інформаційна система спостережень, оцінок, прогнозів та управління стану навколишнього середовища та живих організмів.5. Створення людиною штучного середовища, що взаємодіє з природними системами і розглядається як частина біосфери.6. Область активного життя на земній кулі. |
| 2 | Система державного моніторингу довкілля створюється на трьох рівнях: |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Базовому, стандартному, науковому.2. Загальному, оперативному, фоновому.3. Локальному, регіональному, національному. |
| 3 | Моніторинг зрошуваних та прилеглих до них земель здійснюється відповідно до |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Закону України “Про меліорацію земель”.2. Земельного кодексу України.3. Водного кодексу України.4. Постанови Кабінету Міністрів України “Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля”.5. Вищенаведеного. |
| 4 | ГІС-технологія... |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Комп’ютерна технологія вводу, збереження, обробки і подання просторово-розподілених даних.2. Групування даних за характеристиками основних компонентів природно-агромеліоративних геосистем, що здійснюється за принципом змістовної організації інформації.3. Наука про закони спадковості та мінливості організмів й методи управління ними. |

| | |
|---|--|
| 5 | Можливість застосування ГІС-технологій... |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Меліорація. 2. Агрономія. 3. Екологія. 4. Економіка природокористування. 5. Географія. 6. Все вищенаведене. | |

| | |
|---|---|
| 6 | Геоінформаційна система (ГІС)... |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Інформаційна система, що призначена для обробки просторово-часових даних, основою інтеграції якої слугує географічна інформація. 2. Технологічний процес, в якому основним продуктом переробки виступають інформаційні ресурси. 3. Система штучного інтелекту. | |

| | |
|---|--|
| 7 | Система моніторингу зрошуваних земель має три підсистеми... |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Водогосподарського моніторингу зрошувальних систем і водних ресурсів. 2. Екологічного моніторингу. 3. Еколого-меліоративного моніторингу зрошуваних земель. 4. Геологічного моніторингу. 5. Моніторингу ґрунтів. | |

| | |
|---|---|
| 8 | Функції моніторингу зрошуваних земель... |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Інформаційна, узагальнювальна, еколого-попереджувальна. 2. Біологічна, фізична, хімічна. 3. Економічна, соціальна, екологічна. 4. Локальна, регіональна, національна. | |

| | |
|--|--|
| 9 | Водогосподарський моніторинг... |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Підсистема моніторингу меліорованих земель, що характеризує технічний стан зрошувальних систем і водогосподарських об'єктів. 2. Підсистема моніторингу меліорованих земель, що характеризує геологічне середовище, стан забруднення ґрунтів і підземних вод, ґрунтоутворюювальні процеси; 3. заходи, спрямовані на збереження кількості і якості поверхневих і підземних вод. | |

| | |
|-----------|---|
| 10 | Основні функціональні завдання водогосподарського моніторингу... |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Створення оптимальної системи спостережень. 2. Збір та систематичне одержання інформації. 3. Вивчення, обробка, узагальнення, збереження і передача інформації. 4. Оцінювання, прогноз, спеціальне районування і типізація. 5. Обґрунтування рекомендацій, прийняття і підтримка управлінських рішень. 6. Все вищенаведене. |

| | |
|-------------------------------------|---|
| 11 | Система спостережень для ведення еколого-меліоративного моніторингу може належати до ... |
| 1. Регіональної мережі спостережень | А. Розміщена, зазвичай, на створах, які закладено перпендикулярно до каналів; характеризує режим у розрізі кожного зрошуваного масиву; |
| 2. Опорної мережі спостережень | В. Включає систему стаціонарних свердловин, полігонів, метеостанцій, гідропостів, які дають змогу фіксувати режим зміни параметрів природно-меліоративних геосистем та їх стану в межах одного регіону; |
| 3. Спеціальної мережі спостережень | С. Закладають для локального контролю за річною і багаторічною динамікою розвитку меліоративного стану територій, у тому числі ґрунтових процесів, під впливом сільськогосподарського освоєння та зрошення на різних сівозмінах, дренажних ділянках із різними технічними характеристиками, на забруднених ділянках тощо. |

Правильна відповідь: ...,,

| | |
|-----------|---|
| 12 | База знань... |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Комплект правових та законодавчих документів на регламентацію моніторингових робіт. 2. Сукупність знань про деяку предметну галузь, на основі яких формуються наукові, методологічні підходи до тих чи інших завдань. 3. Просторова система інформаційної підтримки управлінських рішень щодо завдань меліорації й водного господарства. |

| | |
|-----------|---|
| 13 | Загальні вимоги, що пред'являються до бази знань |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Блокова структура. 2. Забезпечення комплексності відображення об'єктів. 3. Ретроспективність прогнозу розвитку геосистем. 4. Незалежність інформаційних баз від прикладних програм. 5. Все вищенаведене. |

| | |
|-----------|---|
| 14 | Тематична організація інформації (тематичні дані)... |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Комп'ютерна технологія вводу, збереження, обробки і подання просторово-розподілених даних. 2. Групування даних за характеристиками основних компонентів природно-агромеліоративних геосистем, що здійснюється за принципом змістовної організації інформації. |

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 “Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля”.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 р. № 661 “Про затвердження Положення про моніторинг земель”.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.07.1996 р. № 815 “Про затвердження Положення про моніторинг вод”.
4. Закон України “Про меліорацію земель” від 14 січня 2000 р. № 1389-XIV.
5. Закон України “Про охорону земель” від 19 червня 2003 р. № 962-IV.
6. Земельний кодекс України. 25 жовтня 2001 р.
7. Водний кодекс України. 08 червня 1995 р.
8. Методика моніторингу земель, що перебувають в кризовому стані / [Балюк С.А., Блохіна Н.М., Білолипський В.О. та ін.] – Харків, 1998. – 88 с.
9. Організація і ведення еколого – меліоративного моніторингу. Частина 1. – Зрошувані землі. – ВБН 33.–5.5–01–97. – К. : Державний комітет України по водному господарству, 2002. – 64 с.
10. Методика проведення комплексу моніторингових робіт у системі Держводгоспу. Частина 1. – комплекс моніторингових робіт на масивах зрошення України. Методи виконання аналізів і визначення показників еколого-меліоративного стану земель. – Посібник 1 до ВБН 33-5.5-01-97 “Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу”, частина 1 – Зрошувані землі. – К. : Державний комітет України по водному господарству, 2002. – 94 с.
11. Інформаційно-обчислювальне забезпечення моніторингу меліорованих земель. Частина 1 – Методика організації системи інформаційного забезпечення моніторингових робіт на зрошуваних землях. Посібник 3 до ВБН 33–5.5–01–97 “Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу”, Частина 1. – Зрошувані землі. – К. : Державний комітет України по водному господарству, 2002. – 65 с.
12. Інструкція з проведення ґрунтово–сольової зйомки на зрошуваних землях (до ВБН 33–5.5–11–02). – К. : Державний комітет України по водному господарству, 2002. – 40 с.
13. Порядок оцінки солонцюватості ґрунтів у зонах впливу зрошувальних систем. Посібник до ВБН 33–5.5–11–02 “інструкція

- з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України”. – К. : Державний комітет України по водному господарству, 2002. – 19 с.
14. Методика оцінки і прогнозу еколого-меліоративного стану меліоративного стану меліорованих земель. Частина 1 – Методика оцінки і прогнозу еколого-меліоративного стану і стійкості земель при зрошенні / (Посібник 2 до ВБН 33–5.5–01–97). – К. : Держводгосп України, 2002. – 147 с.
 15. Порядок використання критеріїв оцінки якості поливної води та меліоративного стану для зональних меліоративних систем / (Посібник до ВБН 33.55.01-97). – К. : 1999. – С. 14.
 16. Якість води для зрошення. Екологічні критерії ВБН 33-5,5-02-97. Державний комітет України по водному господарству. Харків, 1998. – 15 с.
 17. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення ; за ред. С.М. Рижук, М.В. Лісового, Д.М. Бенцаровського. – К., 2003. – 64 с.
 18. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель (методично-нормативно забезпечення) ; за ред. В.П. Патики і О.Г. Тараріко. – К. : Фітосоціоцентр, 2002. – 295 с.
 19. Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України ; за ред. акад. О.О. Созінова і Б.С. Прістера – К. : МСГіП, 1994. – 162 с.
 20. Методические указания по крупномасштабному агрохимическому обследованию почв и проведению полевых опытов с удобрениями в системе агрохимслужбы Украинской ССР. – К., 1982. – 80 с.
 21. Ромащенко М.І. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення / М.І. Ромащенко, С.А. Балюк. – К. : Світ, 2000. – 144 с.
 22. Коваленко П.І. Рациональне використання води при зрошенні / П.І. Коваленко, Ю.О. Михайлов – К. : Аграрна наука, 2000. – 154 с.
 23. Ромащенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М. Інформаційне забезпечення зрошеного землеробства. Концепція, структура, методологія організації / Ромащенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М. ; за ред. М.І. Ромащенка. – К. : Аграрна наука, 2005. – 196 с., 8 карт.
 24. Медведєв В.В. Моніторинг почв України. Концепція, предварительные результати, задачі / В.В. Медведєв. – Харків : ПФ “Антивка”, 2002. – 428 с.
 25. Сохнич А.Я. Моніторинг земель : навч. посіб. / А.Я. Сохнич. – Львів, 1997. – 131 с.

26. Морозов В.В. ГІС в управлінні водними і земельними ресурсами : навч. посіб. / В.В. Морозов. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. – 91 с.
27. Ушкаренко В.О. ГІС в екологічному моніторингу : навч. матер. для вивч. курсу / В.О. Ушкаренко, О.В. Морозов. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. – 124 с.
28. Світличний О.О. Основи геоінформатики : навч. посіб. / О.О. Світличний, С.В. Плотницький ; за заг. ред. О.О. Світличного. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2006. – 295 с.
29. Ладичук Д.О. Бази даних геоінформаційних систем / Д.О. Ладичук, В.І. Пічура. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. – 68 с.
30. Морозов В.В. Еколого-меліоративні умови природокористування на зрошуваних ландшафтах України : навч. посіб. / Морозов В.В., Грановська Л.М., Поляков М.Г. – Херсон : Айлант, 2003. – 208 с.
31. Базилевич Н.И. Опыт классификации почв по засолению / Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова // Почвоведение: Наука. – 1968. – №11. – С. 3-16.
32. Кузьминов В.П. Бонітети ґрунтів України / В.П. Кузьминов // Агрохімія і ґрунтознавство. – К. : Урожай, 1970. – Вип. 13. – С. 125-148.
33. Крикунов В.Г. Ґрунти і їх родючість / В.Г. Крикунов. – К. : Вища школа, 1993. – 287 с.
34. Якість ґрунту. Критерії і показники оцінювання еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель. ДСТУ – 2007.
35. Екологія та охорона навколишнього середовища: Словник-довідник / уклад. : Сохнич А.Я., Андрійшин М.В., Снітинський В.В., Столярчук Д.І., Горлачук В.В., В’юн В.Г ; за ред. д. е. н., проф. Сохнича А.Я. – Львів : НВФ “Українські технології”, 2006. – 252 с.

*Фахівці, які беруться за створення ГІС,
спрямовують себе на досягнення
найсучасніших світових технологій*

6. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В АГРОСФЕРІ

 **У результаті вивчення цього розділу ви повинні знати:**

- *поняття “модель” та “моделювання”;*
- *властивості та класифікацію моделей, що використовують у наукових дослідженнях;*
- *завдання, властивості та етапи процесу моделювання, явищ і процесів в агросфері;*
- *сутність геоінформаційних систем і технологій;*
- *картографічний метод як основний метод просторового моделювання;*
- *Geostatistical Analyst як інструмент для дослідження даних та просторового моделювання;*
- *схему послідовного розрахунку та створення тематичної карти;*
- *методи геопросторового моделювання;*
- *етапи створення інтерполяційної моделі та їх аналіз за допомогою ArcGis;*
- *поняття “прогноз”, “прогнозування”, “прогностика” “передбачення”, “передрікання”, “передвказання”;*
- *методологічні принципи прогностичності;*
- *класифікацію та етапи розробки прогнозів;*
- *методи прогнозування часових рядів;*
- *властивості інформації;*
- *основні критерії оцінювання достовірності прогностичних моделей.*

 **На основі набутих теоретичних знань ви повинні вміти:**

- *визначати сутність поняття “модель” та “моделювання”;*
- *розрізняти моделі за їх властивостями та класифікацією;*

- здійснювати процес моделювання відповідно до п'яти етапів;
- визначати сутність понять: ГІС-технології, картографічний метод, ГІС-аналіз, *Geostatistical Analyst*;
- здійснювати геопросторове моделювання у відповідності до схеми послідовного розрахунку та створення тематичної карти в програмному середовищі *ArcGis*;
- розрізняти методи геопросторового моделювання, що використовуються в модулі *Geostatistical Analyst* програмного забезпечення *ArcGis*;
- здійснювати порівняльний аналіз створених просторових моделей;
- визначати сутність поняття “прогноз”, “прогнозування”, “прогностика”, “передбачення”, “передрікання”, “передвказання”;
- здійснювати прогноз часових рядів із використання лінійних і нелінійних методів прогнозування;
- здійснювати порівняльне оцінювання достовірності отриманих прогностичних моделей.

| КЛЮЧОВІ ТЕРМІНИ І ПОНЯТТЯ | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ модель; ➤ моделювання; ➤ фізична модель; ➤ аналогова модель; ➤ математична модель; ➤ ГІС-технології; ➤ картографічний метод; ➤ ГІС-аналіз; ➤ <i>Geostatistical Analyst</i>; ➤ крігінг; ➤ кокрігінг; ➤ метод зважених відстаней; ➤ метод глобального полінома; ➤ метод локальних поліномів; ➤ радіальна базисна функція; ➤ прогноз; ➤ прогнозування; ➤ прогностика; | <ul style="list-style-type: none"> ➤ передбачення; ➤ передрікання; ➤ передвказання; ➤ метод трендів; ➤ метод Хольта і Брауна; ➤ метод Бокса-Дженкінса (АРПКС); ➤ метод нейронних мереж; ➤ інформація; ➤ репрезентативність інформації; ➤ змістовність інформації; ➤ достовірність інформації; ➤ актуальність інформації; ➤ точність інформації; ➤ достовірність інформації; ➤ стійкість інформації; ➤ критерії достовірності прогностичних моделей |

6.1. Теоретико-методологічні аспекти процесу моделювання

На сьогодні є актуальним питанням застосування методологічних підходів збору, обробки, аналізу, моделювання і прогнозування даних під час проведення еколого-агроекологічного моніторингу. Саме знання існуючих методів моделювання і прогнозування та їх удосконалення є “фундаментом” для більш ефективного підходу щодо прийняття раціональних управлінських рішень.

Пізнання навколишнього світу людина здійснює в процесі моделювання, намагаючись побудувати наближену модель реального об'єкта (системи) доступними їй засобами. Важливим організаційним елементом будь-якої діяльності є ціль – образ бажаного майбутнього, тобто модель стану, на реалізацію якого спрямована діяльність.

Модель може свідомо використовуватися людиною для спрощення роботи, економії, кращого розуміння явищ тощо. У процесі дослідження об'єкта часто буває недоцільно або навіть неможливо мати справу безпосередньо з самим об'єктом. Зручніше замінити його іншим об'єктом, подібним до даного у тих аспектах, які важливі для цілей дослідження.

Моделі об'єктів – спрощений варіант складних систем, з чіткою структурою і певними взаємозв'язками між складовими частинами, які вивчаються, що дозволяє детальніше проаналізувати властивості реальних об'єктів і їх поведінку в різних ситуаціях [1]. Таким чином, моделювання є інструментом аналізу складних систем і об'єктів.

Модель – це спеціально створена для дослідження ідеальна або матеріальна система, яка, маючи відповідну ступінь схожості з досліджуваною системою та будучи її спрощеним представленням у просторі і часі, призначена для вивчення поведінки досліджуваної системи та отримання нової інформації про неї та її властивості.

Властивості моделей, які визначають відповідність моделі дійсності:

- **Скінченність.** Світ, частиною якого ми є, нескінченний, як нескінченний і будь-який об'єкт, не лише у просторі і часі, але і у своїх зв'язках з іншими об'єктами. Однак, наші власні якості (ресурси), якими ми пізнаємо світ (кількість нервових клітин мозку; сукупність дій, які ми можемо виконати за одиницю часу; час, який ми можемо витратити на розв'язання задачі тощо) обмежені. Тому виникає протиріччя: необхідно пізнати нескінченний світ скінченими засобами. Розв'язати цю проблему можна лише одним способом: з нескінченного світу виділяють певну частину (скінчену кількість елементів і відношень), яка відповідає цілям дослідження, і моделюють її скінченими ресурсами.

• **Спрошеність.** Модель відображає тільки істотні сторони об'єкта. Сама скінченність моделей робить їх спрошеність неминучою. Більше того, в людській практиці спрошеність моделей є допустимою, адже для будь-якої цілі виявляється достатнім неповне, спрошене відображення дійсності. Спрошення є сильним засобом для виявлення головних ефектів у досліджуваному явищі.

• **Приблизність відображення дійсності за допомогою моделей.** Дійсність відображається моделлю грубо чи приблизно. В усіх випадках, модель – це інший об'єкт і відмінності неминучі (єдиною досконалою картою країни є сама країна). Незважаючи на те, що ця наближеність може бути високою (іноді копію картини важко відрізнити від оригіналу навіть експертам), в інших випадках приблизність моделі видно відразу. До того ж говорити, що різниця велика чи мала, немає сенсу. Ця величина завжди співставна з метою моделювання і за хорошої моделі має бути достатньою.

Саме відповідна ступінь подібності забезпечує досягнення об'єктивного результату опису системи, що вивчається. Вимога максимально точного відображення системи в моделі є непотрібною з двох причин: 1) це надзвичайно би ускладнило завдання створення моделі; 2) вона є зайвою, оскільки часто для подальшого аналізу немає потреби у використанні всієї інформації про об'єкт. Тому вже на етапі створення моделі варто розуміти, які дані будуть використовуватися під час моделювання.

• **Адекватність.** Модель успішно описує модельовану систему. Під час моделювання використовують аналогію між об'єктом-оригіналом і його моделлю.

Аналогії бувають:

- зовнішні (модель літака, корабля, мікрорайону, викройка);
- структурні (водогінна мережа й електромережа моделюються за допомогою графів, які відображають усі зв'язки і перетини, але не довжини окремих трубопроводів);
- динамічні (за поведінкою системи) – маятник моделює електричний коливальний контур.

• **Інформативність.** Модель має містити достатньо інформації про систему в межах гіпотез, прийнятих під час побудови моделі.

Щоб деяка матеріальна (реальна, речова) конструкція могла бути відображенням, тобто заміщала у певному сенсі оригінал, між оригіналом і моделлю має бути встановлене відношення схожості, подібності. Існують різні способи встановлення такої подібності, що надає моделям особливостей, специфічних для кожного способу.

Насамперед, це подібність, встановлена в результаті фізичної взаємодії. Прикладами таких відображень є фотографії, масштабовані

моделі літаків, різноманітних споруд, макети будівель тощо. Така подібність називається *прямою*.

Інший спосіб подібності на відміну від прямої називається *непрямим*. Тут подібність не встановлюється в результаті фізичної взаємодії оригіналу з моделлю, а об'єктивно існує в природі проявляється у вигляді подібності або достатньої близькості абстрактних моделей із реальним об'єктом і відтак використовується у практиці моделювання. Наприклад: годинник – аналог часу; піддослідні тварини у медиків – аналог людського організму; автопілот – аналог льотчика; електричний струм моделює транспортні потоки в мережах зв'язку, потоки води у міській водопровідній мережі.

Третій, особливий клас реальних моделей утворюють моделі, подібність яких до оригіналу є ні прямою, ні непрямую, а встановлюється в результаті погодження. Таку подібність називають *умовною*. Прикладами умовної подібності є гроші (модель вартості), всілякі сигнали (модель повідомлень), посвідчення особи (офіційна модель власника), робочі креслення (модель майбутньої продукції), карти (модель місцевості) тощо.

Властивості можливостей використання моделей:

- наочність побудови;
- виявлення основних його властивостей і відносин;
- доступність її для дослідження або відтворення;
- простота дослідження, відтворення;
- збереження існуючої та отримання нової інформації з точністю, заданою під час побудови моделі.

У науково-дослідницькій і виробничій роботі застосовуються три основні види моделей.

1. **Фізична модель.** Фізична модель представляє те, що досліджується, за допомогою збільшеного або зменшеного опису об'єкта або системи.

Будівельна проектна організація завжди будує мініатюрну модель (проект), перш ніж почати будівництво відповідного об'єкта.

2. **Аналогова модель.** Аналогова модель являє собою досліджуваний об'єкт аналогом, який поводить себе як реальний об'єкт, але не виглядає як такий. Приклад аналогової моделі – організаційна схема. Створивши таку модель, керівництво в змозі легко уявити собі ланцюги проходження команд і формальну залежність між індивідами і діяльністю. Така аналогова модель явно простіший і ефективніший спосіб сприйняття і прояву складних взаємозв'язків структури великої організації, чим скажемо складання переліку взаємозв'язків всіх працівників.

3. Математична модель. У математичній (символьній) моделі використовуються символи для опису властивостей або характеристик об'єкта або події.

Моделі, які використовують на сьогоднішній день в наукових дослідженнях агросфери, можна класифікувати за наступними критеріями (ознаками), які в свою чергу розрізняються за типами моделювання [2]:

1. За ознакою матеріальності:

- *матеріальні*, які створюються з об'єктів реального світу;
- *ідеальні* (уявні), що формуються в свідомості одного або багатьох суб'єктів.

2. За ознакою первинності моделі або об'єкта:

- *образи* якогось матеріального, ідеального об'єкта або множини об'єктів;
- *пробрази* якогось матеріального, ідеального об'єкта або множини об'єктів.

3. За ознакою детальності, повноти відображення об'єкта:

- *повні і неповні*;
- *оптимальні, неоптимальні, субоптимальні* (частково оптимальні) й *обмежені*.

4. За сферою застосування:

- *пізнавальні*;
- *прагматичні*;
- *інструментальні*.

5. За рівнем "глибини" моделювання:

- *емпіричні* (створюється на основі емпіричних фактів і залежностей);
- *теоретичні* (на основі математичних описів);
- *змішані*, напівемпіричні (використовуються емпіричні залежності і математичні описи).

6. За змінюваністю моделей:

- *статична* (статична модель дає лише "фотографію" системи в певний момент часу, тобто модель конкретного стану об'єкта);
- *динамічна*, якщо вона відображає систему (процеси в системі) у часі; використовується, коли цілі дослідження пов'язані не з одним станом, а відмінністю між ними, і виникає потреба відобразити процес зміни станів.

7. За повнотою опису поведінки системи:

- *дискретна*, якщо вона описує поведінку системи тільки в окремі моменти часу;
- *неперервна*, якщо вона описує поведінку системи для всіх моментів часу з деякого часового інтервалу.

8. За точністю знань, закладених у них:

- *детермінована*, якщо кожному вхідному набору параметрів відповідає цілком визначений і однозначно обумовлений набір вихідних параметрів;
- *недетермінована*, стохастична (ймовірнісна).

9. За способом моделювання:

- *аналітичні*, коли поведінка об'єкта моделювання описується у вигляді функціональних залежностей і логічних умов;
- *імітаційні*, в яких реальні процеси описуються набором алгоритмів, реалізованих на ЕОМ.

10. За характером модельованої системи:

- *детерміновані*, в яких всі елементи об'єкта моделювання постійно чітко визначені;
- *стохастичні*, коли моделі включають випадкові елементи дослідження.

Модель будується для того, щоб з її допомогою виявити та дослідити ті властивості та зв'язки системи, що є істотними з точки зору цілей дослідження. Таке дослідження виконується в результаті маніпулювання моделлю, тому воно і отримало назву *моделювання*.

Моделювання – це процес створення моделі досліджуваного об'єкта, для отримання інформації про його властивості та взаємозв'язки шляхом проведення експериментів над його моделлю [3].

В основі моделювання лежить здійснення маніпулювання з окремими властивостями і зв'язками об'єкта у зміненому просторовому масштабі і часовому ряді, які дають змогу швидше зрозуміти і вивчити сутність досліджуваних процесів.

Загалом можна виділити три завдання моделювання:

- побудова моделі (це завдання менш формалізоване та конструктивне в тому розумінні, що не існує загального алгоритму для побудови моделей);
- дослідження моделі (це завдання більш формалізоване, є методи дослідження різних класів моделей);
- використання моделі (конструктивне та конкретне завдання).

Основними із умов для побудови моделі є використання методів системного аналізу, адже саме системне вивчення питань і дослідження

об'єкта дасть більш ефективний і повний аналіз щодо застосування тих чи інших методологічних підходів для прийняття управлінських рішень [8]. Весь цей організаційний підхід представляється у вигляді складної системи, яка має певні свої властивості і може бути описана графічними, математичними, просторовими та іншими моделями.

Таким системам характерні наступні властивості [4]:

1. *Подільність* – система складається з декількох частин (компонентів), кожна з яких має свої цілі і функції. При цьому просте об'єднання (не в межах системи) компонентів не буде за своїми властивостями ідентичне всій системі.

2. *Цілісність* – система володіє всією повнотою властивостей і функцій тільки як єдине ціле.

3. *Зв'язаність компонентів* – всі компоненти системи зв'язані між собою і впливають один на одного своїм знаходженням в системі або виходом з неї. Входження компонентів у систему і їх виключення з неї можуть бути результатом взаємного впливу підсистем та взаємодії із зовнішнім середовищем.

4. *Емерджентність* – властивості системи виявляються тільки в результаті взаємодії її компонентів. При цьому частини системи можуть не мати цільового призначення всієї системи.

5. *Гнучкість* – система має адекватно реагувати на зміни, що відбуваються в ній самій і зовнішньому середовищі.

Під час побудови будь-якої моделі бажано дотримуватися наступного плану дій [5]:

- ✓ Сформулювати цілі вивчення системи.
- ✓ Вибрати ті чинники, компоненти і змінні, які є найістотнішими для цієї задачі.
- ✓ Врахувати тим або іншим способом сторонні, не включені в модель, чинники.
- ✓ Здійснити оцінювання результатів, перевірку моделі, оцінювання повноти моделі.

Сам процес моделювання може бути представлений у вигляді циклу, в якому можна виділити п'ять етапів [6]:

1. *Ставлення проблеми і її аналіз* – виділяються важливі риси і властивості об'єкта, досліджуються взаємозв'язки елементів у структурі об'єкта, формулюються гіпотези, пояснюється поведінка і розвиток об'єкта.
2. *Побудова моделі* – вибирається тип моделі, оцінюється можливість його застосування для вирішення поставлених задач, уточнюється перелік параметрів модельованого об'єкта і зв'язку, що відображаються, між ними. Для складних об'єктів визначається

можливість побудови декількох моделей, що відображають різні аспекти функціонування об'єкта.

3. *Підготовка початкової інформації* – здійснюється збір даних про об'єкт (на підставі вивчення моделі). Потім відбувається їх обробка за допомогою методів теорії вірогідності, математичної статистики і експертних процедур.
4. *Проведення розрахунків і аналіз результатів експерименту* – виробляється оцінювання достовірності результатів.
5. *Застосування результатів на практиці* – робота з модельованим об'єктом з урахуванням його передбачуваних властивостей, одержаних під час вивчення моделей. При цьому вважається, що ці властивості з достатнім рівнем вірогідності дійсно властиві цьому об'єкту. Останнє положення має ґрунтуватися на результатах попереднього етапу.

Якщо одержані на п'ятому етапі результати недостатні, змінився сам об'єкт або його навколишнє середовище, то відбувається повернення до першого етапу і нове проходження циклу моделювання.

Комп'ютерне моделювання. Особливим способом моделювання є комп'ютерне моделювання, тобто моделювання з використанням комп'ютера. Моделі систем, зокрема математичні, через посередництво алгоритмів реалізуються у вигляді програм для комп'ютера. Основні функції комп'ютера під час моделювання систем – це виконати роль засобу:

- для вирішення завдань, розв'язуваних звичайними обчислювальними засобами, алгоритмами, технологіями;
- ставлення і рішення нових завдань, які не можна розв'язати традиційними засобами, алгоритмами, технологіями;
- створення комп'ютерних середовищ, які навчають та моделюють;
- моделювання для одержання нових знань;
- "навчання" нових моделей (самонавчальні моделі).

Комп'ютерне моделювання перейшло в нову якість – віртуальну інженерію, яка стала не просто засобом чи технологією моделювання, а супроводжує реальні системи протягом всього циклу життя від концепції створення до ліквідації. Багато систем проектується, створюється, існує, використовується завдяки віртуальній інженерії.

Сьогодні в базовій четвірці інформатики "модель-алгоритм-комп'ютер-технологія" під час комп'ютерного моделювання головну роль відіграють вже алгоритм (програма), комп'ютер і технологія (точніше, інструментальні системи для комп'ютера, комп'ютерні технології).

6.2. Геоінформаційні методи створення і аналізу просторових моделей

Для визначення впливу зрошення на еколого-агромеліоративний стан земель (поля, господарства, району, області тощо) необхідне впровадження геоінформаційних систем та технологій, які включають: створення інформаційних баз даних, використання уніфікованих методів збирання, накопичення, поновлення, зберігання, оброблення, користування і розповсюдження отриманої інформації, представлення картографічних матеріалів у електронному вигляді. Для комплексного аналізу інформації і підготовки ефективних управлінських рішень щодо ефективності зрошувального землеробства мають бути представлені у цифровій формі й мати просторову прив'язку до структури землекористування та моніторингової мережі спостережень. У роботі застосовуються методи системного аналізу і системного підходу [8].

Географічні інформаційні системи або **геоінформаційні системи**, або **ГІС** – це інструменти для обробки просторової інформації. Ця інформація в основному прив'язана до відповідної частини земної поверхні і використовується для управління нею.

ГІС-технології дозволяють сьогодні вирішувати різні задачі у всіх сферах діяльності людини, прогнозувати наслідки впливу антропогенної діяльності на природу, забезпечують прийняття оптимальних управлінських рішень на основі моделювання і картографування нашого світу, можуть працювати як інтегрувальний елемент корпоративних інформаційних систем.

Застосування ГІС в агросфері, сільському і водному господарстві, екології спрямовано на збільшення виробництва сільськогосподарської продукції, оптимізації її транспортування і збуту, покращення екологічного стану земельних і водних ресурсів, меліорацію ландшафтів.

Важливим питанням під час проектування ГІС є **моделювання і прогнозування** явищ і процесів, які охоплені геоінформаційною системою [7].

У геоінформаційних дослідженнях ключову роль відіграє картографічний метод, який дає змогу просторово змоделювати і проаналізувати досліджуваний об'єкт.

Картографічний метод – метод наукового дослідження, в якому карта виступає як модель об'єкта, що вивчається, і проміжна ланка між об'єктом та дослідником. Об'єктом досліджень ГІС в гідромеліорації завжди є складна, відкрита система з вільним входом і виходом (рис. 6.1).

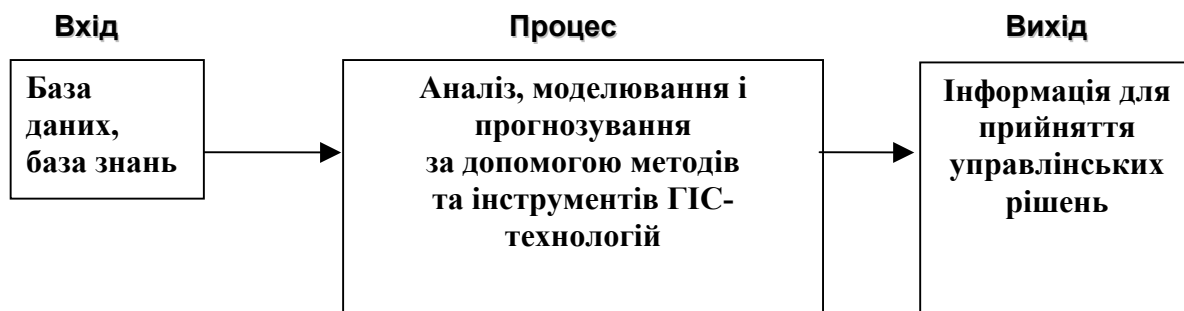


Рис. 6.1. Модель системності досліджень об'єктів ГІС

Картографічний метод дослідження включає в себе: опис за картами, графічні побудови: профілі, блок-діаграми, виміри за картами, математичну та статистичну обробку цих вимірів, іншу інформацію.

Для побудови карт розроблена дуже потужна програма ArcGis 9.2, яка містить в собі багато інструментів для аналізу просторових моделей.

ГІС-аналіз є процесом пошуку просторових закономірностей у розподілі даних і взаємозв'язку між об'єктами. Аналітичні методи, які використовуються у ГІС-технологіях, можуть бути як дуже простими – за простого створення карт, так і більш складними, які включають моделі, що імітують реальний світ шляхом об'єднання багатьох шарів інформації [7,9-13].

На рис. 6.2 зображено схему послідовного розрахунку та створення тематичної карти за допомогою геоінформаційного програмного пакету ArcGis 9.2 компанії ESRI. Процес визначення інтерполяційної поверхні розбивається на декілька послідовних етапів, внаслідок виконання яких відбувається перетворення просторово-атрибутивної інформації та створення тематичної цифрової карти параметрів родючості ґрунтів із контурами галузі досліджень.

Тип даних і об'єктів визначають специфіку методу. Іноді один метод є більш швидким, але дає більш приблизну інформацію. Реалізація інших може зайняти більше часу і зусиль на обробку даних, але забезпечить більш точний результат.

В ArcGis 9.2 існує модуль Geostatistical Analyst, призначений для вдосконалення і аналізу моделювання поверхні з використанням детерміністичних і геостатистичних методів дослідження.

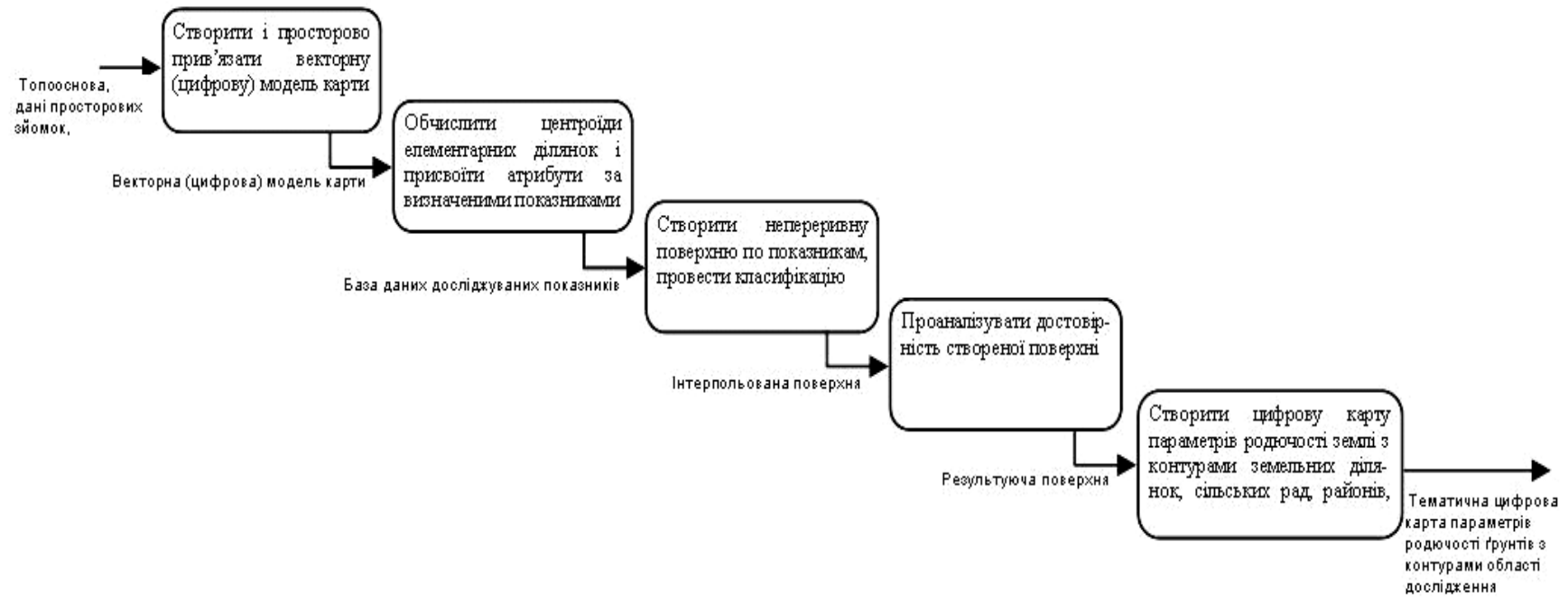


Рис. 6.2. Схема послідовного розрахунку та створення тематичної карти параметрів родючості ґрунтів за допомогою геоінформаційного програмного пакета ArcGis 9.2

Ці методи дозволяють кількісно описати якість своїх моделей шляхом вимірювання статистичної помилки інтерпольованих поверхонь. Побудова поверхні з використанням модуля Geostatistical Analyst включає три ключові етапи:

- дослідницький аналіз просторових даних;
- структурний аналіз (обчислення і моделювання властивостей поверхні);
- інтерполяція поверхні і оцінювання результатів.

Використовуючи дані досліджень в опорних точках за допомогою Geostatistical Analyst можна інтерпольувати значення в інших точках у межах певної території, для яких виміри не проводилися.

Інструменти досліджуваного аналізу просторових даних, що включені до модуля Geostatistical Analyst, використовуються для оцінювання статистичних властивостей даних: зміна просторових даних, їх залежність і глобальні тренди.

Геостатистичний аналіз даних проходить в два етапи:

- моделювання варіограми або коваріації для аналізу властивостей поверхні;
- крігінг – це метод обчислення невідомих значень у точках, де не проводилися виміри [10,13].

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i), \quad (6.1)$$

де:

- $Z(s_i)$ – вимірне значення в чарунці i ;
- λ_i – невідома вага вимірного значення чарунки i ;
- s_0 – розміщення чарунки, для якої обчислюється прогноз;
- N – число вимірних значень.

IDW (метод зважених відстаней) – швидкий детерміністичний метод, який виконує жорстку інтерполяцію. Для цього методу необхідно визначити невелику кількість параметрів моделі. Він може бути корисний для попереднього погляду на інтерпольовану поверхню. Проте, у разі використання цього методу неможливо оцінити помилки інтерполяції. Крім того, метод зважених відстаней може призвести до утворення "очей буйвола" ("bulls eyes") навколо опорних точок.

Метод глобального полінома – швидкий метод детермініста, який виконує згладжену (не жорстку) інтерполяцію. Для цього методу необхідно визначити невелику кількість параметрів моделі. Краще всього

він підходить для моделювання поверхонь, змінних повільно і поступово. Проте, у разі використання цього методу неможливо оцінити помилки інтерполяції.

Метод локальних поліномів – відносно швидкий детерміністичний метод, який виконує згладжену (не жорстку) інтерполяцію. Він більш гнучкий, ніж метод глобального полінома, але вимагає детальнішого аналізу щодо вивчення досліджуваних параметрів. У разі використання цього методу неможливо оцінити помилки інтерполяції.

Радіальні базисні функції. Використання радіальних базисних функцій – це відносно швидкий детерміністичний метод, який виконує жорстку інтерполяцію. Використовуючи цей метод, неможливо оцінити помилки інтерполяції, його добре використовувати на локальному рівні досліджень.

Крігінг – це відносно швидкий метод інтерполяції, який може бути жорстким, якщо дані не містять помилки вимірювань, або згладженим, якщо дані містять помилку вимірювань. Він дуже гнучкий і допускає вивчення просторової автокореляції даних. Крігінг оснований на статистичних моделях досліджень.

Кокрігінг – це відносно швидкий метод інтерполяції, який може бути жорстким, якщо дані не містять помилки вимірювань, або згладженим, якщо дані містять помилку вимірювань. **Кокрігінг** – вдосконалений метод моделювання поверхні, який може використовуватися в якості інтерполяції поверхні для однієї змінної шляхом впливу значень інших змінних, за умови наявності просторової кореляції між цими змінними. Кокрігінг оснований на статистичних моделях досліджень.

За допомогою крігінга та кокрігінга можна побудувати чотири типи інтерпольованих поверхонь: прогнозна, квантелей, ймовірносних, помилки прогнозу.

Прогнозна карта: будується за інтерпольованим значенням у яких відсутні дані вимірів.

Карта помилок прогнозу: будується за значенням стандартних помилок інтерпольованих значень або стандартною помилкою інтерпольованих значень індикатору з метою відображення невизначеності прогнозу.

Карта квантелей: будується, коли задається ймовірність для отримання карти прогнозних значень, які перевищують або не перевищують вимірювані значення на задане значення ймовірності.

Карта ймовірності: будується у випадку, коли задається порогова величина з метою отримання карти ймовірності того, що значення будуть більшими або меншими за задану граничну величину [13].

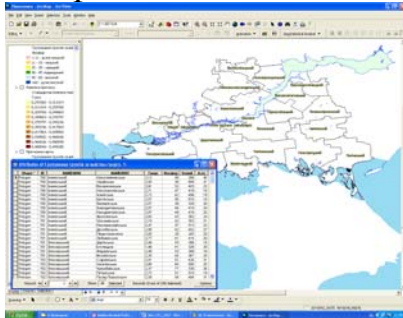
Методи Geostatistical Analyst дуже ефективно застосовувати в таких сферах, як охорона навколишнього середовища, сільське господарство,

зондування, геологія, метеорологія, гідромеліорація, гідрологія, археологія, лісне господарство та ін.

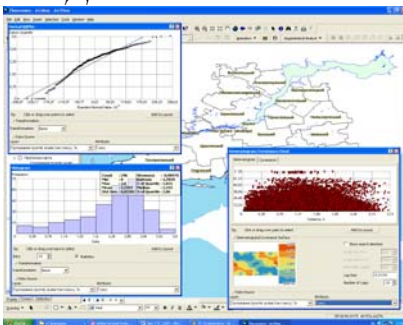
Нижче наведено приклад побудови інтерполяційної поверхні показників родючості ґрунту Херсонської області України за допомогою методу **крігінг**.

Створення інтерполяційної моделі включає чотири основних етапи (рис. 6.3).

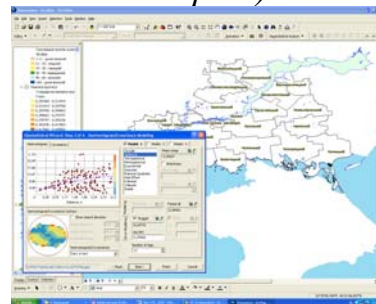
1. Представлення даних



2. Дослідження даних



3. Підбір моделі (побудова поверхні)



4. Діагностика отриманих просторових моделей

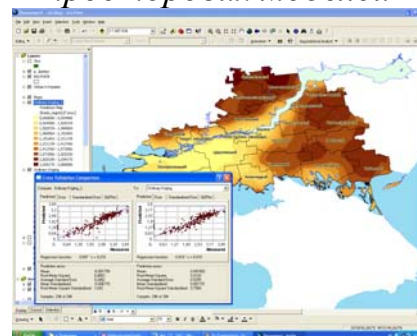


Рис. 6.3. Етапи створення інтерполяційної моделі за допомогою ArcGis 9.2

Представлення даних. Для представлення даних потрібно мати оцифровану карту досліджуваної місцевості, в нашому прикладі це Херсонська область в розрізі районів та сільських рад. Будь-яка оцифрована інформація зберігається окремим шаром в .shp-файлі. В свою чергу кожен шар має базу даних, відображену в Attribute Table, куди заносять дані показників родючості ґрунту (рис. 6.4).

| FID | NAMEUKR | NAMEUKR0 | NAMEUKR1 | Гумус | Фосфор | Калій | Азот |
|-----|------------|--------------|------------------|-------|--------|-------|------|
| 0 | Херсонська | Іванівський | Новосеменивська | 3,12 | 48 | 388 | 40 |
| 1 | Херсонська | Іванівський | Українська | 2,93 | 38 | 656 | 21 |
| 2 | Херсонська | Іванівський | Воскресенська | 2,91 | 52 | 403 | 23 |
| 3 | Херсонська | Іванівський | Нововасилівська | 2,71 | 47 | 419 | 18 |
| 4 | Херсонська | Іванівський | Іванівська | 2,72 | 42 | 496 | 18 |
| 5 | Херсонська | Іванівський | Шотівська | 2,57 | 54 | 615 | 18 |
| 6 | Херсонська | Іванівський | Балашівська | 2,57 | 39 | 329 | 20 |
| 7 | Херсонська | Іванівський | Благодатненська | 2,57 | 44 | 410 | 24 |
| 8 | Херсонська | Іванівський | Новодмитрівська | 2,87 | 49 | 414 | 20 |
| 9 | Херсонська | Іванівський | Фрунзенська | 2,65 | 43 | 382 | 24 |
| 10 | Херсонська | Іванівський | Трохимівська | 2,74 | 42 | 352 | 21 |
| 11 | Херсонська | Іванівський | Новомиколаївська | 2,47 | 37 | 513 | 23 |
| 12 | Херсонська | Іванівський | Дружбівська | 2,95 | 42 | 452 | 27 |
| 13 | Херсонська | Іванівський | Першотравнева | 3 | 28 | 283 | 20 |
| 14 | Херсонська | Іванівський | Любимівська | 2,77 | 41 | 414 | 20 |
| 15 | Херсонська | Білозерський | Дар'ївська | 2,49 | 53 | 388 | 18 |
| 16 | Херсонська | Білозерський | Інгулецька | 1,98 | 41 | 326 | 20 |
| 17 | Херсонська | Білозерський | Федорівська | 2,49 | 53 | 388 | 18 |
| 18 | Херсонська | Білозерський | Музиківська | 2,35 | 44 | 367 | 35 |
| 19 | Херсонська | Білозерський | Східненська | 2,51 | 51 | 425 | 31 |
| 20 | Херсонська | Білозерський | Киселівська | 2,66 | 64 | 556 | 25 |
| 21 | Херсонська | Білозерський | Чорнобаївська | 2,37 | 77 | 330 | 26 |
| 22 | Херсонська | Білозерський | Петрівська | 2,73 | 51 | 510 | 18 |
| 23 | Херсонська | Білозерський | Посад-Покровська | 2,59 | 54 | 484 | 31 |

Рис. 6.4. Атрибутивна таблиця з основними показниками родючості ґрунту в розрізі сільських рад

Дослідження даних. Інструменти досліджуваного аналізу призначені спеціально для дослідження просторових даних. За їх допомогою можна візуально відобразити розподіл даних, виявити тренди даних, показати глобальні та локальні залежності за допомогою варіограм та коваріацій, виявити просторову автокореляцію.

Дослідний аналіз просторових даних являє собою різноманітний і потужний набір дослідницьких інструментів для вибору оптимального методу інтерполяції для даних (показників родючості ґрунту). Дані, вибрані або підсвічені за допомогою цих інструментів, будуть також вибрані або підсвічені у вікні відображення ArcMap. Це являє унікальну можливість візуально взаємодіяти з даними для кращого розуміння взаємовідносин, представлених у різних варіантах відображення показників (рис. 6.5).

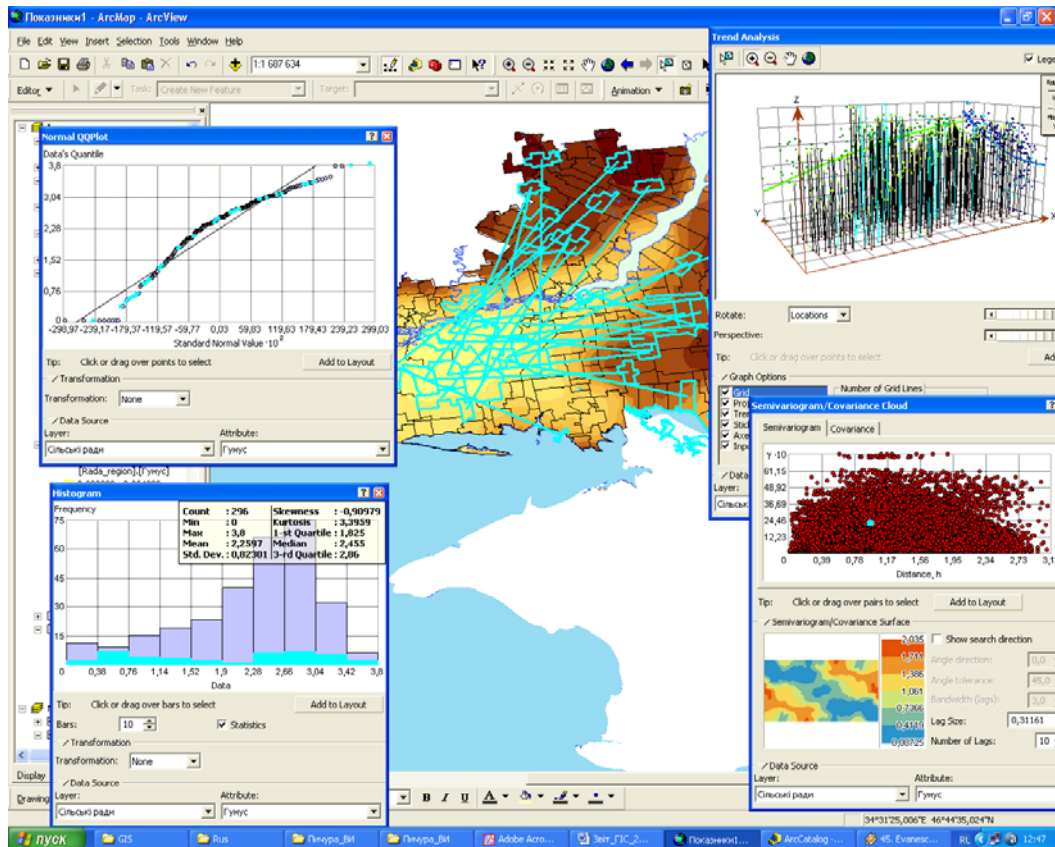


Рис. 6.5. Інструменти для дослідження даних та їх взаємодія (гумус)

На рисунку 6.6 відображено гістограму вмісту гумусу в розрізі сільських рад Херсонської області, з якої видно, що дані є унімодальними (одновіршинними) і достатньо симетричними. Це означає, що дані мають розподіл близький до нормального. Лівий хвіст розподілу вказує на присутність відносно невеликої кількості елементів вибірки з маленьким значенням вмісту гумусу і на те, що більша частина території Херсонської області за вмістом гумусу має середній показник (2,10-3,09%).

Наступним етапом у досліджуванні даних може бути порівняння розподілу даних за допомогою графіка КК (квантиль-квантиль). Чим більш точно за даними можна побудувати пряму лінію, тим ближчий розподіл до нормального. На графіку КК видно, що графік наближається до прямої лінії. Головні відхилення від лінії на низьких та високих значеннях (підсвічені на графіку) (рис. 6.7).

У випадку, коли дані не відображають нормальний розподіл на гістограмі та на графіку КК, перед використанням крігінг в якості метода інтерполяції і може виникнути потреба перетворити дані для того, щоб вивести їх якомога ближче до нормального розподілу. В цьому випадку

перетворювати дані непотрібно, тому що через гістограму видно, що дані відповідають нормальному розподілу.

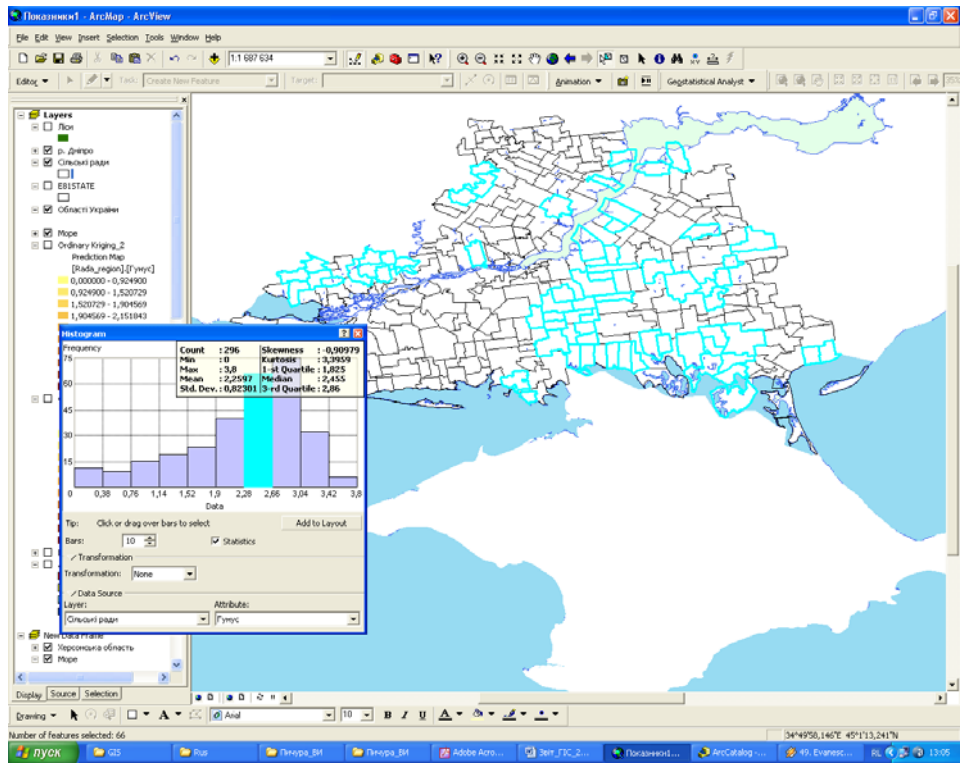


Рис. 6.6. Вивчення статистичних параметрів розподілу за допомогою гістограми (гумус)

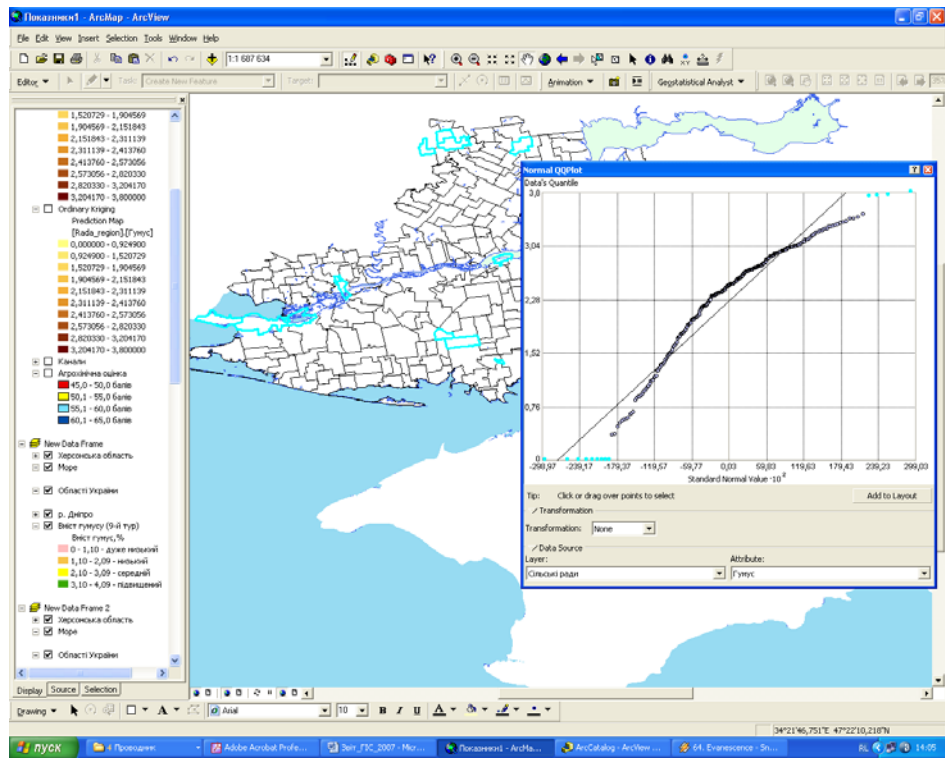


Рис. 6.7. Порівняння розподілу даних за допомогою графіку КК (гумус)

Далі потрібно визначити глобальні тренди в даних. Аналіз тренда дозволяє визначити відсутність або наявність трендів у наборі даних.

Кожна складова графіка (рис. 6.8) має умовне відображення просторової моделі. Кожен вертикальний стовпчик (відрізок) показує місцезнаходження, а його висота пропорційна значенню кожної точки із набору даних вмісту гумусу. Точки спроектовані на перпендикулярну поверхню, відповідно напрямкам “схід-захід” і “північ-південь”. Через спроектовані точки проведена лінія (поліном), яка найкращим чином описує їх розміщення і моделює тренди в певних напрямках. Коли лінія наближається до прямої, це означає, що в даних тренд відсутній. Однак, видно, що синя лінія починається з високих значень і зменшується по мірі просування на південь, доки не почне підвищуватися. Це вказує на те, що дані, можливо, мають сильний тренд у напрямку “північ-південь” і більш слабкий в напрямку “схід-захід”.

Видно, що тренд “північ-південь” відображає U-образну криву, отже для опису глобального тренда підходить поліном другого порядку.

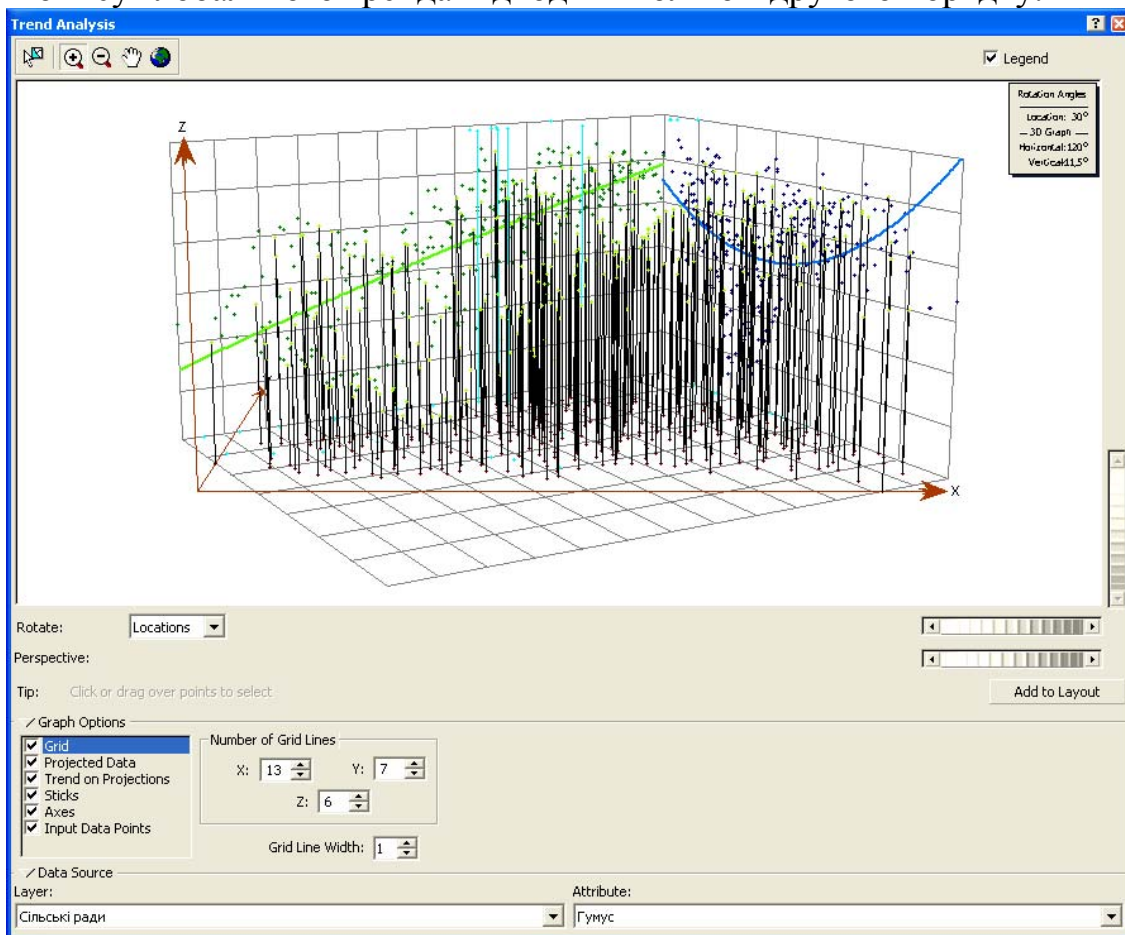


Рис. 6.8. Аналіз трендових даних (гумус)

Наступним етапом дослідження даних є аналіз просторового розподілу даних за допомогою метода “Облако варіограми / коваріації”, який дозволяє вивчити просторову автокореляцію між опорними точками (рис. 6.9).

Просторова автокореляція описується на припущенні, що об’єкти, які розміщені ближче всього один до одного, в найбільшій мірі сходні (подібні). Для цього на осі Y відкладають значення варіограми, яке рівне квадрату різниці значень для кожної пари точок, а на осі X – відстань, на яку пари точок розміщені одна від одної.

На варіограмі близькі точки за місцезнаходженням відображаються якомога лівіше на осі X, а менші значення на варіограмі знаходяться нижче на осі Y, що показує подібність даних за замірами.

За тим, як відстань між парами точок збільшується, значення варіограми мають також збільшуватися. Однак, за певної відстані “облако” вирівнюється, це вказує на те, що між парами точок за межами цієї відстані кореляція відсутня.

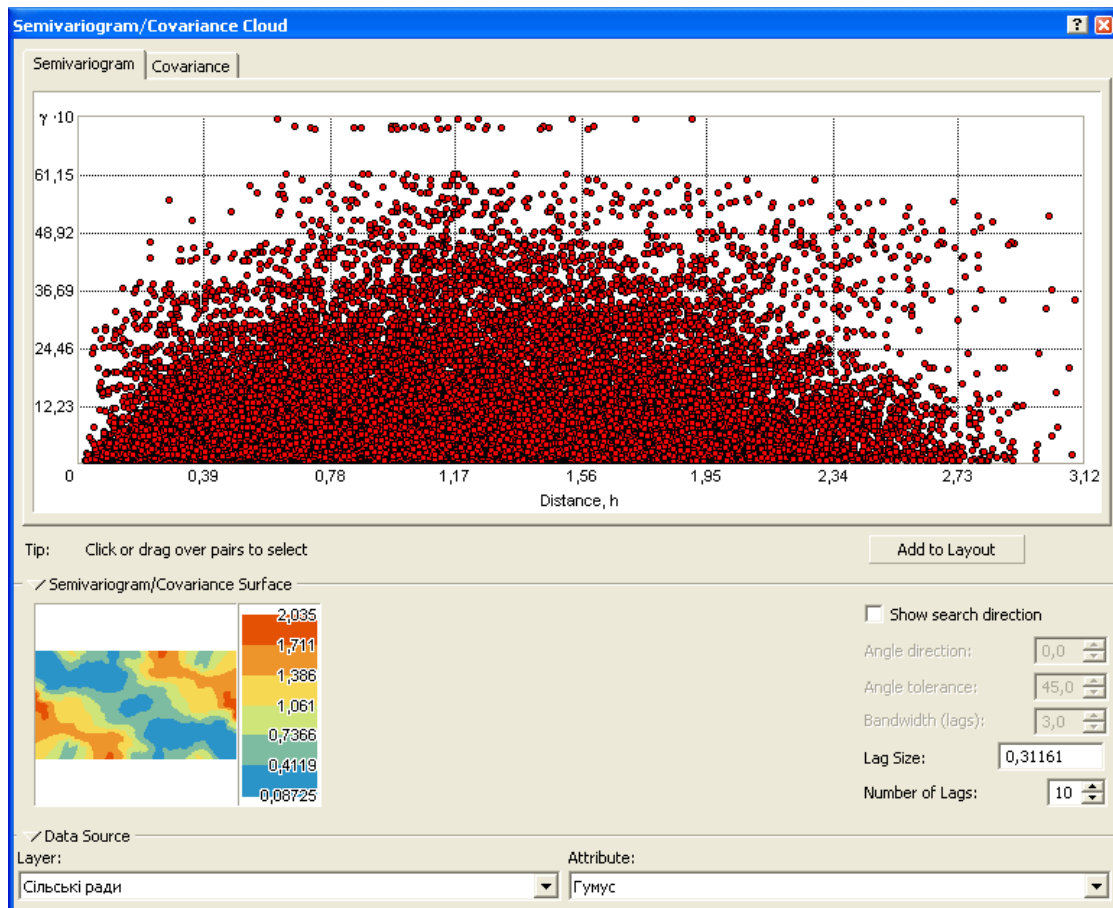


Рис. 6.9. Аналіз просторового розподілу даних (гумус)

Коли на варіограмі для деяких точок, розміщених близько одна від одної, значення варіограми більше, ніж очікувалося, то ці дані потрібно вивчити більш детально на предмет достовірності даних в цих точках.

Підбір моделі (побудова поверхні). Проаналізувавши дані, можна переходити до наступного етапу, який полягає у підборі моделі для побудови поверхні.

Після обробки інструментами аналізу тренда, впевнюємося, що тренд найкращою мірою можна описати поліномом другого порядку і він має напрям із південного сходу на північний захід.

У діалоговому вікні **“Оберіть вхідні дані і метод”** обираємо метод “Крігінг”, вхідні дані шару “Сільські ради” за гумусом (рис. 6.10).

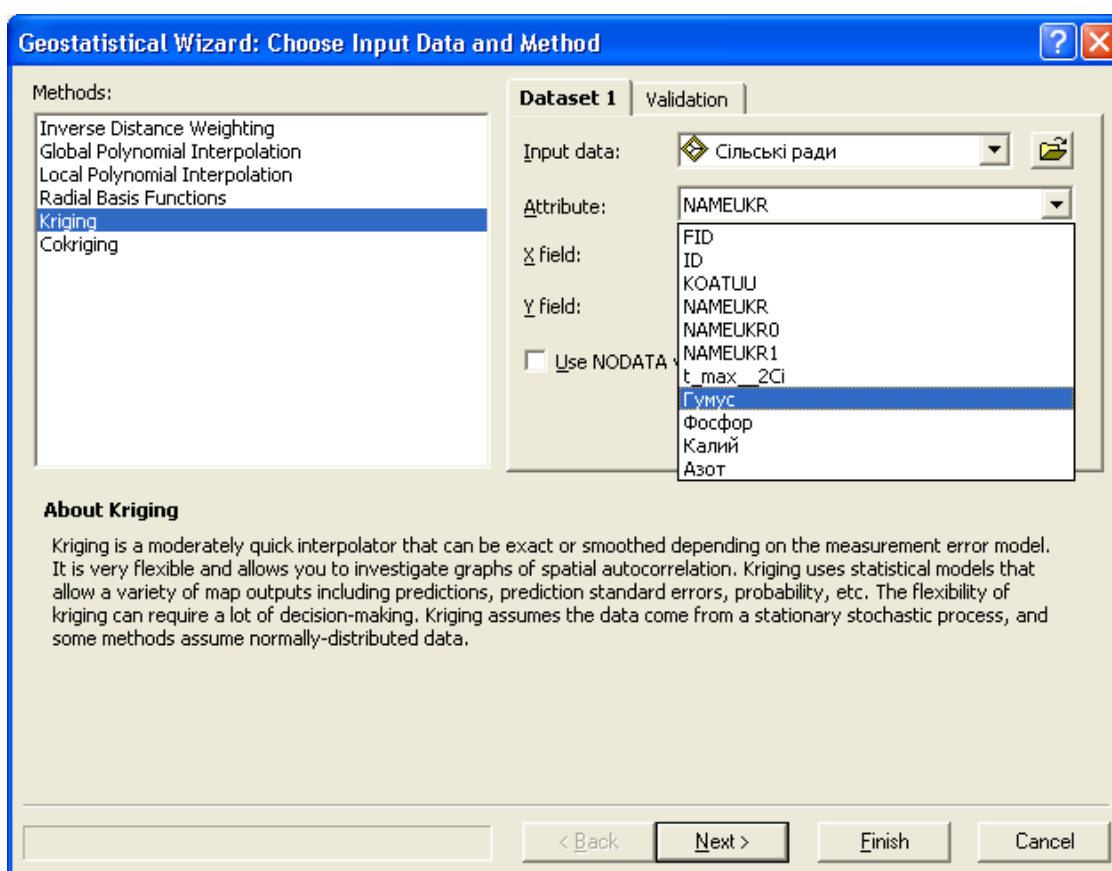
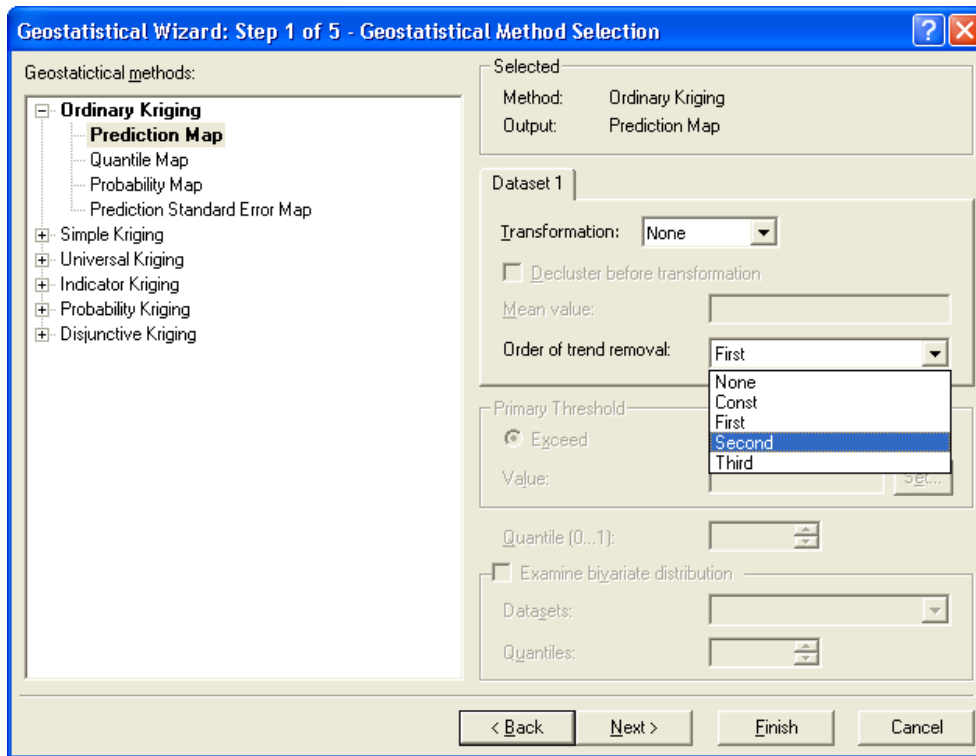


Рис. 6.10. Діалогове вікно “Оберіть вхідні дані і метод” (гумус)

У вікні **“Вибір геостатистичного методу”** обираємо ординарний крігінг з використанням поліному другого порядку (рис. 6.11).



**Рис. 6.11. Діалогове вікно
“Вибір геостатистичного методу” (гумус)**

На наступному етапі обирається рівень дослідження і впливу тренда (рис. 6.12).

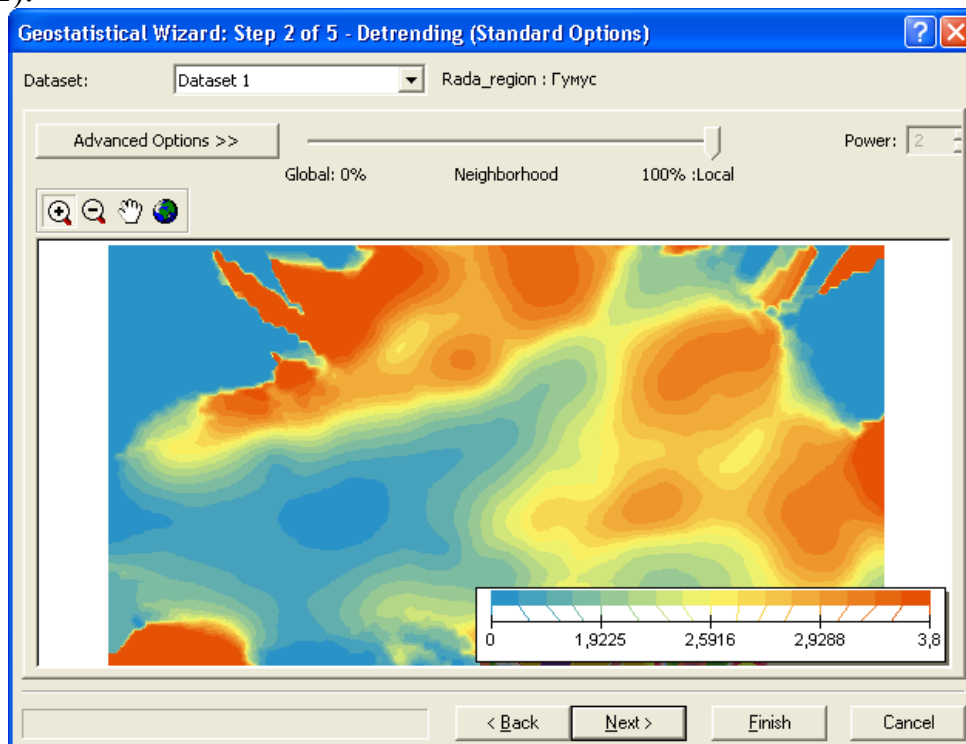


Рис. 6.12. Діалогове вікно “Детрендіг” (гумус)

На третьому кроці побудови інтерпольованої поверхні аналізуємо варіограму і коваріацію.

Варіограма показує статистичну кореляцію між сусідніми точками вимірів. У разі збільшення відстані, ймовірність взаємозв'язку між значеннями в точках виміру зменшується (рис. 6.13).

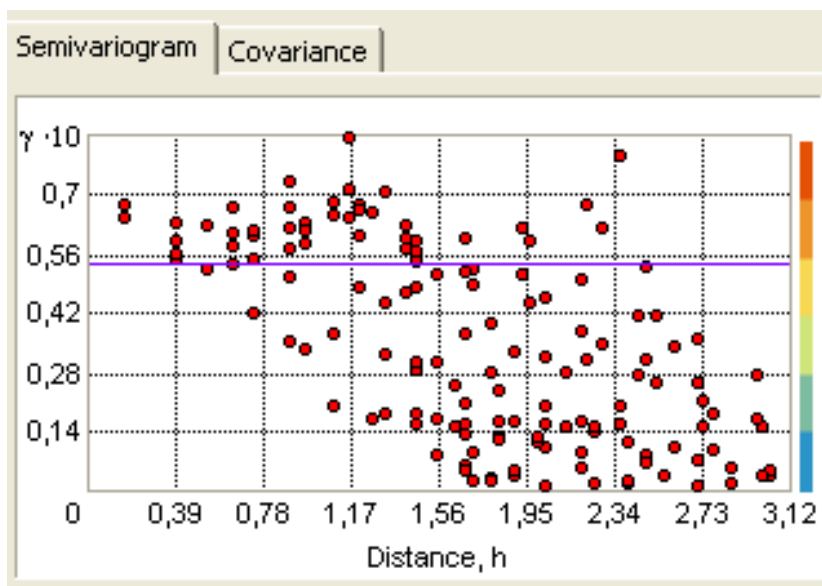


Рис. 6.13. Графік варіограми (гумус)

Коли дві точки розміщені ближче одна до одної, то вони більш схожі і їх коваріація збільшується. За збільшення відстані між точками подібність між ними зменшується, внаслідок чого їх коваріація спрямована до нуля (рис. 6.14).

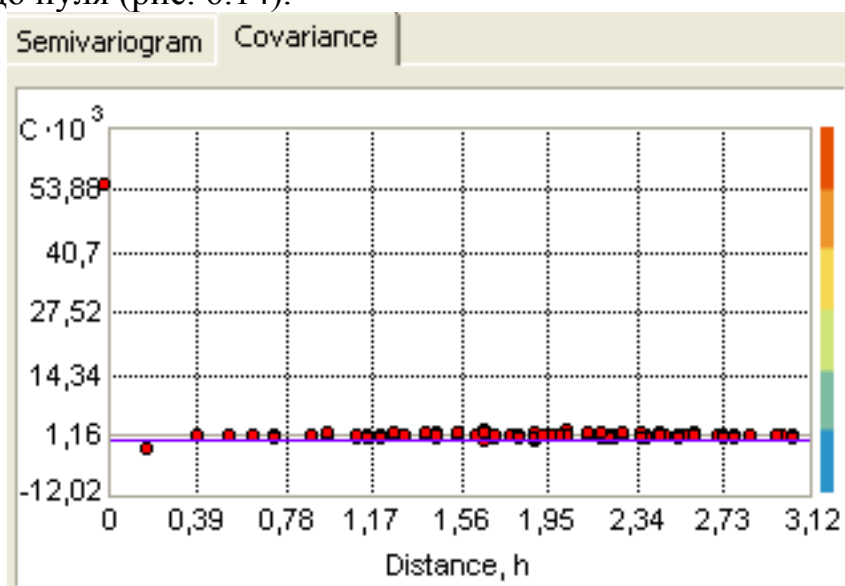


Рис. 6.14. Графік коваріації (гумус)

Для того, щоб врахувати напрям впливу для моделі варіограми під час інтерполяції поверхні, потрібно обчислити анізотропну модель варіограми або коваріації (рис. 6.15).

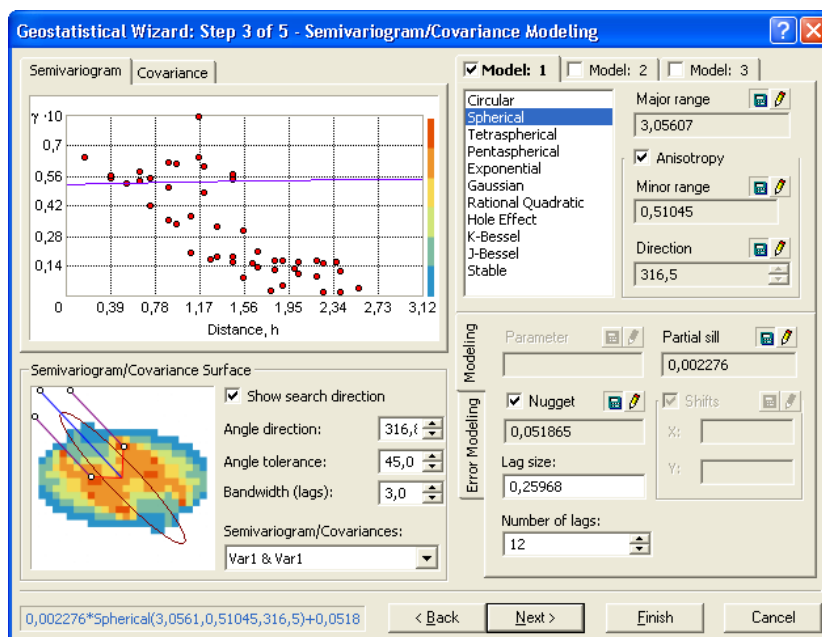


Рис. 6.15. Діалогове вікно варіограми і коваріації з врахуванням напрям впливу тренда (гумус)

У наступному діалоговому вікні вибираємо кількість точок, які впливатимуть на результат пошуку невідомих замірів (рис. 6.16).

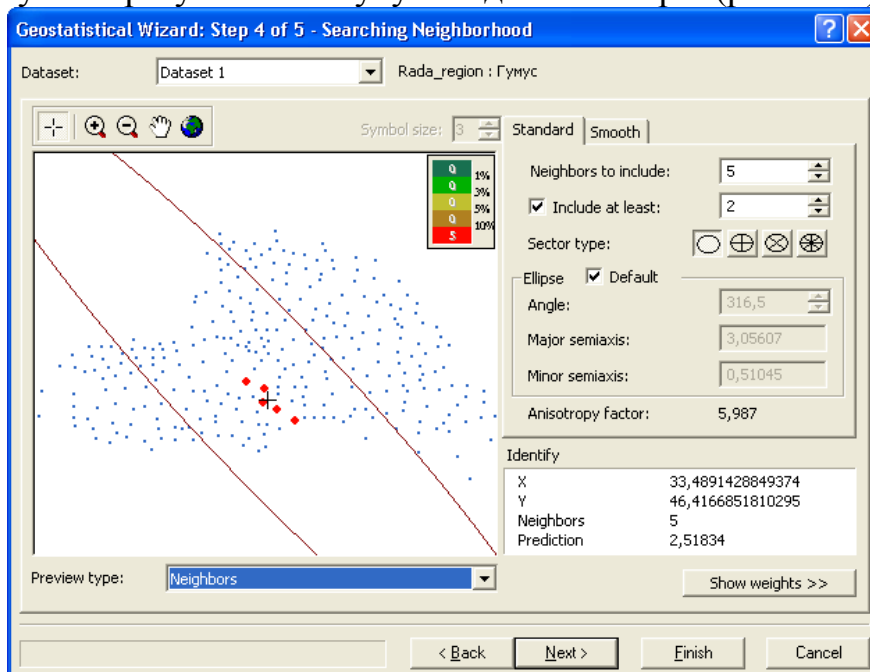


Рис. 6.16. Діалогове вікно “Пошук сусідства” (гумус).

Останній етап дослідження – це аналіз обраного методу за допомогою **перехресної перевірки**, дані яких можна зберегти окремим файлом у вигляді таблиці (рис. 6.17).

Мета перехресної перевірки – допомогти прийняти обґрунтоване рішення про те, яка з моделей найбільш точно інтерполює значення.

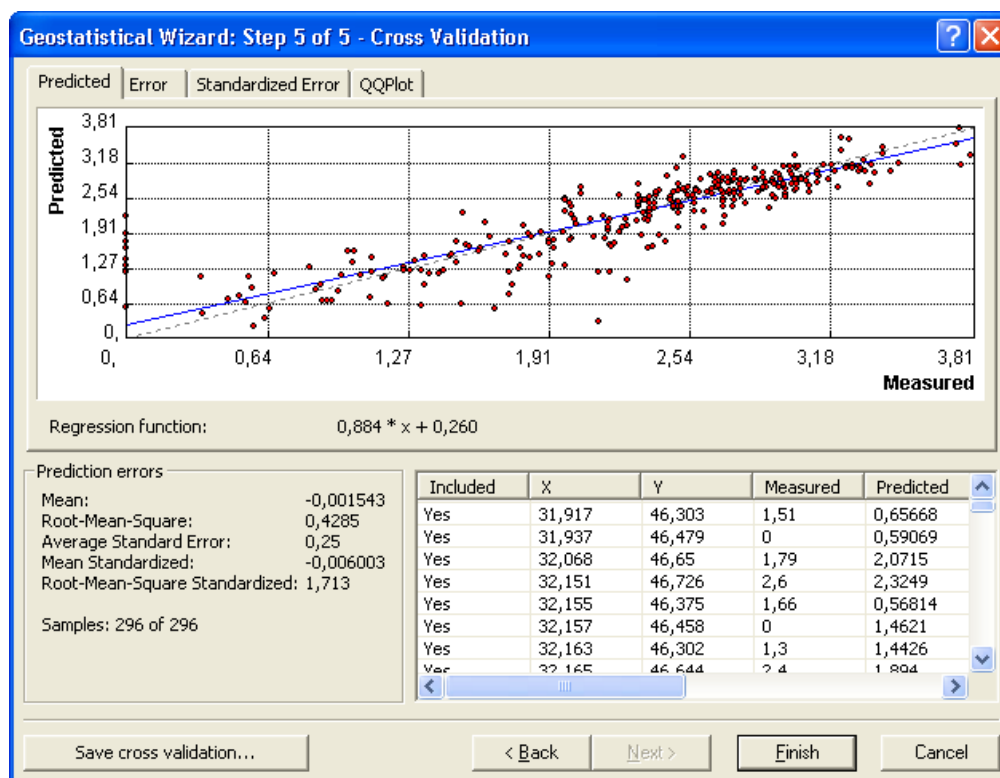


Рис. 6.17. Діалогове вікно “Прехресна перевірка” (гумус).

Для моделі, яка точно інтерполює значення, середня помилка має бути близька до 0, середньоквадратична помилка і середнє із стандартних помилок інтерполяції повинні мати якнайменше з можливих значень (це корисно у разі порівняння моделей), а середньоквадратична нормована помилка – близька до 1.

Для моделі, що виконує точну інтерполяцію, середня помилка інтерполяції має бути близька до 0, якщо інтерпольовані значення є незміщеними; середньоквадратична нормована помилка інтерполяції має бути близька до 1, якщо стандартні помилки невеликі; і середньоквадратична помилка обчислень повинна мати маленькі значення, якщо проінтерпольовані значення близькі до виміряних.

Після чого ми отримуємо інтерпольовану поверхню за вмістом гумусу (рис. 6.18).

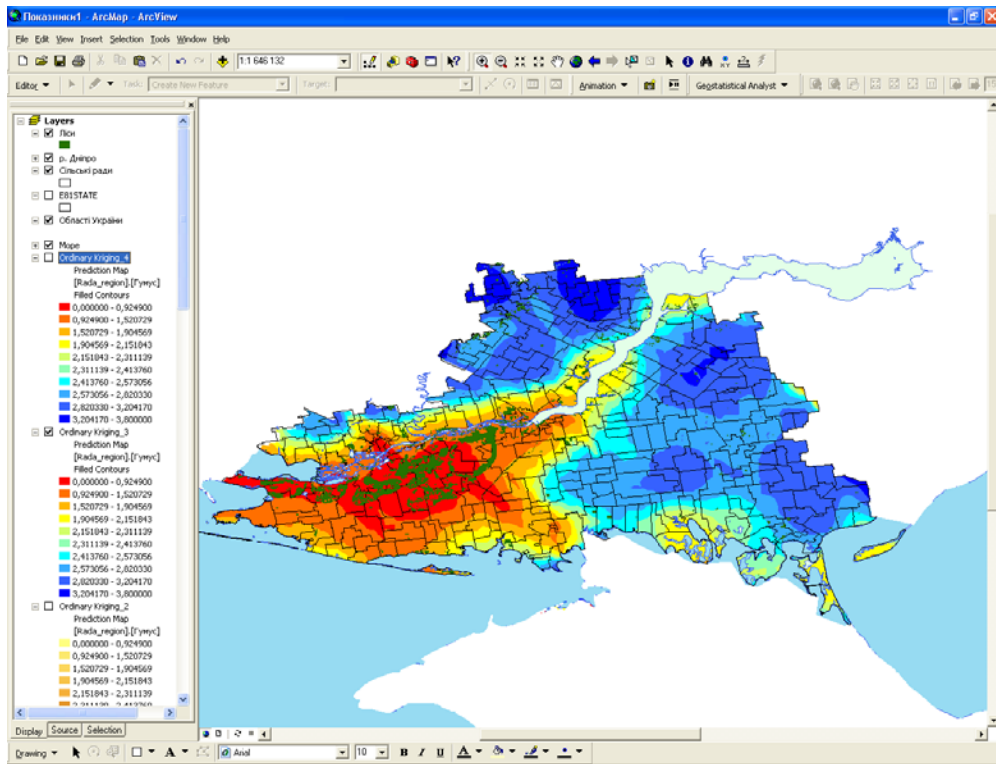


Рис. 6.18. Прогнозна карта вмісту гумусу створена за допомогою ординарного крігінгу з урахуванням глобального тренда

Діагностика отриманих просторових моделей. Побудуємо інтерпольовану поверхню за вмістом гумусу, упустивши в методологічному підході другий пункт “Дослідження даних”, і перейшовши до третього “Підбір моделі”. Обираємо метод ординарного крігінгу і всі настройки залишаємо без змін. Отримаємо поверхню (рис. 6.19), яка буде відрізнятися від попередньої (рис. 6.18).

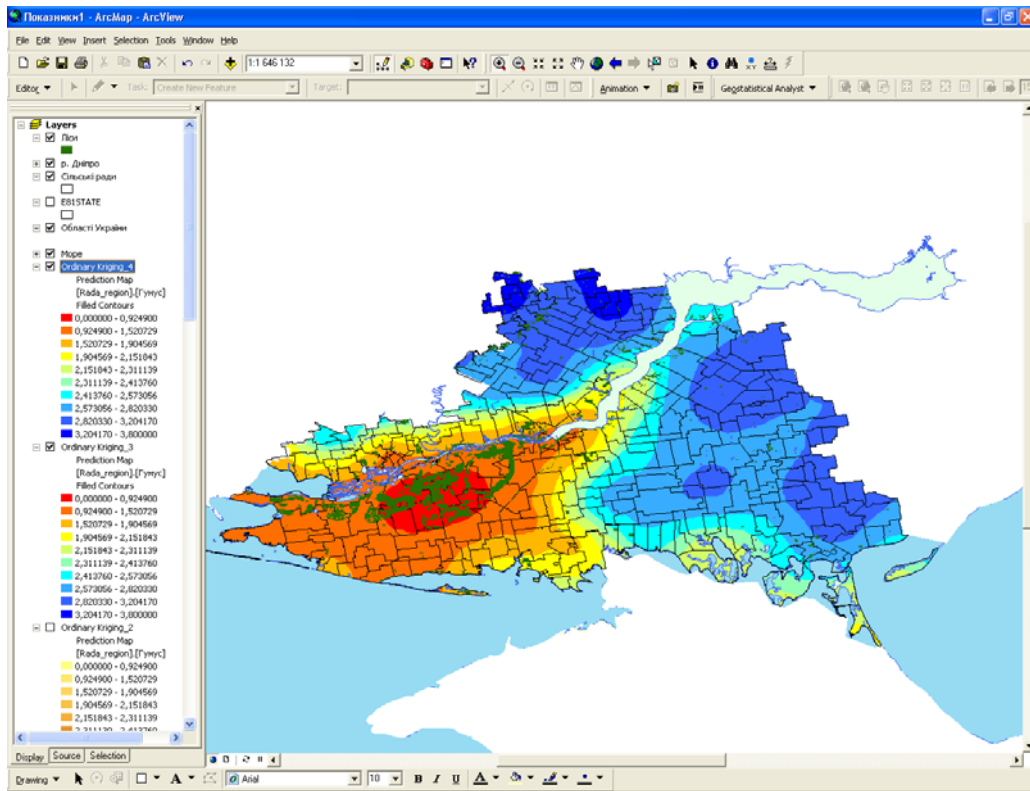


Рис. 6.19. Прогнозна карта вмісту гумусу створена за допомогою ординарного крігінгу без урахуванням глобального тренда

Порівняємо дві поверхні, для того, щоб вибрати, яка більш точно описує дослідні дані (рис. 6.20, 6.21, 6.22).

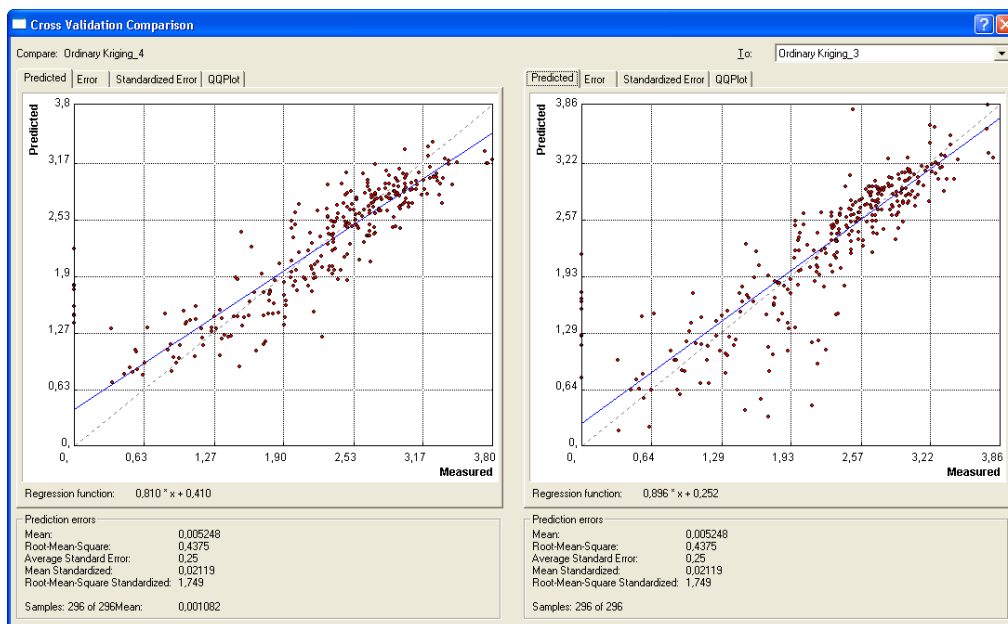


Рис. 6.20. Графік прогнозу проінтерпольованих значень вмісту гумусу

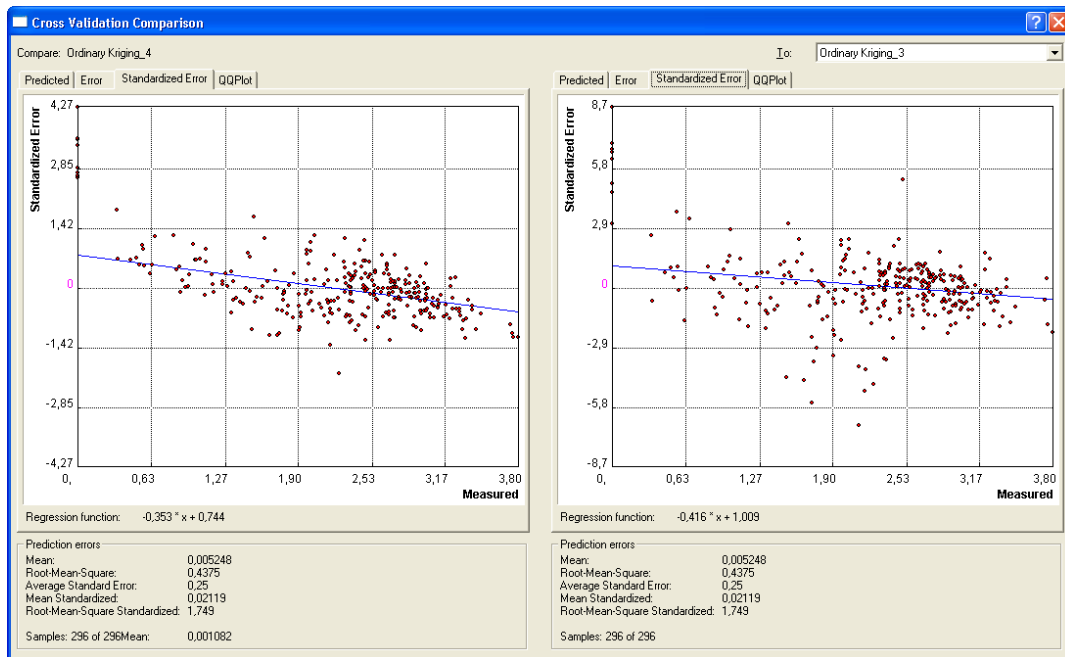


Рис. 6.21. Графік стандартної помилки (гумус)

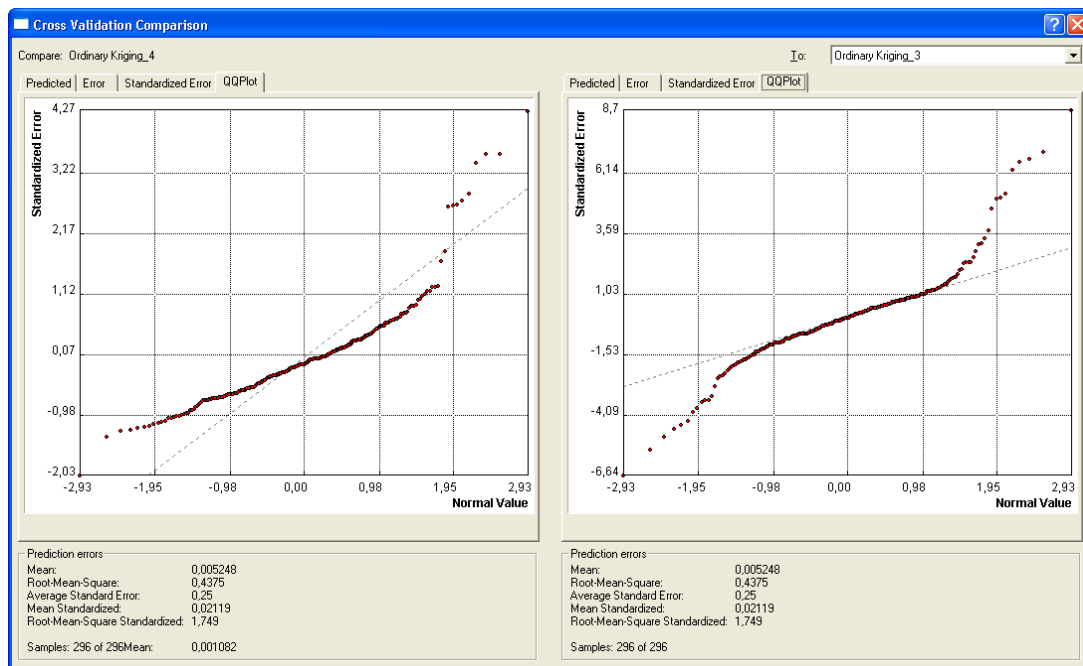


Рис. 6.22. Графік КК (квантиль-квантиль) (гумус)

З вищевказаних графіків аналізу розподілу даних видно, що проінтерпольована поверхня побудована із врахуванням впливу глобального тренда (Ordinary Kriging_3) більш точна. Отже, для подальшого аналізу і доопрацювання обираємо саме цю поверхню (рис. 6.18). Після додаткової обробки карти щодо групування ґрунтів за вмістом гумусу отримаємо наступну карту (рис. 6.23).

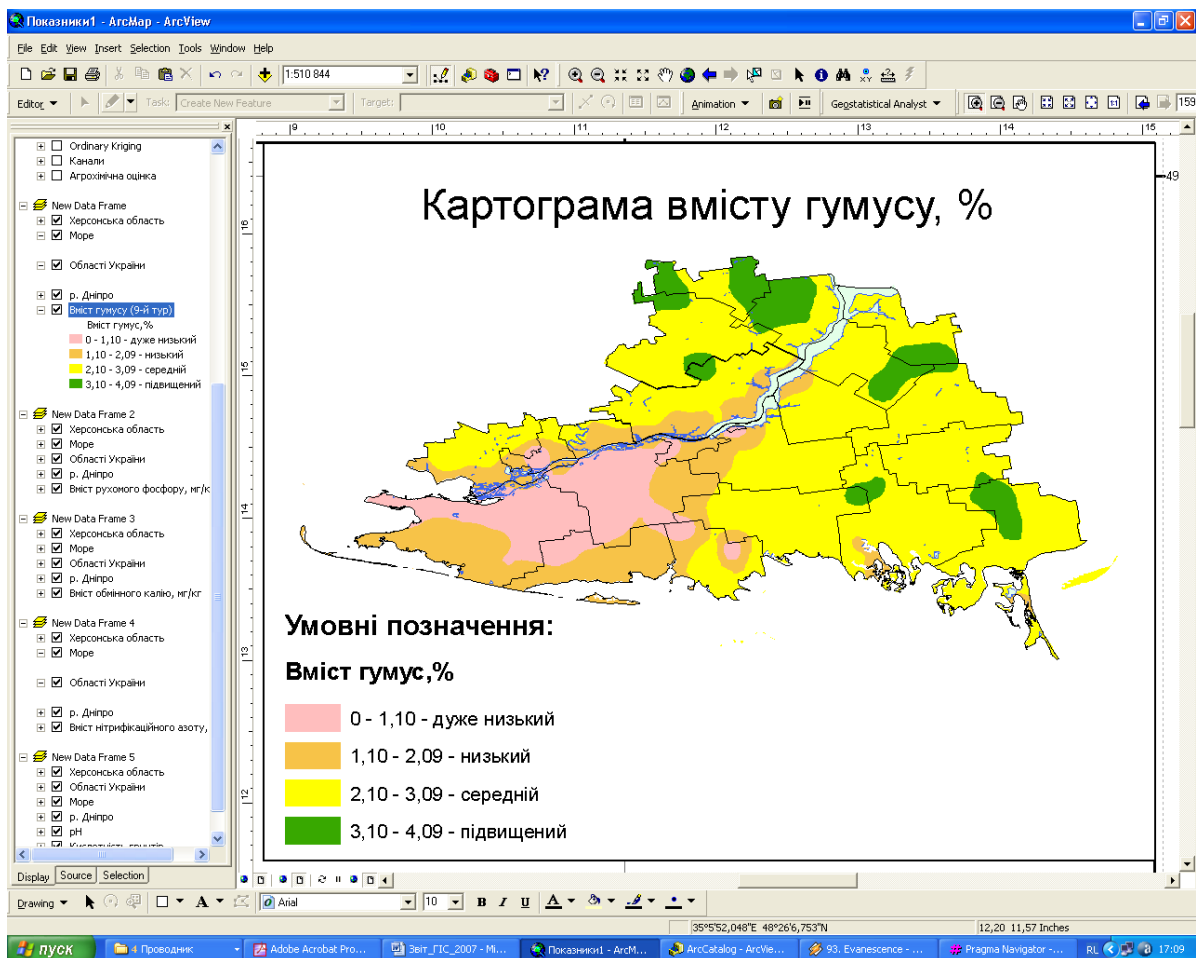


Рис. 6.23. Карта вмісту гумусу Херсонської області

Наступні карти показників родючості ґрунту будуюмо за методом крігінг для отримання інтерпольованої поверхні і класифікуємо їх згідно з нормативами групування ґрунтів.

6.3. Теоретико-методологічні аспекти процесів прогнозування

На ранніх стадіях розвитку людського суспільства проблема змін у часі не усвідомлювалося взагалі, існував лише один час – сьогодні. Але з розвитком мислення суспільства додалося поняття «іншого» часу, який більше або менше схожий на сьогодні. І вивчення зміни в часі призвело до поняття “прогноз” [14, 15, 16, 17, 21, 26].

Прогноз – імовірнісне науково обґрунтоване судження про перспективи, можливі стани того чи іншого процесу або явища в майбутньому і/або про альтернативні шляхи і терміни їх здійснення. А процес розробки прогнозу називають **прогнозуванням** [38].

Основними поняттями в прогнозуванні є передбачення, передрікання, передвказання.

Передбачення поєднує всі різновиди одержання інформації про майбутнє, яке поділяється на *наукове* (знання закономірностей розвитку природи, суспільства, мислення) і *ненаукове* (інтуїтивне – передчуття людини, повсякденне – життєвий досвід, релігійне – віра в надприродні сили).

Передрікання – опис можливих або бажаних перспектив, станів, рішень, які стосуються проблем майбутнього. Передрікання може бути у формах: *передчуття* (просте передбачення) містить інформацію про майбутнє на рівні інтуїції – підсвідомості; *передвгадування* (складне передбачення) несе інформацію про майбутнє на основі життєвого досвіду, це більш-менш правильні здогади про майбутнє, проте не засновані на спеціальних наукових дослідженнях; *прогнозування* (яке часто вживають у попередніх значеннях) – спеціальне наукове дослідження, предметом якого виступають перспективи розвитку явища.

Передвказання виступає у формах планування, програмування та проектування, які є складовими управлінських рішень. *Планування* – проекція в майбутнє людської діяльності для досягнення наперед заданої мети за визначених засобів, перетворення інформації про майбутнє в директиви для цілеспрямованої діяльності, а *план* – рішення щодо системи заходів, що передбачає порядок, послідовність, терміни і засоби їхнього виконання. *Програмування* означає встановлення основних положень, які потім розгортаються в плануванні, або послідовності конкретних заходів щодо реалізації планів. *Проектування* – створення конкретних образів майбутнього, деталей програм. *Рішення* – ідеально припущена дія для досягнення мети.

Процес побудови плану можливо представити у вигляді поступового відсікання неефективних рішень (побудова конуса рішень) (рис.6.24) [39].

На рис. 6.24 спостерігається взаємодія прогнозу і плану для досягнення оптимального управлінського рішення, адже для того, щоб план був ефективним, йому має передувати прогноз.

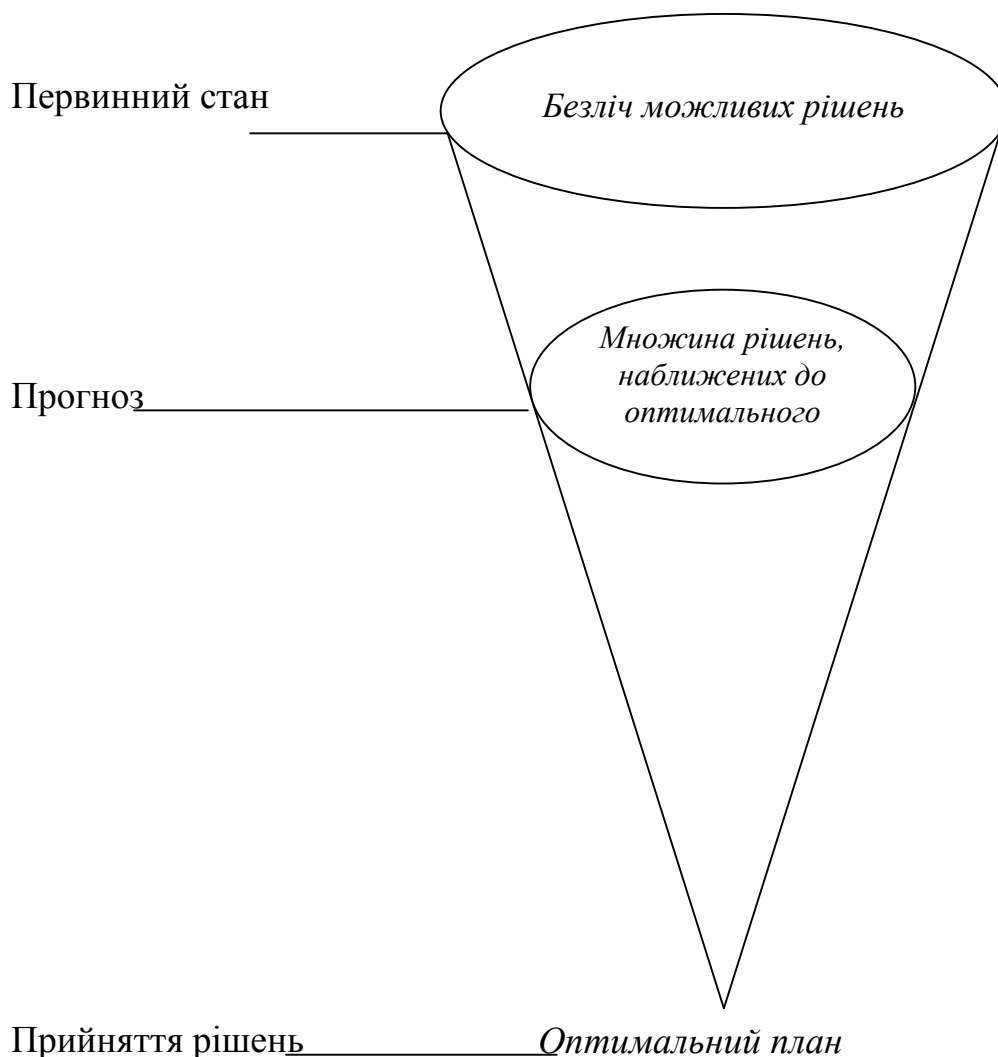


Рис. 6.24. Взаємозв'язок між прогнозуванням та плануванням у разі обґрунтування рішень

Прогнози залежно від цілей, задач, об'єктів, предметів, проблем, характеру, періоду попередження, методів, організації прогнозування тощо класифікують за наступними ознаками та видами (рис. 6.25).

За своєю суттю і методологічними та методичними принципами обґрунтованості прогнози поділяють на прогностичні та псевдопрогностичні.

Методологічні принципи прогностичності полягають в оптимізмі, баченні майбутнього та актуальності, а методичні принципи – в системності, узгодженості, верифікаційності, рентабельності прогнозування.

| | |
|---|--|
| Ознаки класифікацій | |
| Проблемно-цільовий критерій | |
| <i>Пошуковий прогноз</i> – визначення можливих станів явищу майбутньому. | |
| <i>Нормативний прогноз</i> – визначення шляхів і термінів досягнення можливих станів явища, прийнятих за мету. | |
| Управлінський критерій | |
| <i>Цільовий прогноз</i> – побудова оцінкової функції або функції розподілу переваги (небажано – менш бажано – більш бажано – найбільше бажано – оптимально). | |
| <i>Плановий прогноз</i> – вироблення пошукової і нормативної прогнозної інформації для добору найбільш доцільних планових нормативів, завдань, директив з виявленням небажаних, таких, що підлягають усуненню альтернатив. | |
| <i>Програмний прогноз</i> – прогноз шляхів, заходів і умов досягнення передбачуваного стану прогнозованого явища за допомогою розробок пошукового і нормативного прогнозування. | |
| <i>Проектний прогноз</i> – прогноз конкретних образів того чи іншого явища в майбутньому (якщо припустимо, що поки що відсутні на даний момент умови вже діють) у разі поєднання пошукових і нормативних розробок. | |
| <i>Організаційний прогноз</i> – прогноз поточних рішень (стосовно сфери управління) для досягнення передбаченого бажаного стану явища, поставлених цілей. | |
| Період попередження | |
| <i>Оперативний прогноз</i> – розрахований на перспективу, протягом якої не очікується істотних змін об'єкта дослідження – ні кількісних, ні якісних і має детальні кількісні | |
| <i>Короткостроковий прогноз</i> – на перспективу лише кількісних змін і має загальні кількісні | |
| <i>Середньостроковий прогноз</i> охоплює перспективу між короткостроковим і довгостроковим з перевагою кількісних змін над якісними і має кількісно-якісне оцінювання (від 1 до 5 років) | |
| <i>Довгостроковий прогноз</i> – на перспективу не тільки кількісних, але переважно якісних змін і має якісно-кількісне оцінювання (від 5 до 15 років). | |
| <i>Далекостроковий прогноз(наддовгостроковий)</i> – на перспективу, коли очікуються настільки значні якісні зміни, що можна говорити лише про найбільш загальні перспективи розвитку і суспільства і має загальне якісне оцінювання (понад 15 років). | |
| Об'єкти досліджень | |
| <i>Природознавчі прогнози</i> поділяються на наступні напрями: – метеорологічні; – гідрологічні; – геологічні; – біологічні; – медико-біологічні; – космологічні; – фізико-хімічні прогнози явищ | |
| <i>Науково-технічні прогнози</i> у вузькому розумінні, або, як їх ще називають, інженерні, охоплюють перспективи стану матеріалів і режиму роботи механізмів, машин, приладів, електронної апаратури, явищ техносфери. | |
| <i>Суспільствознавчі прогнози</i> поділяються на: 1) соціально-медичні; 2) соціально-географічні; 3) соціально-екологічні; 4) соціально-космічні; 5) економічні; 6) соціологічні; 7) психологічні; 8) демографічні; 9) філолого-етнографічні, чи лінгво-етнологічні; 10) архітектурно-містобудівні; 11) освітньо-педагогічні; 12) культурно-естетичні; 13) державно-правові, чи юридичні; 14) внутрішньополітичні; 15) зовнішньополітичні; 16) військові. | |
| Ступінь імовірності майбутніх подій | |
| <i>Інваріантний прогноз</i> припускає лише один варіант розвитку майбутніх подій. | |
| <i>Варіантний прогноз</i> ґрунтується на припущенні про значну невизначеність майбутнього середовища і наявності декількох ймовірних варіантів розвитку. | |
| Спосіб представлення результатів | |
| <i>Точковий прогноз</i> – прогноз, в якому певний варіант розвитку включає єдине значення прогнозованого показника. | |
| <i>Інтервальний прогноз</i> – прогнозування майбутнього, яке передбачає деякий інтервал (діапазон значень) прогнозованого показника. | |

Рис. 6.25. Класифікація прогнозів

Методологічні принципи псевдопрогнозів базуються на безпросвітному песимізмі, збереженні теперішнього та “футурошоку” (звинувачення майбутнього в породженні нинішніх проблем), а методичні принципи – це довільність, інформаційна прірва між теперішнім і майбутнім, фатальна неминучість світової катастрофи.

Для того, щоб здійснити обґрунтований прогностичний прогноз потрібно визначитися із способами розробки прогнозу та знати етапи розробки прогнозів, чим і займається прогностика.

Прогностика – це наука про закономірності розробки прогнозів.

До способів розробки прогнозів відносять:

- *анкетування* (опитування) – опитування населення, експертів для впорядкування оцінок прогнозів;
- *екстраполювання й інтерполювання* (виявлення проміжного значення між двома відомими моментами процесу) – побудова динамічних рядів розвитку показників прогнозованого явища;
- *моделювання* – побудова пошукових і нормативних моделей із врахуванням ймовірної чи бажаної зміни прогнозованого явища на період попередження прогнозу.

Одним із основних положень у прогнозуванні є **етапи розробки прогнозів** [46]:

- 2) передпрогнозна орієнтація (програма дослідження) – характер, масштаби, об'єкт, формулювання цілей і завдань, предмета, проблеми і робочих гіпотез, методів, структури й організації дослідження;
- 3) побудова вихідної (базової) моделі прогнозованого об'єкта методами системного аналізу;
- 4) збір даних прогнозного тла. *Прогнозне тло (фон)* – сукупність зовнішніх стосовно об'єкта прогнозування умов, які є істотними для вирішення задачі прогнозу;
- 5) побудова динамічних рядів показників – основи прогнозних моделей методами екстраполяції;
- 6) побудова серії пошукових моделей об'єкта методами пошукового аналізу профільних і фонових показників;
- 7) побудова серії гіпотетичних нормативних моделей прогнозованого об'єкта;
- 8) оцінювання вірогідності і точності, а також обґрунтованості (верифікація) прогнозу;
- 9) вироблення рекомендацій для прийняття рішень у сфері управління;
- 10) експертне обговорення (експертиза) прогнозу і рекомендацій, їх доробка і здача для замовника;
- 11) повторна передпрогнозна орієнтація на основі зіставлення матеріалів уже розробленого прогнозу з новими даними.

Перші спроби отримати об'єктивні знання про майбутнє були пов'язані з розробкою і застосуванням методів математики і статистики. В результаті було створено цілу групу потужних методів, таких як метод часових рядів, методи регресійного аналізу, як одновимірного, так і множинного, імітаційного моделювання, економетричні моделі, тобто методи так званого *кількісного прогнозування*, які застосовують для приблизного "визначення" майбутньої поведінки певної величини або системи взаємопов'язаних змінних на часовому інтервалі у випадках, коли відсутні будь-які статистичні дані, на який міг би базуватися *кількісний прогноз*. За оцінкою фахівців кількість методів прогнозування перевищує 150, які можуть бути представлені двома групами:

- *прості методи* – однорідні за вмістом і використанням інструментарієм;
- *комплексні методи* – сукупності, комбінації методів, які реалізовані спеціальними прогностичними системами [17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 34].

Групи методів, в свою чергу, поділені ще на три класи:

1. *Фактографічні (кількісні) методи* базуються на фактичному інформаційному матеріалі про минуле і сьогодення розвитку об'єкта прогнозування. Найчастіше застосовуються під час пошукового прогнозування для еволюційних процесів. До них відносять:
 - групу *статистичних* методів, що включає методи, засновані на побудові й аналізі динамічних рядів характеристик (параметрів) об'єкта прогнозування. Серед них найбільшого поширення отримали екстраполяція, інтерполяція, метод аналогій (модель подоби), параметричний метод та інші.
 - групу *випереджувальних* методів, що складається з методів, заснованих на використанні властивості науково-технічної інформації випереджати реалізацію науково-технічних досягнень. Серед методів цієї групи виділяється публікаційний, заснований на аналізі й оцінюванні динаміки наукових публікацій.
2. *Експертні (якісні) методи* засновані на використанні знань фахівців-експертів про об'єкт прогнозування та узагальненні їх думок про розвиток (поведінку) об'єкта в майбутньому. Експертні методи в більшій мірі відповідають нормативному прогнозуванню стрибкоподібних процесів. До них відносять:
 - групи *індивідуальних* методів, які основані на індивідуальних висновках експертів і не мають аналітичної обробки;
 - групи *колективних* методів дослідження, які основані на колективних висновках експертів із наступною аналітичною обробкою результатів.

3. *Комбіновані методи* включають методи зі змішаною інформаційною основою, де в якості первинної інформації поряд з експертною використовується і фактографічна.

Системне використання якісних і кількісних методів під час прогнозування параметрів будь-якого явища “несе” взаємодоповнювальний характер аналізу, який вплине, в свою чергу, на якості прогнозування. Адже за використання лише однієї статистичної інформації можуть виникнути труднощі, які можна розділити на чотири групи [46]:

1) вихідна статистична інформація найчастіше буває недостовірною; проте навіть за наявності вірогідних даних про минуле, вони не завжди можуть служити надійною базою для прийняття планових рішень, спрямованих у майбутнє;

2) частина інформації, яка необхідна для вибору найкращого варіанта планового рішення, має якісний характер і не піддається кількісним вимірюванням (наприклад, неможливо розробити формулу для прогнозування/оцінювання поведінки людей у тій або іншій ситуації);

3) у момент ухвалення рішення необхідна статистична інформація відсутня, а її отримання вимагає часу або засобів;

4) існує велика група факторів, які впливатимуть на реалізацію планів, але під час підготовки планових рішень їх не можна точно передбачити.

Для застосування кількісних методів прогнозування необхідно проводити дослідницьку роботу і користуватися послугами кваліфікованих статистиків-прогнозистів.

За таких умов особливу роль у передбаченні майбутнього здобуває інтуїція фахівців, яких називають *експертами*.

Методи аналізу й узагальнення суджень і припущень за допомогою експертів називаються *експертними (якісними) або методами експертного оцінювання*.

Сутність методу експертних оцінок полягає в проведенні експертами інтуїтивного-логічного аналізу проблеми з кількісним оцінюванням суджень і формальним опрацюванням результатів. Отримана в результаті узагальнена думка приймається як вирішення проблеми (у даному випадку – прогноз). Центральним етапом експертного прогнозування є проведення опитувань експертів. Залежно від цілей і задач експертизи, змісту і складності проблеми, часу, відведеного на опитування та експертизу загалом, і припущень щодо їх вартості, а також від підбору фахівців, які беруть участь в експертизі, вибирають метод опитувань:

- · індивідуальний або груповий (колективний);
- · особистий (очний) або заочний (шляхом пересилання анкет);
- · усний або письмовий;
- · відкритий або прихований.

Якісні (експертні) методи прогнозування застосовуються, як правило, у випадках, коли відсутні будь-які статистичні дані, на яких міг базуватися кількісний прогноз (рис.6.26).

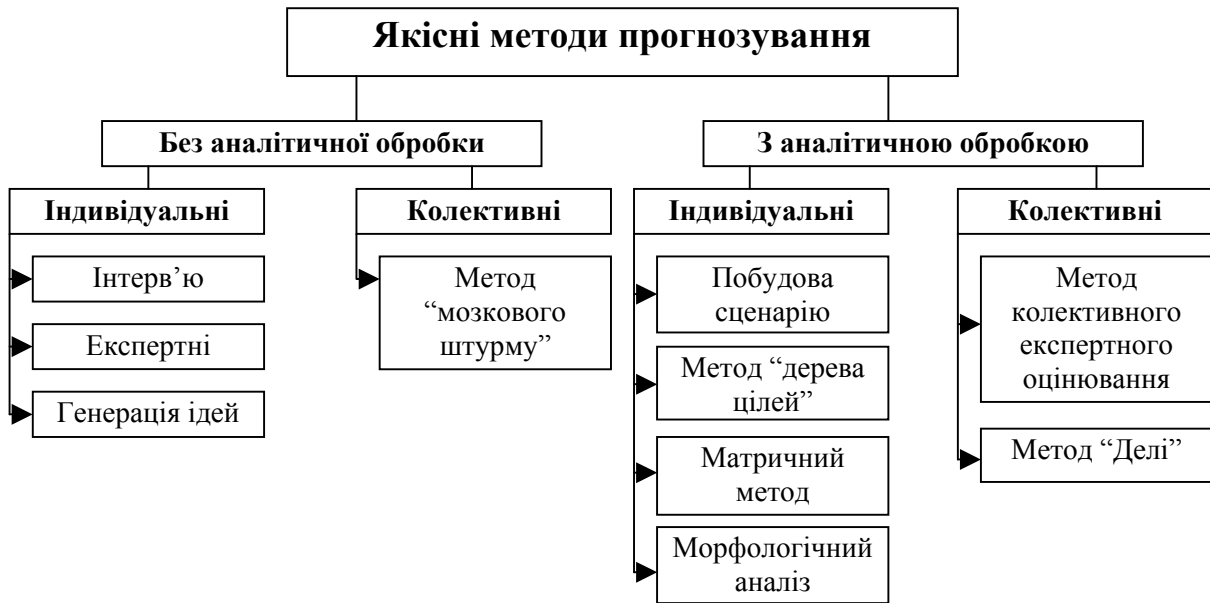


Рис. 6.26. Класифікація якісних методів прогнозування

Метод інтерв'ю являє собою бесіду організатора прогнозної діяльності з експертом-прогнозистом про майбутній стан середовища [22, 46].

Метод "мозкової атаки" (мозкового штурму) є найбільш відомим і широко використовуваним методом колективної генерації ідей творчого вирішення проблем. Він являє собою вільний, неструктурований процес генерування ідей щодо поставленої проблеми, які спонтанно пропонуються учасниками [46].

Метод складання сценаріїв – найбільш популярний за останні десятиліття. Термін "сценарій" вперше був використаний у 1960 р. футурологом Х.Каном під час розробки картин майбутнього, необхідних для вирішення стратегічних питань у військовій сфері [22,46].

Сценарій – це опис (картина) майбутнього, складений з урахуванням правдоподібних припущень. Для прогнозу ситуації, як правило, характерне існування певної кількості ймовірних варіантів розвитку. Тому прогноз зазвичай містить у собі кілька сценаріїв. У більшості випадків це три сценарії: оптимістичний, песимістичний і середній – найбільш ймовірний, очікуваний.

Складання сценарію, як правило, включає в себе декілька етапів:

1. *Структурування і формулювання проблеми.* Питання, обране для аналізу, потрібно визначити якомога точніше. На цьому етапі має бути зібрана та проаналізована базова інформація. Поставлене завдання потрібно погоджувати з всіма учасниками проекту. Необхідно висвітити структурні характеристики і внутрішні проблеми проекту.

2. *Визначення та групування сфери впливу.* Для здійснення цього етапу необхідно виділити критичне середовище та оцінити його вплив на майбутнє.

3. *Встановлення показників майбутнього розвитку критично важливих факторів досліджуваного середовища.* Після того, як основні сфери впливу виділено, необхідно визначити їх можливий стан у майбутньому, виходячи з поставлених перед дослідником цілей.

4. *Формування і добір погоджених сукупних припущень.* Якщо на попередньому етапі дослідник визначив майбутній стан середовища і його вплив на окремі елементи природного середовища, виходячи з власних цілей, то на цьому етапі можливий розвиток сфер впливу визначається, виходячи з їх нинішнього стану і всіляких змін з урахуванням основних умов і факторів формування процесів, що вивчаються.

При цьому різні альтернативні припущення щодо майбутнього стану найбільш значущих елементів досліджуваного середовища комбінуються в набори (сукупності). Формування наборів припущень звичайно здійснюється за допомогою комп'ютерних програм. З отриманих наборів відбираються, як правило, три набори.

Добір здійснюється на основі наступних критеріїв:

- високий рівень поєднання припущень, які входять у набір;
- наявність великої кількості значущих змінних;
- висока ймовірність подій, які відносяться до набору припущень.

5. *Зіставлення намічених показників майбутнього стану сфер впливу з припущеннями про їх розвиток.* На цьому етапі зіставляють результати третього і четвертого етапів. Підвищені або занижені показники стану досліджуваного середовища коригують за допомогою даних, отриманих на четвертому етапі. Для більш точного прогнозу необхідно зменшувати інтервал між нинішнім днем і кінцевим часом прогнозування.

6. *Введення в аналіз руйнівних подій.* Руйнівна подія – це інцидент, який стався раптово, не був спрогнозований раніше і може змінити напрям тенденції. Руйнівні події можуть мати як негативний (повені, землетруси, аварії атомних реакторів тощо), так і позитивний (технологічні вибухи, політичні примирення між колишніми супротивниками тощо) характер.

Із можливих руйнівних подій потрібно виділити ті, що здатні зробити найбільший вплив, і врахувати їх під час складання сценаріїв.

7. *Виявлення наслідків.* На цьому етапі зіставляють стратегічні проблеми досліджуваної галузі і відібрані варіанти розвитку

досліджуваного середовища. Визначають характер і ступінь впливу тих або інших варіантів розвитку на стратегічні напрями діяльності галузі або елемента.

8. *Вжиття заходів.* У вузькому розумінні цей етап уже не відноситься до аналізу, однак він природно впливає із попередніх.

Загалом сценарії розробляють для довгострокового планування. Однак надто довгий інтервал призводить до збільшення невизначеності навколишнього середовища, середовища бізнесу, і для такого сценарію, як правило, характерні висока невірогідність і збільшена кількість помилок. Оскільки визначення кількісних параметрів майбутнього утруднене, під час складання сценаріїв найчастіше використовують якісні методи та інтервальні прогнози показників. Хоча сценарій передбачає комплексний підхід для його розробки: крім якісних, можуть використовуватися і кількісні методи – ГІС-моделі, економіко-математичні, моделювання, аналіз перехресного впливу, кореляційний аналіз та інші.

Метод "дерева цілей" широко застосовують для прогнозування можливих напрямів розвитку науки, техніки, технологій. Так зване "дерево цілей" тісно погоджує між собою перспективні цілі і конкретні задачі на кожному рівні ієрархії [22, 46].

Матричний метод широко використовують під час планування та прогнозування [22, 46].

Метод морфологічного аналізу був запропонований у 1969 р. швейцарським математиком і астрономом Фріцом Звіскі (Fritz Zwicky) для вивчення нових геометричних форм, яких можуть набувати створювані системи. Метод ґрунтується на застосуванні системного підходу і потребує ідентифікації так званих *характеризувальних параметрів* P_i , $i = 1, \dots, k$ досліджуваних систем [46].

Метод "Делфі" є найбільш формальним із усіх методів експертного прогнозування і найчастіше використовують у технологічному прогнозуванні. Головна ідея полягає в необхідності отримання висновку групи експертів щодо поведінки в майбутньому однієї або кількох характеристик системи, які цікавлять дослідника. Отримані результати використовують для побудови можливих сценаріїв поведінки досліджуваної системи [22, 46].

Під час розв'язання реальних задач технологічного передбачення не достатньо одного методу, потрібно використовувати в системі різні методи якісного та кількісного прогнозування.

Всі методи кількісного прогнозування можна поділити на два типи: причинні методи (часто їх називають методами моделювання процесів) і методи, побудовані на аналізі часових рядів. Перші включають визначення значущих факторів і функціональної залежності відгуку від

цих факторів із застосуванням множинного регресійного аналізу чи економетричного моделювання.

Прогноз за часовим рядом, у свою чергу, передбачає визначення прогнозного значення змінної винятково на основі минулих і поточних значень цієї ж змінної.

Часовим рядом називають серію числових величин, отриманих через регулярні проміжки часу. Вважається, що фактори, які впливають на відгук досліджуваної системи, діяли деяким чином у минулому та сьогодні, і очікується, що вони діятимуть подібним чином у недалекому майбутньому. Основною метою аналізу часових рядів є оцінювання і визначення факторів впливу з метою прогнозування подальшої поведінки системи і вироблення раціональних управлінських рішень.

Для прогнозування часових рядів використовують наступні методи (рис.6.27):

- регресійні (тренд);
- Хольта і Брауна (метод двопараметричного експоненційного згладження);
- Бокса-Дженкінса (АРПКС);
- нейронні мережі.



Рис. 6.27. Методи прогнозування часових рядів

У класичній мультиплікативній моделі часових рядів показано, що значення відгуку в будь-якій точці часового ряду є добутком трьох факторів – тренда, циклічної і нерегулярної компоненти (у випадку короткострокових спостережень – чотирьох факторів, додається ще одна

компонента – сезонна), відтак будь-яке значення ряду може бути представлене у вигляді:

$$Y_i = T_i * C_i * S_i * I_i, \quad (6.2)$$

де Y_i – значення відгуку,

T_i, C_i, S_i, I_i – відповідно значення трендової, циклічної, сезонної та нерегулярної компоненти в будь-якій точці ряду.

У разі аналізу даних методом часових рядів спочатку будують графік залежності відгуку від часу для визначення загальної довгострокової тенденції, що підвищує чи знижує тренд. Якщо дані мають велику варіацію і загальний тренд не проглядається, з'являється необхідність згладжування часового ряду, після виконання якого виявляється тренд. Надалі для опису часового ряду використовують один із методів регресії даних ряду на часову вісь і отриманий регресійний опис (модель) використовується для прогнозування.

Основною метою згладжування ряду є виділення трендової компоненти процесу. У разі згладжування часового ряду в більшій або меншій мірі нівелюється вплив нерегулярної складової відгуку, так що згладжений ряд фактично стає (у межах класичної моделі) суперпозицією тренда і циклічної (а, можливо, й сезонної) складових процесу, що полегшує його подальше дослідження. Зазвичай використовується метод тренда чи метод експоненційного згладжування.

Трендові методи. Лінія тренда широко застосовується для розв'язання задач прогнозування за допомогою методів регресійного аналізу [47].

Рівняння часового ряду даних за лінійним законом має наступний вигляд (6.3):

$$y = a_0 + a_1 t \quad (6.3)$$

де a_0 – константа; a_1 – коефіцієнт регресії, що визначає швидкість і напрямок розвитку досліджуваного показника ($a_1 < 0$ – тенденція спадання; $a_1 > 0$ – тенденція зростання); t – у даному випадку досліджень це порядковий номер року (індекс).

Тренд типу парабола другого порядку (поліноміальний тренд) має такий вигляд (6.4):

$$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \quad (6.4)$$

де a_2 – коефіцієнт, який характеризує сталу зміну швидкості (темпу) розвитку ($a_2 > 0$ – прискорений розвиток, $a_2 < 0$ – сповільнений розвиток).

Експоненціальні методи. Під час прогнозування досить часто використовують метод експоненціальних середніх, який постійно адаптують до даних за рахунок нових значень [46, 58].

1. Експоненціальний метод (6.5):

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times S_{(t-1)}, \quad (6.5)$$

де S_t – прогноз на наступний період часу;

Y_t – реальне значення в момент часу t ;

$S_{(t-1)}$ – минулий прогноз на момент часу t ;

α – постійне згладжуване ($0 \leq \alpha \leq 1$).

У експоненціальному методі згладження є внутрішній параметр α , який визначає залежність прогнозу від більш старих даних (рис. 6.28).

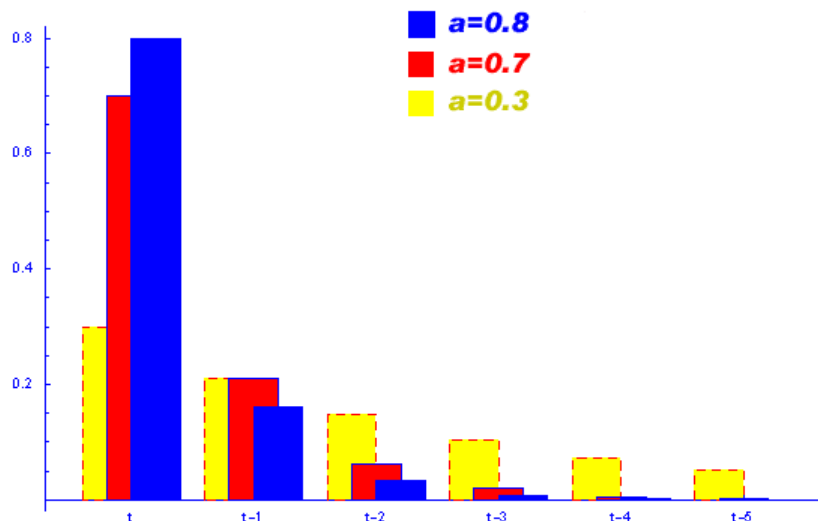


Рис. 6.28. Гістограма різних варіантів α -коефіцієнтів та рівень вплив історії розвитку показника, що вивчається, на прогноз

На рис. 6.28 видно, якщо $\alpha > 1$, то експоненціальна модель спрямовується до самої простої “наївної” моделі, тобто завтра буде так, як сьогодні. Якщо $\alpha > 0$, то прогнозована величина стає рівною попередньому прогнозу. Тобто ефективність прогностичної моделі залежить від правильно підбраного α -коефіцієнта згладження. Алгоритм пошуку α зводиться до перебору та порівняння за принципом найменших квадратів похибок, чим похибки прогностичної моделі менші, тим краща модель.

2. Метод Хольта і Брауна (метод двопараметричного експоненціального згладження) (6.6) [46, 58]:

$$\begin{cases} \Omega_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(\Omega_{t-1} - T_{t-1}), \\ T_t = \beta(\Omega_t - \Omega_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}, \\ \hat{Y}_{t+p} = \Omega_t + pT_t \end{cases} \quad (6.6)$$

Перше рівняння описує згладжений ряд загального рівня. За допомогою другого рівняння оцінюється тренд. Третє рівняння визначає прогноз на p відліків часу вперед.

Значення α і β знаходяться в діапазоні від 0 до 1, але найчастіше вибирається з більш вузького діапазону [$0.25 < \alpha, \beta < 0.5$] і при цьому значення констант не обов'язково мають співпадати. За нижчих значень α здебільшого враховуються попередні, ніж поточні, значення ряду і тенденція розвитку процесу; аналогічно більш низькі значення β переоцінюють минулий рух процесу порівняно з сучасним.

Окремим випадком методу Хольта є метод Брауна, коли $\alpha = \beta$.

Метод АРПКС. Метод Бокса і Дженкінса [48, 49, 50], що має назву “Авторегресійне проінтегроване ковзне середнє і авторегресійні методи” (АРПКС). Цей метод базується на двох процесах:

1. Процес авторегресії.
2. Процес ковзного середнього.

Зазвичай виявляється, що значення відгуку в деякій точці часового ряду сильно корелює з кількома попередніми або наступними значеннями. Для багатьох явищ їх сучасний стан функціонально визначається попереднім станом системи, подібні зв'язки називаються *автокореляцією* – кореляцією ряду із самим собою, цей процес має вигляд (6.7).

$$x_i = b_0 + b_1 x_{i-1} + b_2 x_{i-2} + \dots + b_n x_{i-n} + \varepsilon, \quad (6.7)$$

де b_0 – константа (вільний член) авторегресійного рівняння,

b_1, b_2, \dots, b_n – коефіцієнти авторегресії,

Y_i – величина відгуку в деякий момент часу,

$x_{i-1}, x_{i-2}, \dots, x_{i-n}$ – відповідно відгуки одним, двома, ... n періодами раніше заданого,

ε – нескорельована випадкова компонента, присутня у відгуку і пов'язана з похибками спостережень і похибками моделі.

На відміну від процесу авторегресії, в процесі ковзного середнього кожен елемент ряду схильний до сумарної дії попередніх помилок. У загальному вигляді це можна записати таким чином (6.8):

$$x_i = \mu + \varepsilon_i - \theta_1 \varepsilon_{(i-1)} - \theta_2 \varepsilon_{(i-2)} - \dots - \theta_n \varepsilon_{(i-n)}, \quad (6.8)$$

де:

μ – константа;

$\theta_1, \theta_2, \theta_n$ – параметри ковзного середнього.

Іншими словами, поточне спостереження ряду є сумою випадкової компоненти в даний момент і лінійної комбінації випадкових дій в попередні моменти часу.

Метод Бокса-Дженкінса включає три параметри моделі (p, d, q) [43]:

- параметри авторегресії (p);
- порядок різниці (d);
- параметри ковзного середнього (q).

Обов'язковою умовою процесу авторегресії є стаціонарність, тобто якщо є один параметр, то він має знаходитися у діапазоні від -1 до 1, в іншому випадку, попередні значення будуть накопичуватися і значення наступних x_i можуть бути необмеженими, і як наслідок ряд не буде стаціонарним.

Стаціонарність моделі досягається, якщо середнє ряду постійне, а вибіркові дисперсія і автокореляція не змінюються в часі. Тому, звичайно, необхідно брати різниці ряду до тих пір, поки він не стане стаціонарним (часто також застосовують логарифмічне перетворення для стабілізації дисперсії).

Число різниць, які були взяті, щоб досягти стаціонарності, визначається параметром d . Для того, щоб визначити необхідний порядок різниці, потрібно досліджувати графік ряду і автокорелограму. Сильні зміни рівня (сильні скачки вгору або вниз – варіювання) звичайно вимагають узяття несезонної різниці першого порядку ($lag=1$). Сильні зміни нахилу вимагають узяття різниці другого порядку. Якщо є повільне убавання вибірових коефіцієнтів автокореляції залежно від лага, звичайно беруть різницю першого порядку. Слід визначити, що для деяких тимчасових рядів потрібно брати різниці невеликого порядку або зовсім не брати їх, тому що надмірна кількість узятих різниць призводить до менш стабільного оцінювання коефіцієнтів.

До того, як почати оцінювання і прогнозування, наприклад для якості поливної води р. Дніпро, необхідно вирішити, який тип моделі буде підібраний до даних хімічного складу цієї води, і яка кількість параметрів присутня в моделі, іншими словами, потрібно ідентифікувати модель АРПКС. Основною умовою ідентифікації моделі являється її якість, тобто визначається, чи являється досліджуваний ряд стаціонарним. Для аналізу стаціонарності аналізують вибіркові автокореляційні функції (АКФ) та окремі автокореляційні функції (ПАКФ). Якщо їх поведінка не вказує на

стаціонарність досліджуваного процесу, то ряд перетворюється шляхом послідовних різниць і далі аналізується.

Зазвичай, під час побудови моделей часових рядів критерії якості підгонки моделей застосовують для порівняння моделей між собою. Оскільки оцінювання коефіцієнтів проводять шляхом оптимізації, тому потрібно вибрати оптимальну модель, тобто потрібно провести порівняльний аналіз моделей із різними параметрами (p, d, q).

Умови підбору параметрів для моделі АРПКС, які найчастіше зустрічаються в практиці [43]:

1. **Один параметр (p):** АКФ – експоненціально убуває; ПАКФ – має значення, що різко виділяється, для лага 1, немає кореляцій на інших лагах.
2. **Два параметри авторегресії (p):** АКФ має форму синусоїди або експоненціально убуває; ПАКФ має значення, що різко виділяються, на лагах 1, 2, немає кореляцій на інших лагах.
3. **Один параметр ковзного середнього (q):** АКФ має значення, що різко виділяється, на лагу 1, немає кореляцій на інших лагах. ПАКФ експоненціально убуває.
4. **Два параметри ковзного середнього (q):** АКФ має значення, що різко виділяються, на лагах 1, 2, немає кореляцій на інших лагах. ПАКФ має форму синусоїди або експоненціально убуває.
5. **Один параметр авторегресії (p) і один параметр ковзного середнього (q):** АКФ експоненціально убуває з лага 1; ПАКФ – експоненціально убуває з лага 1.

Нейронні мережі. Нейронні мережі – потужний метод моделювання, що дозволяє відтворювати надзвичайно складні залежності та добре аналізувати і прогнозувати часові ряди. Зокрема, нейронні мережі є нелінійні за своєю природою [40, 51, 52-56].

За допомогою нейронних мереж реалізують автоматизацію процесів розпізнання образів, здійснюють адаптивне управління, прогнозування, створюють експертні системи та ін.

Теоретичне обґрунтування нейромережевого моделювання базується на теоремі А. Н. Колмогорова, який довів, що будь-яку безперервну багатовимірну функцію на одиничному відрізку $[0; 1]$ можна представити у вигляді кінцевого числа одновимірних [51]:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{p=1}^{2n+1} g\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i \varphi_p(x_i)\right), \quad (6.9)$$

де g і φ_p безперервні та одновимірні функції, $\lambda_i = \text{const}$. Тому за допомогою багатопараметричних штучних нейронних мереж можна з встановленою

точністю апроксимувати будь-яку багатовимірну функцію на одиничному відрізку.

Біологічна суть нейрона. Нейрон (нервова клітка) складається з тіла клітини (рис. 6.29) – соми (soma), і двох типів зовнішніх деревоподібних відгалужень: аксона (axon) і дендритів (dendrites). Тіло клітини вміщує ядро (nucleus), що містить інформацію про властивості нейрона, і плазму, яка продукує необхідні для нейрона матеріали. Нейрон отримує сигнали (імпульси) від інших нейронів через дендрити (приймачі) і передає сигнали, згенеровані тілом клітки, вздовж аксона (передавач), що наприкінці розгалужується на волокна (strands). На закінченнях волокон знаходяться синапси (synapses) [35, 57].

Синапс є функціональним вузлом між двома нейронами (волокно аксона одного нейрона і дендрит іншого). Коли імпульс досягає синаптичного закінчення, продукуються хімічні речовини, названі нейротрансмітерами. Нейротрансмітери проходять через синаптичну щілину, збуджуючи або загальмовуючи, залежно від типу синапсу, здатність нейрона-приймача генерувати електричні імпульси [35].

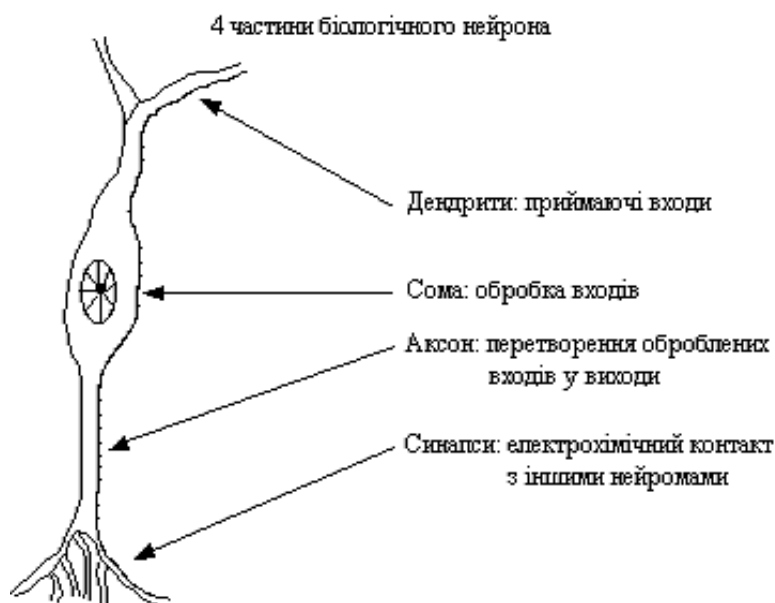


Рис. 6.29. Схема біологічного нейрона

Результативність синапсу налаштовується сигналами, що проходять крізь нього, тому синапси навчаються залежно від активності процесів, у яких вони беруть участь. Нейрони взаємодіють за допомогою короткої серії імпульсів. Повідомлення передається за допомогою частотно-імпульсної модуляції [35].

Нейронні мережі – новий, виключно потужний і надійний метод моделювання, що дозволяє відтворювати надзвичайно складні залежності та добре аналізувати і прогнозувати часові ряди даних, в тому числі і якості зрошувальної води [36]. Нейронні мережі є нелінійними за своєю природою. За допомогою нейронних мереж можлива реалізація автоматизації процесів розпізнання образів, здійснення адаптивного управління, прогнозування, створення експертних систем та ін.

На рис. 6.30 представлено схему математичної моделі нейронної мережі з n входами (дендритами), до того ж синапси цих дендритів мають ваги w_1, w_2, \dots, w_n . До синапса надходять імпульси сили X_1, X_2, \dots, X_n відповідно, тоді після проходження синапса і дендритів до нейронів надходять імпульси $w_1X_1, w_2X_2, \dots, w_nX_n$. Нейрон перетворює отриманий сумарний імпульс $S = w_1X_1 + w_2X_2 + \dots + w_nX_n$ відповідно до деякої передавальної функції $F(S)$. Сила вихідного імпульсу дорівнює $Y = F(S) = F(w_1X_1 + w_2X_2 + \dots + w_nX_n)$ [37].

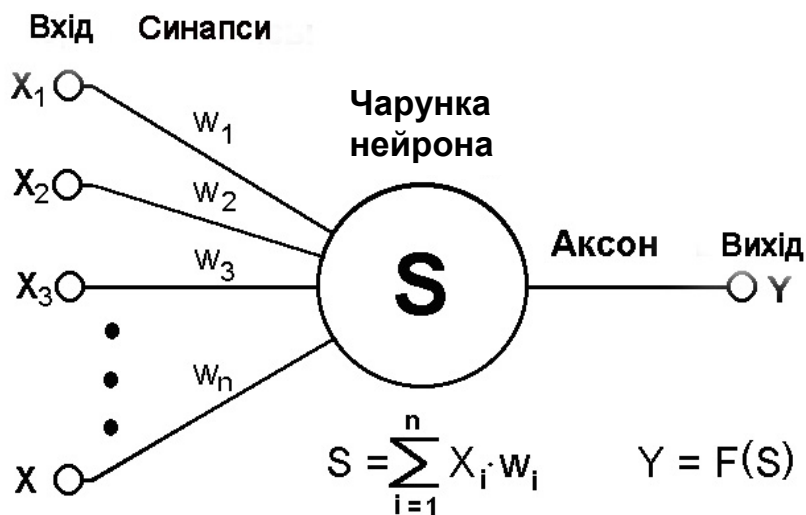
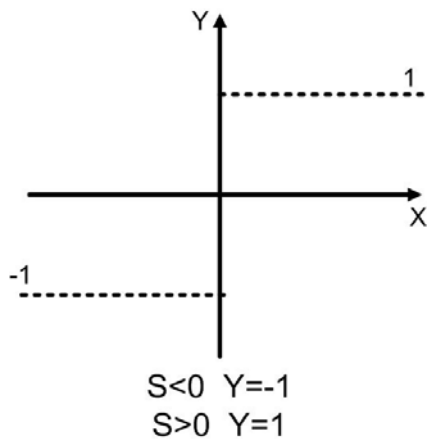
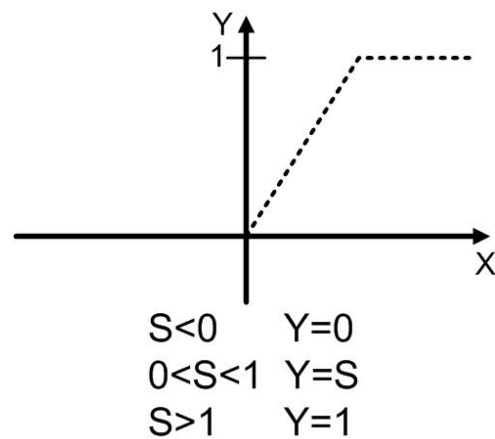


Рис. 6.30. Схема математичної моделі нейронних мереж

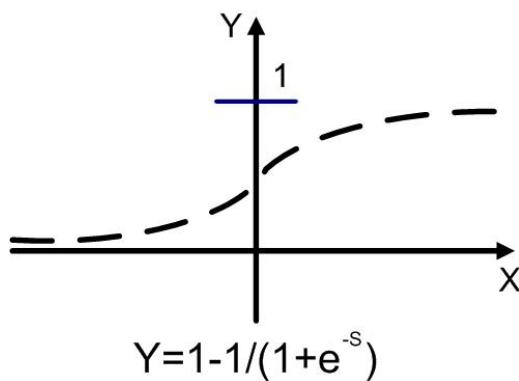
Таким чином, нейрони повністю описуються коефіцієнтами вагою w_n і передавальною функцією (функція активації) $F(S)$ (рис. 6.31) [40, 42]. Одержавши набір чисел (вектор) X_n на вході, нейрон видає проаналізовані числа на виході.



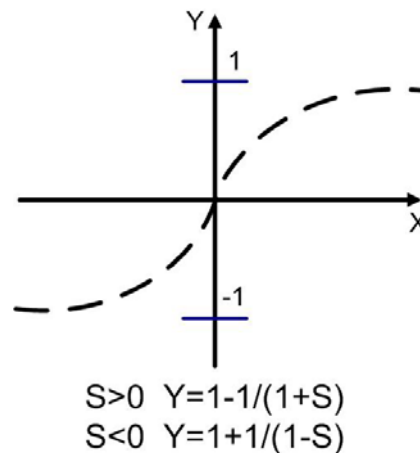
1. Жорстка порогова функція



2. Лінійна передавальна функція з насиченням



3. Сигмоїдна передавальна функція



4. Функція синусоїд-гіперболічного тангенса

Рис. 6.31. Передавальні функції нейронних мереж

Концепція нейронних мереж дозволяє перейти на якісно інший підхід прогнозування часових рядів щодо класичних методів. Висновки класичних методів будувалися на пошуку та аналізі прихованих закономірностей: циклічність, сезонних коливань.

Відсутність чітко виражених факторів формування процесів, що вивчаються, робить застосування класичних методів під час оперативних прогнозів зміни стану навколишнього середовища, наприклад в системі еколого-меліоративного моніторингу зрошувальних земель, практично недоцільними, тобто ступінь довіри отриманих прогнозів досить мала.

Нелінійні за своєю сутністю нейронні мережі дозволяють з заданим ступенем точності апроксимувати довільну безперервну функцію, не зважаючи на відсутність або наявність будь-якої періодичності або циклічності.

Оскільки часовий ряд являє собою безперервну функцію, то застосування нейронних мереж цілком виправдано і коректно.

Для побудови нейронної мережі потрібно виконати два основні етапи:

1. Вибір типу (архітектури) нейронної мережі;
2. Підбір ваги (навчання) нейронної мережі.

У разі конфігурації мережі для аналізу часових рядів змінюється метод препроцесування даних, тобто розглядаються не окремі спостереження, а їх блоки.

У системі STATISTICA Neural Networks для прогнозування часових рядів реалізовані наступні типи нейронних мереж [43, 52]:

- багат шарові перцептрони (БП);
- мережі, що засновані на радіальних базисних функціях (РБФ);
- узагальнена регресійна нейронна мережа (УРНМ);
- мережі головних компонент (МГК);
- лінійні мережі (ЛМ).

Успіх з пошуку найкращого типу та архітектури мережі для прогнозування істотно залежить від якості і швидкості алгоритмів навчання мережі. Навчання мережі це дуже складний процес, адже кількість підбору ваги досягає іноді десятки тисяч варіантів. Тому в системі STATISTICA Neural Networks реалізовані наступні навчальні алгоритми, які дозволяють налаштувати вагу мережі відповідним чином [43, 52]:

- зворотний розподіл похибки;
- метод пов'язаних градієнтів;
- Квазі-Ньютоновський;
- Левенберга-Маркара;
- швидкого розподілу;
- дельта-дельта-з-рискою.

Мережу багат шарового перцептрону відображено схематично на рис. 6.32. Вхідний шар складається із чутливих (сенсорних) S -елементів, на які поступають вхідні сигнали X_i , і він виконує розподільну функцію. Кожен S -елемент зв'язаний із сукупністю асоціативних елементів (A -елементів) першого проміжного шару, а A -елементи в останньому шарі з'єднанні з реагуючими елементами (R -елементи) [40].

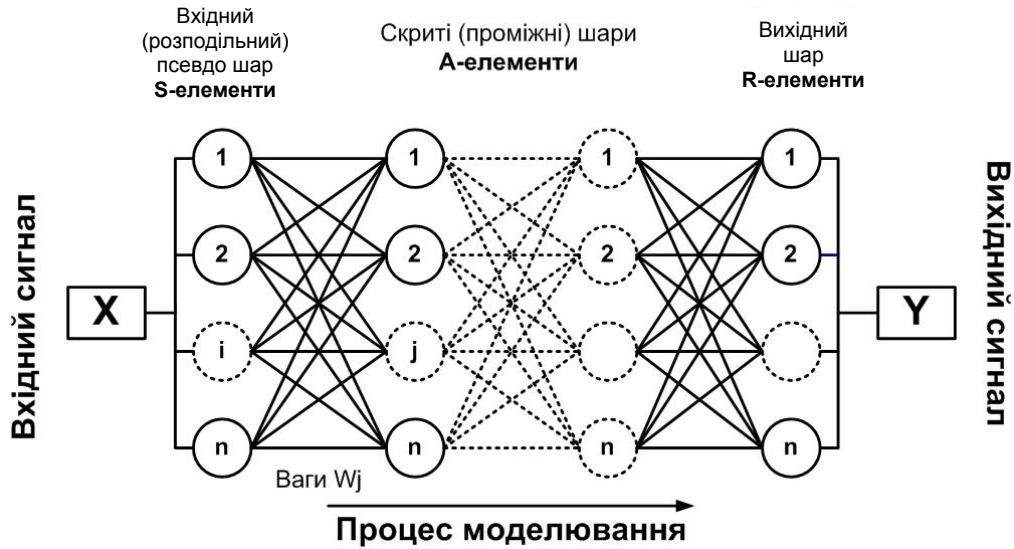


Рис. 6.32. Схематичне відображення мережі багатшарового перцептрону

Після того, як визначено кількість шарів і кількість елементів в кожному з них, потрібно знайти значення вагових коефіцієнтів w_1, \dots, w_n кожного складового нейрона, які б мінімізували похибку прогностичної моделі. Навчальні алгоритми підбирають вагу мережі до тих пір, поки вона не почне максимально достовірно описувати фактичні дані, тобто йде процес навчання штучної нейронної мережі (рис. 6.33).

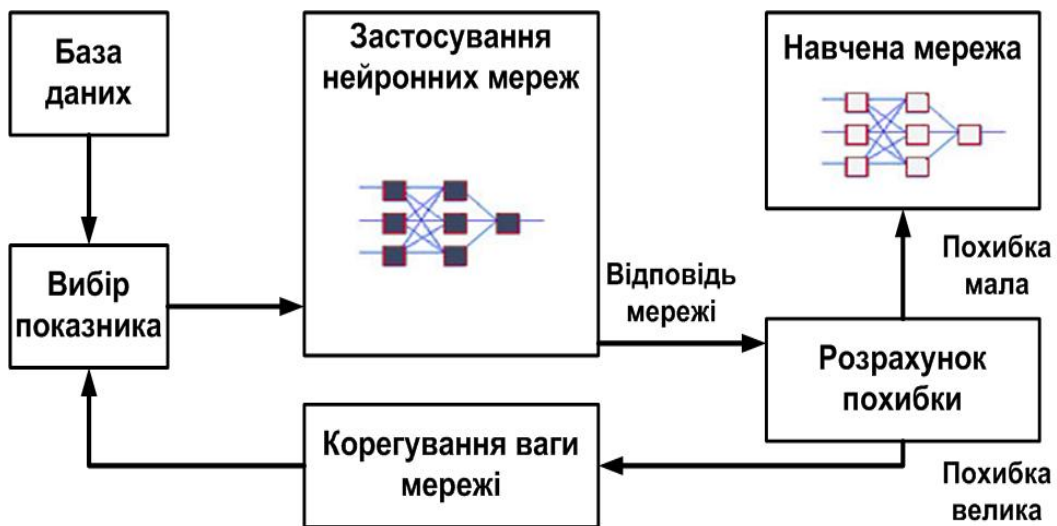


Рис. 6.33. Процес навчання нейронної мережі

Для того, щоб оцінити достовірність нейронної мережі, визначають середньоквадратичну похибку моделі як різницю між фактичними і змодельованими даними (контрольна вибірка), якщо похибка максимально мінімізована, то далі йде процес прогнозування показника, що вивчається.

Основним із критеріїв, який впливає на подальшу ефективність застосування відповідних методів прогнозування та достовірність кінцевого результату є отримувана інформація, а цінність інформації представлена у її властивостях. До загальних властивостей інформації відносять її актуальність, адекватність, репрезентативність, змістовність, достатність (повнота), доступність, точність, достовірність, сталість (Г.Г. Чоговадзе, 2003) [41].

Репрезентативність інформації пов'язана з правильністю її відбору (зразки води, ґрунту, рослин тощо) і формування з метою адекватного відображення властивостей об'єкта, що характеризується повідомленням. Важливе значення при цьому має правильність концепції, на базі якої сформовано вихідне уявлення про об'єкт та обґрунтованість відбору суттєвих ознак і зв'язків цього об'єкта.

Змістовність інформації відображає семантичну (від грецьк. *sēmantikós* – позначальний, відноситься до значення одиниць мови, вивчає значення слів) ємність, що дорівнює відношенню кількості семантичної інформації до об'єму даних, що обробляються. У разі збільшення змістовності інформації збільшується семантична пропускна здатність інформаційної системи, тому що для одержання одних і тих же відомостей необхідно опрацювати менший об'єм даних.

Достатність інформації для сприйняття користувача забезпечується виконанням відповідних процедур її одержання та перетворення. В геоінформаційній системі інформація має приводитись до доступної та доцільної для сприйняття користувачем форми, що досягається також шляхом узгодження її семантичної форми із *тезаурусом* користувача.

Тезаурус (від грецького *thesauro's* — скарб, скарбниця) — множина змістовних одиниць певної мови із заданою на ній системою семантичних відносин. Класичне уявлення про тезаурус спирається на ототожнення його із словником із необмеженою вибіркою, тобто включає в себе всі слова, які зустрілися укладачу в доступних джерелах (енциклопедії, лінгвістичні праці, архівні записи, літературні твори тощо) [44].

Тезаурус – сукупність понять з певної галузі науки, нагромаджених людиною чи колективом. [45]

Актуальність інформації визначається ступенем зберігання цінності інформації для управління в момент її використання та залежить від динаміки вимірювання її характеристик та інтервалу часу, який минув із моменту виникнення цієї інформації. Своєчасність інформації означає її надходження не пізніше будь-якого, може бути, навіть невідомого

моменту часу, після якого використання одержаної інформації буде призводити до помилок.

Точність інформації визначається ступенем приближення одержуваної інформації до реального стану об'єкта, процесу, явища тощо. Для інформації, яка відображається цифровим кодом, можливо визначити чотири класифікаційних поняття *точності* (Г.Г. Чоговадзе, 2003):

- формальна точність, що вимірюється значенням одиниці молодшого розряду числа;
- реальна точність, яка визначається значенням одиниці останнього розряду числа, достовірність якого гарантується;
- максимальна точність, яку можливо одержати в конкретних умовах функціонування системи;
- необхідна точність, яка визначається функціональним призначенням показника.

Достовірність інформації визначається її властивістю відображати реально існуючі об'єкти з необхідною точністю. Вимірюється достовірність інформації довірчою імовірністю необхідної точності, тобто імовірністю того, що відтворюване інформацією значення параметра відрізняється від істинного значення цього параметра в межах заданої точності.

Стійкість інформації відображає її властивість реагувати на зміну вихідних даних без порушення необхідної точності. Стійкість інформації, як і репрезентативність, зумовлена обраною методикою її відбору та формування.

Наступним критерієм ефективного прогнозування є **вибір адекватної моделі прогнозування**. Перевірити якість прогнозу можна буде тільки в майбутньому, порівнявши прогнозоване значення з реальністю. Варто очікувати, що модель, яка добре описує існуючі дані, буде також добре придатна для прогнозування.

Основними прийомами під час оцінювання якості моделі, її адекватності описуваним процесам, може стати аналіз залишків та визначення кореляції між експериментальними (фактичними) та змодельованими (прогнозованими) даними.

Критерії достовірності прогностичних моделей. Аналіз достовірності прогностичних моделей проводять за наступними критеріями:

1. Середньоквадратична похибка моделі:

$$E_{\text{середньокв}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_i^*)^2}{n} \rightarrow \min, \quad (6.10)$$

де x_i – фактичне значення вибірки; x_i^* – значення отримане за допомогою моделі.

2. Середня абсолютна похибка:

$$E_{\text{сер.абсол}} = \frac{\sum_{i=1}^n (|x_i - x_i^*|)}{n} \rightarrow \min \quad (6.11)$$

2. Максимальна абсолютна похибка:

$$(|x_i - x_i^*|) = \max \rightarrow \min \quad (6.12)$$

3. Середня абсолютна відносна похибка моделі, %:

$$E_{\text{сер.абсол.}\%} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\left| \frac{x_i - x_i^*}{x_i} \right| \right)}{n} \rightarrow \min \quad (6.13)$$

4. Критій регулярності:

$$K_{\text{рег}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_i^*)^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \rightarrow \min \quad (6.14)$$

6. Оцінка достовірності моделі:

$$\xi = \frac{\sum_{j=1}^N \left(1 - \left| \frac{x_{i+j} - x_{i+j}^*}{x_{i+j}} \right| \right)}{N} \quad (6.15)$$

7. Коефіцієнт кореляції:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_i^* - \bar{x}^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (x_i^* - \bar{x}^*)^2}} \rightarrow \max \quad (6.16)$$

Якщо в результаті моделювання отримані дві або більше прогностичних моделей близькі за якістю, про що свідчить оцінювання статистичних критеріїв, то в дію вступає принцип простоти, чи економії (в англійській літературі він відомий як *Principle of Parsimony* і деякі вітчизняні автори його трактують як «*принцип Парсімоні*»). Принцип простоти передбачає, що з двох або більше практично еквівалентних моделей для розрахунків прогнозів варто вибрати найпростішу. Серед розглянутих нами моделей найпростішою є трендова модель, дещо складніша – експоненціальна і авторегресійна моделі, найскладніша – метод нейронних мереж.

Резюме

1. Сьогодні дуже важливим є вміння оперувати відповідними інструментами збору даних, дослідження, прогнозування і моделювання для отримання бажаних результатів. Жодна сфера життя суспільства і наукової діяльності не може обійтися без прогнозів як засобу пізнання майбутнього та передбачення наслідків прийнятих управлінських рішень.

2. Прогнозування є одним із вирішальних наукових факторів формування стратегії і тактики розвитку всіх галузей сільського господарства. Ефективне управління стає однією з умов виживання й успішного функціонування підприємств і фермерських господарств. При цьому забезпечення ефективності такого управління вимагає вміння передбачати ймовірний майбутній стан розвитку підприємства і середовища, в якому воно існує, вчасно попередити можливі небажані наслідки, що віддзеркаляться на зниженні показників родючості ґрунтів, якості води, які призводять до погіршення стану ландшафту, зниження врожайності сільськогосподарських культур, погіршення стану навколишнього природного середовища та банкрутства підприємств.

3. Оптимальне управління досягається шляхом взаємодії методів прогнозування та інструментів просторового моделювання, які використовуються в ГІС-технологіях, що дозволяють не тільки спрогнозувати показники, а й візуально відобразити їх динаміку в просторі за допомогою статистичних і картографічних методів.

4. Із розвитком комп'ютерних інформаційних технологій і появою більш потужних інструментів ГІС, розкривається можливість системно використовувати традиційні і новітні методологічні підходи щодо вивчення відповідного об'єкта і предмета та більш оперативно і ефективно приймати управлінські рішення щодо застосування необхідних заходів.

Завдання для самостійного опрацювання

2. Ознайомитись із процесом аналізу експериментальних даних за допомогою описової статистики.
3. Розглянути процес багатофакторного регресійного аналізу.
4. Ознайомитись із програмними інструментами для здійснення геопросторового моделювання (Digitals, MapInfo, Карта, ArcGis).

Запитання для обговорення на семінарському занятті

1. Поняття, види та етапи створення баз даних.
2. Властивості та види моделей.
3. Основні завдання та етапи моделювання.
4. ГІС-технології як інструмент просторового моделювання та прогнозування.
5. Огляд програмного забезпечення ГІС.
6. ГІС-аналіз. Огляд методів просторового прогнозування.
7. Основні етапи створення інтерполяційної моделі за допомогою ArcGis 9.2.
8. Основні поняття в прогнозуванні та основні принципи прогностичності та псевдопрогнозів.
9. Класифікація та основні етапи розробки прогнозів.
10. Методи прогнозування та їх характеристика.
11. Традиційні методи прогнозування часових рядів.
12. Нетрадиційні методи прогнозування часових рядів.
13. Критерії достовірності прогностичних моделей.

Теми для рефератів та доповідей

1. Методологічне значення моделювання у науковому пізнанні.
2. Характеристика і принципи аналогового моделювання.
3. Характеристика і принципи математичного моделювання.
4. Характеристика і принципи фізичного моделювання.
5. Модель як засіб пізнання навколишнього світу людини.
6. Основні задачі і принципи екологічного моделювання.
7. Моделювання і прогнозування як основні складові еколого-меліоративного моніторингу.
8. Застосування ГІС-технологій у завданнях управління екологічною безпекою територій.
9. Історія розвитку ГІС-технологій.
10. Розвиток методів прогнозування.
11. Інформаційні технології в системі територіального управління.

12. Огляд використання ГІС для моделювання процесів, що відбуваються у водних об'єктах.
13. Інформаційно-аналітична база даних як один із основних складових еколого-меліоративного моніторингу.
14. Основні методи прогнозування часових рядів.
15. Основні задачі та принципи ГІС-аналізу.
16. Види, принципи та етапи прогнозування.
17. Застосування ГІС-технологій під час оцінювання розвитку процесів підтоплення територій.
18. ГІС в управлінні навколишнім природним середовищем.
19. Застосування ГІС-технологій під час оцінювання параметрів родючості зрошуваних земель.
20. Види і характеристика просторових моделей.
21. ГІС-технологій під час проведення процедури еколого-агроекологічного оцінювання зрошуваних земель



ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

| | |
|----------|--|
| 1 | Укажіть правильні властивості моделей: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Безмежність. 2. Спрощеність. 3. Приблизність. 4. Адекватність. |
| 2 | За ознакою матеріальності моделі бувають: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ідеальні. 2. Пізнавальні. 3. Матеріальні. 4. Повні і неповні. |
| 3 | За способом моделювання моделі бувають: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Аналітичні. 2. Дискретні. 3. Стохастичні. 4. Імітаційні. |

| | |
|----------|--|
| 4 | Процес моделювання може бути представлений у вигляді циклу, в якому можна виділити: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. 6 етапів. 2. 15 етапів. 3. 3 етапи. 4. 5 етапів. |

| | |
|----------|--|
| 5 | ГІС-аналіз це – |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Процес пошуку просторових закономірностей у розподілі даних і взаємозв'язку між об'єктами. 2. Процес створення векторних моделей на основі растрових даних. 3. Процес створення атрибутивних і просторових даних. |

| | |
|----------|--|
| 6 | Скільки типів інтерпольованих поверхонь можна побудувати за допомогою крігінга та кокрігінга? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. 23. 2. 60. 3. 10. 4. 4. 5. 6. |

| | |
|----------|---|
| 7 | Скільки етапів включає процес створення інтерполяційної моделі? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. 12. 2. 3. 3. 4. 4. 6. 5. 20. |

| | |
|----------|--|
| 8 | .shp-файл складається з: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Растрових даних. 2. Векторних даних. 3. Векторних і атрибутивних даних. 4. 3-D даних. 5. 3-D і растрових даних. |

| | |
|----------|--|
| 9 | Прогностика – це |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Метод прогнозування. 2. Опис можливих або бажаних перспектив, станів, рішень, які стосуються проблем майбутнього. 3. Це наукова дисципліна про закономірності розробки прогнозів. |

| | |
|-----------|---|
| 10 | За допомогою яких методів здійснюють прогнозування часових рядів? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Хольта і Брауна. 2. Дерева цілей. 3. Мозковий штурм. 4. Нейронні мережі. 5. АРПКС. |

| | |
|-----------|---|
| 11 | У якому методі прогнозування використовують α-коефіцієнт згладження? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Бокса-Дженкінса. 2. Тренд. 3. Делі. 4. Нейронні мережі. 5. Експоненціальний метод. |

| | |
|-----------|---|
| 12 | Які типи нейронних мереж реалізовано в системі STATISTICA Neural Networks? |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Багатошарові перцептрони. 2. Квадратичні мережі. 3. Експоненціальні мережі. 4. Лінійні мережі. 5. Мережі головних компонент. |

| | |
|-----------|---|
| 13 | Визначити основні властивості інформації: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Репрезентативність. 2. Змістовність. 3. Достатність. 4. Актуальність. 5. Тотожність. 6. Достовірність. 7. Стійкість. |

| | |
|-----------|---|
| 14 | Коефіцієнт кореляцій в методах прогнозування часових рядів показує залежність між фактичними і прогнозними даним на контрольній вибірці: |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Так.2. Ні. |

| | |
|-----------|--|
| 15 | Принцип простоти передбачає: |
| | <ol style="list-style-type: none">1. Що з двох або більше практично еквівалентних моделей для розрахунків прогнозів варто вибрати найпростішу.2. Що модель має успішно описувати модельовану систему.3. Виявлення основних властивостей і відносин моделей.4. Опис можливих або бажаних перспектив, станів, рішень, які стосуються проблем майбутнього. |



ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ

1. Блюмгардт А. Модели корпоративного управления / А. Блюмгардт. – К. : Наук. думка, 2003. – С.9.
2. Большаков А.С. Моделирование в менеджменте : учеб. пособ. / А.С. Большаков. – М., 2000. – С.12.;
3. Кузин Б.И. Методы и модели управления фирмой : учеб. для вузов / Кузин Б.И., Юрьев В.Н., Шахдинаров Г.М. – СПб., 2001. – С.212.
4. Родина Л.А. Формирование модели информационного обеспечения управленческой деятельности / Л.А. Родина. – СПб., 2004. – С.7.
5. Репин В.В. Процессный подход к управлению: Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов – [2-е изд.]. – М., 2005. – С. 123.
6. Неуймин Я.Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика / Я.Г. Неуймин. – Л., 1984. – С.45.
7. Большаков А.С. Моделирование в менеджменте : учеб. пособ. / А.С. Большаков. – М., 2000. – С.45.
8. Моделювання і прогнозування для проектів геоінформаційних систем / [Морозов В.В., Плоткін С.Я., Поляков М.Г. та ін.] ; за ред. проф. В.В. Морозова. – Херсон, Вид-во ХДУ, 2007 – 328 с.
9. Морозов В.В. Основи системного аналізу в гідромеліорації : навч. посіб. / В.В. Морозов. – Херсон; Вид-во ХДУ, 2008. – 64 с.
10. What's new in ArcGIS Desktop 9.0. – Published by ESRI, 2004. – 136 p.
11. Using ArcGIS Spatial Analyst. – Published by ESRI, 2002. 238 p.
12. Using ArcMap. – Published by ESRI, 2002. –538 p.
13. Using ArcGIS Survey Analyst. – Published by ESRI, 2002. –310 p.
14. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. – Published by ESRI, 2002. –306 p.
15. Бестужев-Лада И.В. Нормативное социальное прогнозирование / И.В. Бестужев-Лада. – М.,1993.
16. Бестужев-Лада И.В. Поисковое социальное прогнозирование / И.В. Бестужев-Лада. – М.,1984.
17. Бестужев-Лада И.В. Прогнозное обоснование социальных нововведений / И.В. Бестужев-Лада. – М., 1993.
18. Бестужев-Лада И.В. Технология прогнозных разработок социальных процес сов / И.В. Бестужев-Лада, Г.А. Наместникова. – М.: Поиск, 1992.
19. Грешилов А.А. Математические методы построения прогнозов / Грешилов А.А., Стакун В.А., Стакун А.А. – М. : Радио и связь, 1997. – 112 с.
20. Доугерти К. Введение в эконометрику / К. Доугерти. – М. : Инфра-М, 2001. – 402 с.

21. Згуровський М. Технологічне передбачення як інструмент прийняття стратегічних рішень / М. Згуровський // Дзеркало тижня. – 2001. – №39.
22. Матвієнко В.Я. Прогностика / В.Я. Матвієнко. – К. : Українські пропілеї, 2000. – 484 с.
23. Рабочая книга по прогнозированию ; отв. ред. И.В. Бестужев-Лада. – М. : Мысль, 1982.
24. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Э. Янч. – М., 1974.
25. Андреенков В.Г. Математические методы анализа и интерпретации социологических данных / В.Г. Андреенков. – М., 1989.
26. Баласанов Ю.Г. Экспериментальные временные ряды: Интерактивный статистический анализ / Баласанов Ю.Г., Дойников А.Н., Королева М.Ф. – М. : Диалог, 1991. – 316 с.
27. Виноградов В.Н. Законы общества и научное предвидение / В.Н. Виноградов, С.А. Гончарук. – М., 1972.
28. Добров Г.М. Прогнозирование науки и техники / Г.М. Добров. – М., 1977.
29. Князевский В.С. Анализ временных рядов и прогнозирование / В.С. Князевский, И.В. Житников. – Ростов н/Д : Рост. гос. экон. акад., 1998. – 161с.
30. Основы экономического и социального прогнозирования ; под ред. В.Н. Мосина, Д.М. Крука. – М. : Высшая школа, 1985.
31. Мазманова Б.Г. Методические вопросы прогнозирования сбыта / Б.Г. Мазманова // Маркетинг в России и за рубежом. – 2000. – №1.
32. Социальное прогнозирование и моделирование. – М., 1995.
33. Социальные конфликты: экспертиза, прогнозирование, технология решения. – М., 1992.
34. Суворов Л.Н. Социальное прогнозирование / Л.Н. Суворов, А.Н. Аверин. – М., 1984.
35. Черников Д.А. Прогнозирование темпов и пропорций экономического роста / Д.А. Черников. – М., 1983.
36. Адреса в Интернет: www.victoria.lviv.ua
37. Морозов В.В. Застосування нейромоделей для прогнозування нестационарних хімічних показників зрошувальної води (на прикладі Інгулецького магістрального каналу) / В.В. Морозов, В.І. Пічура // Актуальні проблеми та перспективи розвитку водного господарства і меліорації земель : збірник матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон: РВВ “Колос”, 2009. – 130-132 с.
38. www.neuroproject.ru/neuro.php
39. Прогностика. Терминология. – М., Наука, 1978. – Вып. 92.

40. Миколайчук Н.С. Науково-технічне прогнозування : навч. посіб. / Миколайчук Н.С., Джерелюк Ю.О., Миколайчук М.М. – Херсон: ХНТУ, 2005. – 280с.
41. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
42. Чоговадзе Г.Г. Информация: информация, общество, человек / Г.Г. Чоговадзе. – М. : ООО Дата+, 2003. – 320с.
43. Адреса в Интернет: <http://www.victoria.lviv.ua/html/oio/html/theme5.htm>
44. Адреса в Интернет:
<http://www.statsoft.ru/home/products/version6/snn.htm>
45. Адреса в Интернет: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/inb/2006-1/06knmznd.html>
46. Адреса в Интернет: <http://www.rozum.org.ua>
47. Методи прогнозування. Опорний конспект лекцій для студентів спеціальності 6.050102 "Економічна кібернетика" / Б.М.Юськів. – Рівне: РДГУ, 2003. – 54 с.
48. Лазер П.Н. Инструментарій і технології організації інформації в землеробстві : навч. посіб. [для студ. агрономіч. спец.] / П.Н. Лазер, Є.К. Міхеєв. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. – 372 с.
49. Quenouille M. H. The Analysis of Multiple Time Series / M.H. Quenouille. — London: Charles Griffin, 1957.
50. Box G. E. P. and Jenkins G. M. Time Series Analysis, Forecasting and Control, rev. Ed. – San Francisco: Holden-Day, 1976.
51. Адреса в Интернет: <http://www.iet.ru>
52. Головка В.А. Нейроинтеллект: Теория и применения / В.А. Головка. – Брест : БПИ, 1999 – . –
Книга 1. Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями. – 1999. – 260 с.
Книга 2. Самоорганизация, отказоустойчивость и применение нейронных сетей. – 1999. – 228 с.
53. Нейронные сети. Statistica Neural Networks. – М. : Горячая линия – Телеком, 2001. – 182 с.
54. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей / А.Н. Горбань. – М. : Изд. СССР-США СП "ParaGraph", 1990. – 160 с.
55. Горбань А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. – Новосибирск : Наука, 1996. – 276 с.

56. Hopfield J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities / J.J. Hopfield // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1982. Vol. 79. P.2554-2558. Адрес в Интернет http://www-windows-1251.edu.yar.ru/russian/misc/eco_page/bioind/index.html
57. Machine Learning, Neural and Statistical Classification ; Ed. D. Mitchie et al. – Ellis Horwood, Chichester, UK, 1994. – 304 p.
58. Anil K. Jain, Jianchang Mao, K.M. Mohiuddin _Artificial Neural Networks: A Tutorial, Computer, Vol.29, No.3, March/1996, pp. 31-44.
59. Адреса в Интернет: http://www.neuroproject.ru/forecasting_tutorial.php

*“Дайте словам вільне тлумачення і
Ви звільните світ від половини помилок”
Рене Декарт – французький філософ, математик і
фізик XVII століття*

ГЛОСАРІЙ

| | |
|--|---|
| Автоматизована система | Комплекс технічних, програмних, інших засобів і персоналу, призначений для автоматизації різних процесів. |
| Автентичність | В обробці даних – властивість даних бути справжніми, що означає, що – дані були створені законними учасниками інформаційного процесу; і – дані не піддавалися випадковим або навмисним спотворенням. |
| Автоматизована обробка даних | Обробка даних, що виконується засобами обчислювальної техніки. |
| Автоматизована система наукових досліджень (АСНД) | Система призначена для автоматизації наукових експериментів, а також для здійснення моделювання досліджуваних об'єктів, явищ і процесів, вивчення яких традиційними засобами утруднено або неможливо. |
| Автоматизована система управління (АСУ) | Сукупність математичних методів, технічних засобів і організаційних комплексів, що забезпечують раціональне управління складним об'єктом або процесом відповідно до заданої мети. У складі АСУ виділяють: основну частину, в яку входять інформаційне, технічне і математичне забезпечення; і функціональну, до якої відносять взаємозв'язані програми, які автоматизують конкретні функції управління. |

**Автоматизоване
робоче місце (АРМ)**

Індивідуальний комплекс технічних і програмних засобів, що призначений для автоматизації професійної праці фахівця і забезпечує підготовку, редагування, пошук і видачу на екран і друк необхідних йому документів і даних. Автоматизоване робоче місце забезпечує оператора всіма засобами, необхідними для виконання певних функцій.

Агроландшафт

Ландшафт, основу якого становлять сільськогосподарські угіддя та лісові насадження, зокрема лісосмуги й інші захисні насадження;

Модифіковані антропогенними впливами природні ландшафти.

Агроекологія

Це наука про формування сталої агросфери, що покликана шукати шляхи розв'язання відповідних проблем як для сьогодення, так і для майбутнього.

Агроекосистема

Природно-виробнича система, що створена з метою одержання доброякісної сільськогосподарської продукції за рахунок використання відновлювальної здатності енергетично-ресурсного потенціалу компонентів ландшафту.

Агросфера

Частина поверхні Землі, що охоплена усіма проявами агропромислової діяльності людини. Подальший розвиток А. має призвести до необхідності збереження і раціонального використання природних ресурсів, біорізноманіття. Напр., загальна площа України становить майже 60,3 млн га, з них 70% припадає на сільськогосподарські угіддя, у т.ч. на 58% території ведеться інтенсивне с.-г. виробництво.

| | |
|--|--|
| Агроекологічний потенціал | Здатність ґрунтів виконувати функцію сільськогосподарських угідь, створювати оптимальні умови для росту і розвитку сільськогосподарських рослин, а також підтримувати екологічну рівновагу в агроландшафтах і природному середовищі. |
| Адекватність інформації | Рівень відповідності образу, що створюється за допомогою одержаної інформації, реальному об'єкту, процесу, явищу і т.п. |
| Антропогенний вплив на ландшафт | Вплив виробничої та невиробничої діяльності на властивості ландшафту. |
| Антропогенна зміна ландшафту | Зміна властивостей ландшафту під впливом антропогенних дій. |
| Агрохімічне обстеження ґрунтів | Обов'язкове суцільне обстеження сільськогосподарських угідь з метою державного контролю за зміною показників родючості і забруднення ґрунтів. |
| Антропогенне навантаження | Комплекс антропогенних чинників, що впливають на стан компонентів біосфери, здоров'я населення. |
| Апаратні засоби | Це комп'ютер, на якому запущено ГІС. Нині ГІС працюють на різних типах комп'ютерних платформ – від централізованих серверів до окремих або зв'язаних настільних комп'ютерів. |

Атмосфера

Газова оболонка землі, а саме – атмосферне повітря, атмосферна волога, кліматоутворювальні процеси, радіаційно-тепловий режим, що впливають на формування геологічних і ґрунтоутворювальних процесів геосередовища, життєдіяльність біоти.

База даних

Сукупність даних організованих за певними правилами, що встановлюють загальні принципи описання, зберігання та маніпулювання даними.

База знань

Сукупність знань про деяку наочну галузь, на основі якої можна приймати рішення.

Основна частина експертних систем, в яких за допомогою бази знань представляються навички і досвід експертів, які розробляють евристичні підходи в ході рішення проблем.

Зазвичай база знань є набором фактів і правил, що формалізують досвід фахівців у конкретній наочній галузі і дозволяють давати відповіді на питання про неї.

Банки даних

Інформаційні процеси централізованого зберігання тематичних даних вміщують зафіксовані значення безпосередніх характеристик (вимірів) стану та умов функціонування різних компонентів природно-агромеліоративних геосистем.

Банки даних ГІС

Вміщують просторову інформацію у вигляді відповідним чином закодованих шарів однорідних картографічних даних, а також просторово прив'язаної до конкретної території або точки спостереження атрибутивної інформації.

Банки даних базової інформації

Блоки характеристик параметрів природно-меліоративних систем, що змінюються доволі повільно, зумовлюють умови стійкості земель щодо деградації або є діагностичними для ідентифікації однорідних природно-меліоративних масивів.

Банки даних оперативної інформації

Блоки, що наповнюються за рахунок прямого отримання результатів спостережень та вимірів. Інформація надходить з об'єктів моніторингової мережі спостережень, точок контролю або фіксації показників стану і стосується даних з оцінювання змін параметрів за площею та певний проміжок часу.

Банки даних сумарної інформації

Синтезована базова та оперативна інформація: моделі, діаграми, карти і статистичні характеристики тощо. Основа для розробки сценаріїв та їх відображення у системах підтримки управлінських рішень.

Блоки нормативно-методичної документації

Комплект нормативно-методичних, правових та законодавчих документів на регламентацію моніторингових робіт, технологій виробництва, природоохоронних заходів, стандартів тощо.

| | |
|-----------------------------|--|
| Буферна зона (Буфер) | Полігональний шар, утворений шляхом розрахунку і побудови еквідистант або еквідистантних ліній, рівновіддалених щодо безлічі точкових, лінійних або полігональних просторових об'єктів. |
| Бонітет ґрунту | Умовний показник якісних характеристик ґрунту з одночасним встановленням рівня урожайності вирощених на ньому с.-г. культур; застосовують як сумарний показник його родючості. |
| Взаємодія екосистем | Взаємний вплив екосистем через абіотичні та біотичні зв'язки. В.е. визначається їх геоморфологічним положенням у ландшафті, умовами міграції хімічних елементів та характером біотичних компонентів. |
| Візуалізація | Графічне відтворення; Відображення. У ГІС- проектування і генерація зображень на пристроях відображення на основі початкових цифрових даних, а також правил і алгоритмів їх перетворення. |
| Візуальна інформація | Дані, що відображаються на екрані дисплея, телевізора, табло. |
| Внутрішня інформація | Інформація про компанію, яку ще не було опубліковано. |
| Виховання екологічне | Формування у людини свідомого сприйняття навколишнього природного середовища, почуття соціальної відповідальності за діяльність, яка пов'язана з перетворенням навколишнього середовища, бережливого ставлення до природи і розумного використання її ресурсів. В.е. досягається за допомогою комплексу навчання і пропаганди. |

Водогосподарський моніторинг (ВГМ)

Підсистема моніторингу меліорованих земель (ММЗ), яка охоплює спостереженнями складові природно-технічних геосистем, що характеризують фактори зовнішнього і, насамперед, техногенного впливу на геосередовище, технічний стан зрошувальних систем і водогосподарських об'єктів, стан водних ресурсів, забруднення та якість поверхневих, поливних і дренажно-скидних вод, рентабельність водогосподарських об'єктів, меліоративних заходів і технологій. Підсистемою узагальнюються результати спостережень, оцінюється та оптимізується використання водних ресурсів, еколого-економічного нормування режимів зрошення, параметрів та режимів експлуатації водогосподарських об'єктів, визначаються пріоритети їхньої реконструкції, обґрунтовуються екологічно безпечні технології очищення та використання води, створення відповідних автоматизованих систем управління та систем підтримки управлінських рішень.

Водний баланс, елементи водного балансу

Співвідношення приходу і витрат з урахуванням змін її запасів за обраний інтервал часу для об'єкта, що розглядається; складові рівняння водного балансу, що характеризують прихід, витрати і зміни запасів води.

Водний режим

Зміна у часі рівнів, витрат, об'ємів води у водних об'єктах і ґрунтах.

Водні ресурси

Запаси поверхневих і підземних вод території, що розглядається.

| | |
|--|--|
| Водне господарство | Галузь господарства, яка займається вивченням, підрахунками, плануванням комплексного використання, регулювання водних ресурсів, охороною вод від забруднення, виснаження |
| Геосистема | Матеріальний об'єкт (або клас полігеокомпонентних систем), що складається із взаємозумовлених і взаємозв'язаних у розташуванні природних та техногенних компонентів, які розвиваються у часі як частина цілого. Основними підсистемами природно-технічних геосистем є геологічне середовище, атмосфера, поверхнева геосфера, біота, об'єкти техносфери. |
| Геологічне середовище (геосередовище) | Багатокомпонентна динамічна система, що охоплює верхню частину літосфери, яка знаходиться під техногенним впливом. Основними її складовими (компонентами) є гірські породи, ґрунти, підземні води, рельєф та геоморфологічна будова, форми прояву геологічних, інженерно-геологічних і ґрунтоутворювальних процесів. Зовнішніми факторами щодо геосередовища у межах геосистеми є атмосфера, поверхнева гідросфера, біота і техносфера. Геосередовище є літогенною основою ландшафтів, гео- та екосистем різного рангу як природних, так і техногенних. |
| Геоінформаційна система (ГІС) | Комп'ютерна система для збору, перевірки, інтеграції та аналізу просторово – часової інформації, що являє собою набір підсистем збору, збереження та вибірки даних, маніпулювання даними та аналізу; виведення та представлення просторово- |

координованої інформації (картографічної та атрибутивної у вигляді таблиць, діаграм, моделей тощо).

Визначення «географічна» у назві географічних інформаційних систем і геоінформаційних технологій є, за суттю, синонімом просторової інформації.

Геоінформаційна технологія (ГІС-технологія)

Комп'ютерна технологія вводу, збереження, обробки і подання просторово розподілених даних.

Геоінформаційне картографування

Галузь картографії, що займається автоматизованим складанням і використанням карт на основі Геоінформаційних технологій і баз географічних знань.

Геоінформаційний аналіз

Аналіз розміщення, структури, взаємозв'язків об'єктів і явищ з використанням методів просторового аналізу і геомодельовання.

Географічні дані

Просторові дані – цифрові дані про просторові об'єкти, що включають відомості про їх місцеположення і властивості, просторові і непросторові атрибути.

Генералізація просторових даних

У ГІС – узагальнення позиційних і атрибутивних даних про просторові об'єкти в автоматичному або інтерактивному режимах з використанням операторів генералізації.

Гідрометричні роботи

Комплекс робіт, які проводяться на водних об'єктах для замірів характеристик гідрологічного режиму.

| | |
|---|--|
| Графічна інформація | Відомості або дані, представлені у вигляді схем, ескізів, зображень, графіків, діаграм, символів. |
| Гранично допустима концентрація (ГДК) забруднювальних речовин у ґрунті | Максимально допустима кількість забруднювальних речовин у ґрунтах, що не зумовлює негативних екологічних наслідків для їх родючості, загального стану довкілля, якості сільськогосподарської продукції та стану здоров'я людини. |
| Гранично-допустима концентрація (ГДК) речовин у воді | Концентрація речовин у воді, вище якої вода непридатна для одного чи кількох видів водокористування. |
| Ґрунт | Природно-історичне органо-мінеральне тіло, що утворилося на поверхні земної кори і є осередком найбільшої концентрації поживних речовин, основою життя та розвитку людства завдяки найціннішій своїй властивості – родючості. |
| Ґрунтовий покрив | Сукупність ґрунтів, що вкривають земну поверхню. |
| Ґрунтова маса | Знятий родючий шар ґрунту. |
| Ґрунтове обстеження | Визначення генетичної будови та властивостей ґрунтів, структури ґрунтового покриву. |
| Гумус | Органічна складова частина ґрунту, яка утворюється в процесі біохімічного розкладу рослинних і тваринних решток та формує його родючість. |

Дані – відомості

Одержані шляхом вимірювання, спостереження, логічних або арифметичних операцій і представлені у формі, придатній для постійного зберігання, передачі і (автоматизованої) обробки. Це, ймовірно, найбільш важливий компонент ГІС. Дані про просторове положення (географічні дані) і пов'язані з ними табличні дані можуть збиратися і готуватися самим користувачем або отримуватися у постачальників на комерційній або іншій основі.

Данні дистанційного зондування (ДДЗ)

Дані про поверхню Землі, об'єкти, які розташовані на ній або в її надрах, одержані в процесі знімання будь-якими неконтактними, тобто дистанційними методами.

Дистанційне зондування

Науковий напрям для проведення вимірювань земної поверхні з використанням сенсорів, таких як різні камери на борту літальних апаратів, приймачі системи глобального позиціонування або інших пристроїв.

Довкілля (навколишнє середовище)

Середовище існування та виробничої діяльності людини; система взаємопов'язаних природних та антропогенних об'єктів. Сприймається як цілісна складна природно-технічна геосистема, що без порушення межі її стійкості здатна до саморегулювання і самовідновлення, тобто така, що припускає антропогенне втручання в природні процеси лише у певному діапазоні навантаження, за якого не порушається стійкість системи.

| | |
|--|---|
| | Природно-агромеліоративні геосистеми різних ієрархічних рівнів та їх компоненти є основними об'єктами моніторингу меліорованих земель. |
| Деградація ґрунтів | Погіршення корисних властивостей та родючості ґрунту внаслідок впливу природних чи антропогенних факторів. |
| Деградація земель | Природне або антропогенне спрощення ландшафту, погіршення стану, складу, корисних властивостей і функцій земель та інших органічно пов'язаних із землею природних компонентів. |
| Допустимий антропогенний вплив на природне середовище | Той, що не порушує стабільне функціонування екосистеми та не викликає у майбутньому несприятливих наслідків, насамперед для людини. |
| Достовірність інформації | Властивість інформації бути правильно сприйнятою. Зазвичай достовірність інформації досягається: <ul style="list-style-type: none"> - вказівкою часу звершення подій, відомості про які передаються; - зіставленням даних, одержаних з різних джерел; - виключенням спотвореної інформації тощо. |
| Екологічна безпека | Такий стан навколишнього природного середовища, за якого забезпечується мінімізація погіршення екологічної ситуації та виникнення небезпеки для здоров'я людей. |

Екологічна норма

1. Обов'язкові межі, що забезпечують збереження екологічного благополуччя екосистем, геосистем та їхніх компонентів (грунтів).

2. Обмеження рівнів впливу господарської та іншої діяльності, які встановлюються відповідно до природоохоронного законодавства і спрямовані на регулювання питань раціонального природокористування й охорони навколишнього природного середовища (екологічні нормативи, регламенти, правила, вимоги).

Екологічне благополуччя екосистеми (геосистеми)

Оптимальні умови існування екосистеми (геосистеми), які забезпечують стабільність її структурних та функціональних характеристик.

Екологічне нормування

Діяльність з метою встановлення екологічних норм і забезпечення оптимального управління екологічними функціями.

Екологічний норматив антропогенного навантаження

Науково обґрунтовані критерії гранично-допустимого впливу антропогенних чинників, що не змінює якості навколишнього природного середовища, або змінює його в припустимих межах і гарантує екологічну безпеку для людини та інших організмів.

Екологічний норматив якості об'єктів навколишнього природного середовища (атмосферне повітря, ґрунти, води та ін.)

Науково обґрунтовані критерії (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні) екологічного благополуччя екосистем, ландшафтів, природно-територіальних комплексів.

Еколого-меліоративна стійкість земель щодо зрошення

Здатність геологічного середовища протистояти впливу зрошувальних меліорацій.

Еколого-меліоративний моніторинг (ЕММ)

Підсистема моніторингу меліорованих земель (ММЗ), яка охоплює спостереженнями ті компоненти природно-меліоративних геосистем, що характеризують геологічне середовище як агро-ландшафт, основу ландшафтів і агро-ландшафтів, еколого-меліоративний стан земель та їхню стійкість, стан забруднення ґрунтів і підземних вод, геоекологічні і ґрунтоутворювальні процеси.

Підсистемою узагальнюються результати спостережень, здійснюється оцінювання впливу водних меліорацій на довкілля, екологічне нормування діючих навантажень на землі та визначення пріоритетів під час їх використання, обґрунтовуються технології екологічно безпечного і економічно доцільного зрошення, оптимізується комплекс природоохоронних заходів з розробкою відповідних сценарії підтримки управлінських рішень.

Еколого-меліоративний стан (ЕМС) земель

Комплексна характеристика геологічного середовища, що зазнало впливу зрошувальних меліорацій на певні проміжки часу.

Екологічні вимоги

Комплекс положень, умов, виконання яких є необхідним для дотримання екологічних нормативів.

| | |
|---|--|
| Екологічні нормативи | Науково обґрунтовані критерії максимально допустимих змін природних властивостей об'єктів нормування (грунтів) та максимально допустимих рівнів впливу на навколишнє природне середовище будь-якого виду діяльності. |
| Екологічні правила | Порядок здійснення різних видів діяльності, встановлений з метою дотримання чинних екологічних нормативів та екологічних регламентів. |
| Екологічні регламенти | Кількісні та якісні обмеження діяльності людей, спрямовані на дотримання чинних екологічних нормативів. |
| Екологічний критерій якості води | Критерій якості води, що враховує умови нормального функціонування водної екологічної системи у часі. |
| Експертна система | Інтелектуальна комп'ютерна програма, що містить знання та аналітичні здібності одного або кількох експертів відносно деякої галузі застосування і здатна робити логічні висновки на основі цих знань, тим самим забезпечуючи вирішення специфічних завдань (консультування, навчання, діагностика, тестування, проектування тощо) без присутності експерта (фахівця у конкретній проблемній галузі). |
| Елементарний об'єкт | Має структурований опис семантичних і графічних атрибутів, а також фактів і характеру його взаємодії з іншими об'єктами. |

| | |
|----------------------------|---|
| Електронна карта | Програмно-кероване картографічне зображення, візуалізоване з використанням програмних і технічних засобів у прийнятій для карт проекції і системі умовних знаків. Електронна карта базується на основі даних цифрових карт або баз даних ГІС. |
| Забруднення ґрунтів | Накопичення в ґрунтах речовин у кількості, що негативно впливає на їхню родючість та інші корисні властивості. |
| Забруднення вод | Надходження до водного об'єкта забруднювальних речовин, мікроорганізмів або тепла. |
| Зрошення земель | Штучне зволоження ґрунту для підвищення його родючості. |
| Зрошувані землі | Землі, на яких є постійна або тимчасова зрошувальна мережа, пов'язана з джерелом зрошення, водні ресурси якого забезпечують полив цих земель. |
| Зрошувальна система | Гідромеліоративна система для зрошення земель. |
| Зрошувальна мережа | Гідромеліоративна мережа для подання води від джерела води до поливної ділянки. |
| Земля | Поверхня суші з ґрунтами, корисними копалинами та іншими природними елементами, що органічно поєднані та функціонують разом з нею. |

| | |
|---|--|
| Земельні ресурси | Сукупний природний ресурс поверхні суші як просторового базису розселення та певної діяльності людини, основний засіб виробництва в сільському та лісовому господарстві. |
| Земельні відносини | Це суспільні відносини щодо володіння, користування і розпорядження землею. |
| Земельна інформаційна система (ЗІС) | Географічна інформаційна система земельно-ресурсної і земельно-кадастрової спеціалізації. |
| Землі сільськогосподарського призначення | Землі, надані для виробництва сільськогосподарської продукції, здійснення сільськогосподарської науково-дослідної та навчальної діяльності, розміщення відповідної виробничої інфраструктури або призначені для цих цілей. |
| Землі природно-заповідного фонду | Це ділянки суші і водного простору з природними комплексами та об'єктами, що мають особливу природоохоронну, екологічну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність, яким відповідно до закону надано статус території та об'єктів природно-заповідного фонду. |
| Землі рекреаційного призначення | Землі, які використовуються для організації відпочинку населення, туризму та проведення спортивних заходів |
| Інтерпретація даних | Сукупність припущень про характер даних, одержаних в результаті вимірювання і що підлягають аналізу. |

| | |
|-----------------------------|---|
| Інтерполяція даних | Основна робота в цій галузі складається з конверсії даних, пов'язаних з точками проведення вимірювань до створення повноцінної карти. |
| Інтерфейс | Комплекс технічних і (або) програмних засобів, які дозволяють забезпечити діалогову взаємодію між користувачем і комп'ютером без використання мов програмування. |
| Інформаційні процеси | Процеси збору, обробки, накопичення, зберігання, пошуку і розповсюдження інформації. |
| Інформаційний підхід | Метод наукового пізнання об'єктів, процесів або явищ природи і суспільства, згідно з яким в першу чергу виявляють і аналізують найбільш характерні інформаційні аспекти, що визначають функціонування і розвиток об'єктів, що вивчаються. |
| Інформація | Відомості про осіб, предмети, факти, події, явища і процеси незалежно від форм їх уявлення. Інформація зменшує ступінь невизначеності, неповноту знань про осіб, предмети, події тощо. |
| Ієрархія геосистем | Структурна та функціональна супідрядність геосистем різного рівня організації, яка базується на картографічного виявленні їхньої просторової мозаїки. |

Ієрархія

Розміщення та функціональна підпорядкованість елементів цілого від вищого до нижчого (або навпаки); розглядається як основний принцип структурної організації складних багаторівневих систем.

У кожній ієрархічно побудованій системі має місце як структурна, так і функціональна диференціація, тобто кожний рівень спеціалізується на виконанні певного кола функцій. На вищих рівнях здійснюється переважно функції інтеграції, на нижчих – диференціації.

Ієрархія геосистем просторово-часова

Ієрархія геосистем, яка розглядається водночас у просторі й часі з урахуванням їх трансформації (змін) та еволюційно-історичного розвитку.

Інформаційне забезпечення

Сукупність масивів інформації (бази знань, баз даних, банків даних та інших структурних наборів даних), систем кодування, класифікації, оцінювання і відповідної документації, що обслуговує систему обробки даних (поряд з програмним та апаратним забезпеченням).

Інформаційне суспільство

Концепція постіндустріального суспільства; нова історична фаза розвитку цивілізації, в якій головними продуктами виробництва є інформація і знання. Відмінними рисами інформаційного суспільства є:

- збільшення ролі інформації і знань в житті суспільства;

- зростання частки інформаційних комунікацій, продуктів і послуг у валовому внутрішньому продукті;

- створення глобального інформаційного простору, що забезпечує: ефективну інформаційну взаємодію людей; їх доступ до світових інформаційних ресурсів; задоволення їх потреб в інформаційних продуктах і послугах.

Інформаційно-довідкова інформація

Загальнодовідкова інформація щодо об'єктів дослідження, умов ведення контролю у різних природно-меліоративних регіонах (позиційні коди, каталоги, кадастри тощо), організована за тематичними модулями.

Інформаційні технології (ІТ)

Засновані на інформаційних процесах, які можна розділити на 3 великі групи: отримання інформації; її обробка; представлення. Ці процеси забезпечуються, у свою чергу, процесами зберігання і передачі інформації, введення – обробка (зберігання) передача – виведення.

Карта

Це дуже ефективний і інформативний спосіб зберігання, уявлення і передачі географічної (що має просторову прив'язку) інформації.

Картографічна база даних

Сукупність взаємопов'язаних картографічних даних з певної наочної галузі, представлена в цифровій формі за дотримання загальних правил опису, зберігання і маніпулювання даними.

Картографічний банк даних

Комплекс технічних, програмних, інформаційних і організаційних засобів зберігання, обробки і використання цифрових картографічних даних. До складу картографічного банку даних входять: картографічні бази даних з однієї

або декількох наочних галузей; система управління базами даних; бібліотеки запитів і прикладних програм.

Консервація земель

Припинення господарського використання на визначений термін та залуження або заліснення деградованих і малопродуктивних земель, господарське використання яких є екологічно та економічно неефективним, а також техногенно забруднених земельних ділянок, на яких неможливо одержувати екологічно чисту продукцію, а перебування людей на цих земельних ділянках є небезпечним для їх здоров'я.

Ландшафт

Генетично однорідна територіальна схема, що складається із взаємозв'язаних природних чи природних і антропогенних комплексів.

Ландшафтні меліорації

Система меліоративних заходів, спрямованих на поліпшення умов виконання ландшафтом соціально економічних функцій.

Моніторинг земель

Це система спостереження за станом земель для своєчасного виявлення змін, їх оцінювання, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів.

| | |
|---|--|
| Моніторинг меліорованих земель (ММЗ) | Багатоцільова спостережно-інформаційна система, що включає одержання та обробку даних про стан меліорованих і прилеглих до них земель, водогосподарських об'єктів і діючих технологій зрошувального землеробства; оцінювання і прогноз негативних процесів, обґрунтування заходів для її попередження та ліквідації. Складова частина державного моніторингу довкілля. Включає дві підсистеми – еколого-меліоративну і водогосподарську, об'єднані на основі єдиної уніфікованої системи інформаційної підтримки управлінських рішень. |
| Меліорація | Галузь народного господарства, яка охоплює питання поліпшення природних умов земель, що використовуються. |
| Меліоровані землі | Землі меліоративного фонду, на яких здійснюється меліорація. |
| Меліоративний режим | Сукупність вимог до регульованих показників ґрунтоутворювального процесу. |
| Методи | Це набір алгоритмів з обробки баз даних. |
| Мова карти | Знакова система, що включає умовні позначення, способи картографічного зображення, правила їх побудови, вживання і читання, тобто граматику мови карти (map language grammar) для цілей створення і використання карт. М.к. формується в процесі суспільно-історичної практики людства, забезпечуючи зберігання і передачу картографічної інформації і у деяких випадках (наприклад, в науках про Землю) виконує роль мови науки. |

| | |
|---|--|
| Навколишнє природне середовище | Сукупність природних і природно-соціальних умов та процесів, природні ресурси, залучені у господарський обіг або ті, що не використовуються нині (земля, надра, води, атмосферне повітря, ліс та інша рослинність, тваринний світ), природні та природно-антропогенні ландшафти. |
| Науково-технічна інформація(НТІ) | Документована інформація, що виникає в результаті наукового і технічного розвитку, а також інформація, якої потребують керівники, інженерні і технічні науковці в процесі своєї діяльності, включаючи спеціалізовану економічну і нормативно-правову інформацію. |
| Нормативно-довідкова система | Комплекс спеціалізованих нормативно-регламентуючих блоків, що включають класифікатори, систему ідентифікації об'єктів, критеріальну та діагностично-оцінювальну бази, системи обмежень та нормування, класифікації тощо. |
| Норматив екологічної безпеки | Науково обґрунтовані критерії безпеки і (або) нешкідливості чинників навколишнього природного середовища для людини та інших живих організмів. |
| Обробка даних | Процес виконання послідовності операцій над даними. Обробка даних може здійснюватися в інтерактивному і фоновому режимах. |

| | |
|--|--|
| Охорона природи | Система заходів, спрямована на підтримку раціональної взаємодії між діяльністю людини і навколишнього природного середовища, що забезпечує зберігання і поновлення природних багатств, раціональне використання природних ресурсів, попереджає прямий і побічний вплив результатів діяльності суспільства на природу і здоров'я людей. |
| Охорона навколишнього природного середовища | Комплекс міжнародних, державних, регіональних та місцевих заходів (адміністративних, господарських, політичних, громадських) щодо підтримування параметрів (фізичних, хімічних і біологічних) функціонування природних систем у межах, що забезпечують здоров'я і добробут людини та екологічну рівновагу. |
| Охорона водних ресурсів | Заходи, спрямовані на збереження кількості і якості поверхневих і підземних вод. |
| Охорона ґрунтів | Система правових, організаційних, технологічних та інших заходів, спрямованих на збереження і відтворення родючості, цілісності ґрунтів, їхній захист від деградації, на ведення сільськогосподарського виробництва з дотриманням ґрунтозахисних технологій, забезпеченням екологічної безпеки довкілля. |
| Охорона земель | Система правових, організаційних, економічних, технологічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель, запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського призначення для |

несільськогосподарських потреб, захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності земель лісового фонду, забезпечення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення.

Передача даних

У широкому сенсі – процес передачі даних каналом зв'язку від джерела до приймача. Розрізняють синхронну і асинхронну передачу даних.

Поверхнева гідросфера

Гідрографічна мережа постійних або тимчасових водотоків, річок, озер, боліт тощо на будь-якій території, що формує умови поверхневого стоку, систему базисів ерозії, зон живлення та розвантаження підземних вод тощо.

Порушені землі

Землі, які зазнали змін щодо структури рельєфу, стану ґрунтів, материнських порід та гідрологічного режиму внаслідок проведення гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт.

Порушення еколого-гігієнічної рівноваги

Такий стан навколишнього середовища, що може несприятливо вплинути на існування людини, рослинного, тваринного світу та порушити біологічний зв'язок між ними в умовах комплексного антропогенного забруднення природного середовища.

Представлення просторових даних (Модель просторових даних)

Спосіб цифрового опису просторових об'єктів, тип структури просторових даних. Найбільш споживаними уявленнями є: векторне, растрове, регулярно-чарункове і квадротомічне.

Прикладне програмне забезпечення

Програмне забезпечення, що складається з:

- окремих прикладних програм і пакетів прикладних програм, призначених для вирішення різних завдань користувачів;
- автоматизованих систем, створених на основі цих (пакетів) прикладних програм.

Програмне забезпечення (ПЗ)

Комплекс програм:

- що забезпечують обробку або передачу даних;
- призначених для багатократного використання і застосування різними користувачами.

За видами виконуваних функцій програмне забезпечення підрозділяють на системне, прикладне і інструментальне.

Програмне забезпечення – згідно з ГОСТ 19781-90 – сукупність програм системи обробки інформації і програмних документів, необхідної для їх експлуатації.

Програмне забезпечення ГІС

Містить функції та інструменти, необхідні для зберігання, аналізу і візуалізації географічної (просторовій) інформації.

Ключовими компонентами програмних продуктів є:

- інструменти для введення і операції географічною інформацією;

- система управління базою даних (DBMS або СУБД);
- інструменти підтримки просторових запитів, аналізу і візуалізації (відображення);
- графічний призначений для користувача інтерфейс (GUI) для легкого доступу до інструментів.

Просторовий аналіз

Група функцій, що забезпечують аналіз розміщення, зв'язків і інших просторових відношень просторових об'єктів, включаючи аналіз зон видимості/невидимості, аналіз сусідства, аналіз мереж, створення і обробку цифрових моделей рельєфу і ін.

Просторові дані

Цифрові дані про просторові об'єкти, що включають відомості про їх місцезнаходження і властивості, просторові і непросторові атрибути.

Природокористування раціональне

Система діяльності, що виходить з необхідності максимального збереження встановлених глобальних, регіональних, локальних системних закономірностей, екологічної рівноваги, покликаних забезпечити найбільш ефективний режим відновлення й економної експлуатації природних ресурсів без шкоди для середовища та існування людини й інших організмів.

Показники еколого-меліоративного стану (ЕМС) земель

Параметри та їхні критерії, що характеризують еколого-меліоративний стан (ЕМС) земель (гідрогеологічні, інженерно-геологічні, ґрунтово-меліоративні, забруднення ґрунтів і вод).

Природно-сільськогосподарське, еколого-економічне, протиерозійне та інші види районування (зонування) земель

Це поділ території з урахуванням природних та агробіологічних вимог щодо вирощування сільськогосподарських культур, а також територій, які мають відповідну схожість за визначеними ознаками.

Растр

1. Оптичні ґрати з прозорими і непрозорими елементами (лініями з певною частотою), які називають лінеатурою **Р**. і використовують під час поліграфічного відтворення півтонових зображень;
2. Сімейство горизонтальних паралельних ліній, які створюють зображення на електронно-променевої трубки монітора або кінескопа телевізійного пристрою.
3. Засіб цифрового представлення зображень у вигляді прямокутної матриці елементів зображення – пікселів, які створюють основу растрового представлення зображень або просторових об'єктів.

Робочий проект автоматизованої системи

Технічна документація, затверджена в установленому порядку, що містить деталізовані загальносистемні проектні рішення, програми та інструкції за рішенням завдань, оцінювання економічної ефективності автоматизованої системи і перелік заходів щодо впровадження.

Родючість ґрунту

Здатність ґрунту задовольняти потреби рослин в елементах живлення, воді, повітрі і теплі в достатніх кількостях для їх нормального розвитку, які в сукупності є основним показником якості ґрунту.

| | |
|--|--|
| Секретність даних | Властивість даних бути відомими і доступними тільки тому колу суб'єктів, для якого вони призначені. |
| Соціальна інформація | Сукупність знань, відомостей, даних і повідомлень, які формуються і відтворюються в суспільстві і використовуються індивідами, групами, організаціями, різними соціальними інститутами для регулювання соціальної взаємодії, суспільних відносин і процесів. |
| Система екологічних норм | Сукупність взаємозв'язаних екологічних нормативів, регламентів, правил і вимог, що встановлюють взаємоузгоджені вимоги до об'єктів екологічного нормування на підставі загальної мети. |
| Система екологічного нормування | Сукупність структурних елементів та різних видів забезпечення їх функціонування (нормативно-правового, методичного, інформаційного та ін.), покликаних забезпечити створення та ефективне використання екологічних норм. |
| Системна організація інформації | Диференціація модулів тематичних даних за їхнім цільовим призначенням та використанням у системах програмно-обчислювального забезпечення алгоритмів в експертних або геоінформаційних системах. Принцип системної організації інформації передбачає формування блоків інформаційно-довідкової та нормативно-методичної інформації і суто банків даних базової, оперативної та сумарної інформації. |

| | |
|--|--|
| Стале (збалансоване) землекористування | Ефективне екологічно безпечне використання земельних (грунтових) ресурсів, охорона і підтримуваний їх розвиток, запобігання будь-яким деструктивним (деградаційним) змінам на землях (грунтах). |
| Техносфера | Створене людиною штучне середовище, що взаємодіє з природними системами і розглядається як частина біосфери. Основними компонентами є господарські (технічні) системи, що об'єднують матеріально-технічні засоби виробництва та супутньої йому діяльності, а також технологічні процеси, що відповідають меті виробництва. Включають усі види інженерних споруд, господарських об'єктів та технологій. |
| Технічне забезпечення автоматизованої системи | Комплекс технічних засобів, призначених для забезпечення роботи автоматизованої системи. |
| Тематична організація інформації (тематичні дані) | Групування даних за характеристиками основних компонентів природно-агромеліоративних геосистем, що здійснюється за принципом змістовної організації інформації. |
| Техногенно забруднені ґрунти | Такі, що забруднено внаслідок людської діяльності, результатом якої стала деградація та негативний його вплив на довкілля і здоров'я людини. |
| Узагальнення інформації | Перетворення інформації про прості приватні події в інформацію про наявність деякої події вищого рівня, що виявляється в приватних подіях. |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Управління даними | Процес, пов'язаний з накопиченням, організацією, запам'ятовуванням, оновленням, зберіганням даних і пошуком інформації. |
| Файл | Ідентифікована сукупність екземплярів описаного в конкретній програмі типу даних, що знаходяться поза програмою в зовнішній пам'яті і доступних програмі за допомогою спеціальних операцій. |
| Функціональна підсистема | Складова частина автоматизованої системи, що реалізовує одну або декілька близьких функцій. |
| Функціональні можливості ГІС | <p>Набір функцій географічних інформаційних систем або декілька близьких програмних засобів:</p> <ul style="list-style-type: none"> - введення даних у машинне середовище шляхом імпорту з існуючих наборів цифрових даних або за допомогою шифрування джерел; - перетворення даних, включаючи конвертацію даних з одного формату в інший, трансформацію картографічних проєкцій, зміна систем координат; - зберігання, маніпулювання і управління даними у внутрішніх і зовнішніх базах даних; - картометричні операції; - засобу персональних налаштувань користувачів. |
| Цифрова картографія | Розділ картографії, що охоплює теорію і методи створення застосування цифрових карт та інших цифрових просторово-часових картографічних моделей. |

| | |
|--------------------------|---|
| Шар | Сукупність однотипних просторових об'єктів, що належать до однієї теми або класу об'єктів у межах деякої території і у системі координат, загальних для набору шарів. |
| Якість інформації | Сукупність властивостей, що відображають ступінь придатності конкретної інформації про об'єкти та їх взаємозв'язки для досягнення мети, що стоїть перед користувачем. |
| Чарунка | <p>Регулярна чарунка – двовимірний просторовий об'єкт, елемент розбиття земної поверхні лініями регулярної мережі, тобто регулярно-комірчастого представлення просторових об'єктів, на відміну від піксела (як елементу растрового уявлення), що утворюється розбиттям лініями растру зображення (а не земній поверхні); ця відмінність не загальноновизнана, хоча закріплена, наприклад, у стандарті SDTS.</p> <p>Ч. характеризується правильною геометричною формою (трикутник, чотирикутник, шестикутник (гексагон), сферична або сфероїдична трапеція під час побудови мережі на сфері або еліпсоїді відповідно), абсолютними розмірами в лінійній або градусній мірі.</p> |

ВИСНОВОК

Геоінформаційні технології сьогодні є необхідною складовою будь-якої інформаційної системи, в якій є просторові дані. Інформаційні системи промислового агрокомплексу в цьому відношенні – не виняток. Сільськогосподарські підприємства у всьому Світі використовують ГІС для просторового аналізу і моніторингу стану агроландшафтів, для підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва і покращення екологічного стану земель.

Використання ГІС в агросфері і сільському господарстві спрямовано на збільшення виробництва сільськогосподарської продукції, оптимізацію її транспортування і збуту, покращення екологічного стану земельних і водних ресурсів.

Збільшення виробництва сільськогосподарської продукції залежить від комплексу умов екологічного середовища і факторів антропогенного впливу, які поділяються на кліматичні (волога, тепло, повітря, світло), едафічні (грунт), просторові (рельєф, висота над рівнем моря), геологічні гідрологічні і гідрогеологічні (вплив на рослини поверхневих і підземних вод, повітряної та водної ерозії тощо), біотичні (живі організми) та антропогенні (вплив людини).

Наприклад, кліматичні, ландшафтні і екологічні умови Південного Степу України дозволяють вирощувати сільськогосподарські культури неперевершені за якістю, такі як сильна озима пшениця; баштанні; овочі, в першу чергу томати, рис, соя, інші олійні культури, в тому числі рицина тощо.

Для гарантійного виробництва сільськогосподарської продукції необхідна комплексна ГІС, що вміщує такі цифрові карти: вмісту мінеральних речовин у ґрунтах; типів і характеристик ґрунтів; карти схилів (з цифровою моделлю рельєфу) та експозиції схилів; погодних, кліматичних, гідрогеологічних та гідрологічних умов. Важливу інформацію несуть цифрові карти, які вміщують такі фактори, як урожайність і тип посівів, тип механічного і хімічного обробки ґрунту, просторове розподілення шкідливих комах тощо. За наявності такої інформації відкриваються необмежені можливості аналізу, прогнозу і оптимізації діяльності сільськогосподарських підприємств.

Особливо важливе використання ГІС-технологій, під час обробки даних дистанційного зондування Землі (аерофотозніманих, космосніманих, у першу чергу багатозональних та гіперспектральних), для тематичного дешифрування території. Це є базисом для створення необхідної цифрової картографічної основи інформаційних систем агропромислового комплексу.

Підготовка фахівців з ГІС-технологій на всіх технологічних спеціальностях в аграрних університетах України є актуальним питанням. Ефективна професійна діяльність у кожній спеціальності, пов'язана із агросферою, земельними і водними ресурсами, із просторовими даними і повинна спиратися на вільне володіння широким інструментарієм сучасних інформаційних технологій. Сьогодні фахівці, які володіють ГІС-технологіями, користуються великим попитом у виробництві, в системі державного управління. Кожного року збільшується кількість підприємств, організацій та інститутів, які зацікавлені у випускниках аграрних університетів – фахівцях ГІС-технологій.

Дійсно, інформація управляє світом, а ГІС – це технологія управління інформацією. Information manages the world and GIS is a technology of managing the information.

Навчальне видання

**Морозов Володимир Васильович
Шапоринська Наталя Миколаївна
Морозов Олексій Володимирович
Пічура Віталій Іванович**

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В АГРОСФЕРІ

Навчальний посібник

| | |
|-------------|----------------------------|
| Редагування | Л.М. Талюта Н.В. Крошко |
| Макетування | І.О. Серова |

Підписано до друку 29.06.2010. Формат 60x84/16.
Папір офсет. №1. Гарнітура Times New Roman. Друк офс.
Наклад 1000 примірників, Зам. № 70

Редакційно-видавничий відділ
Науково-методичного центру аграрної освіти
Київ-151, вул. Смілянська, 11
тел. 249-94-04

Фірма "Інтас"