

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Конспект лекцій

СУМИ – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінжинірингу

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Конспект лекцій

**для студентів 1 курсу напряму підготовки 208 «Агроінженерія»,
денної форми навчання
освітнього ступеня «магістр»**

СУМИ - 2024

УДК 631.3.01-82(075)
М55

Укладач: Соколік С.П., ст. викладач кафедри агроінжинірингу

М 55 **Науково-методичне забезпечення навчального процесу :**
конспект лекцій з дисципліни «Інформаційні технології та системи точного землеробства» для студентів 1 курсу напряму підготовки 208 «Агроінженерія» денної форми навчання освітнього ступеня «магістр»/ укл.: С.П. Соколік. - Суми, 2024. – 85с.

В конспекті лекцій розглянуто теми, які необхідні для вивчення лекційних занять з дисципліни. Розглядаються питання використання інформаційних технологій, призначення, будови та експлуатації обладнання, що застосовується в точному землеробстві.

Рецензенти:

Лебедєв А.Т., д.т.н., професор кафедри агроінжинірингу СНАУ;
Думанчук М.Ю., к.т.н., доцент кафедри технічного сервісу СНАУ.

Відповідальний за випуск:

Шуляк М.Л., д.т.н., професор, завідувач кафедри агроінжинірингу СНАУ

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-технологічного факультету. Протокол № 6 від « 22 » 05 2024 року

© С.П. Соколік.- 2024
© Сумський національний
аграрний університет, 2024

Зміст

1. Поняття про геоінформаційні технології	5
2. Збір та аналіз інформації в геоінформаційних системах	14
3. Дистанційне зондування поверхні в геоінформаційних системах.	33
4. Інформаційні платформи для сучасного агровиробництва	40
5. Значення точного землеробства в сучасних умовах розвитку сільськогосподарського виробництва	57
6. Огляд систем позиціювання в системі точного землеробства	63
7. Технології варіабельного внесення сільськогосподарських матеріалів	69
8. Методи збору даних урожайності культур. Складання карт врожайності	78

Тема 1. Поняття про геоінформаційні технології.

План:

1. Геоінформатика – наука та технологія.
2. Сучасні ГІС пакети та тематичне картографування.
3. Застосування ГІС-технологій.

1. Геоінформатика – наука та технологія.

Як наука, так і термін «геоінформатика» дуже тісно пов'язаний з інформатикою. *Геоінформатика* - це наука, технологія і прикладна діяльність, пов'язана зі збором, збереженням, обробкою, аналізом і відображенням просторових даних, а також із проектуванням, створенням і використанням географічних інформаційних систем. Сукупність засобів, способів і методів автоматизованого збору, зберігання, маніпулювання, аналізу і відображення (представлення) просторової інформації об'єднують під загальною назвою «*геоінформаційні технології*».

По-перше, ГІС - це інформаційна система, тобто «система обробки даних, що має засоби накопичення, збереження, відновлення, пошуку і видачі даних». *По-друге*, ця інформаційна система належить до категорії автоматизованих інформаційних систем, що використовують ЕОМ на всіх етапах обробки інформації», комп'ютер є неодмінним атрибутом і основою геоінформаційної технології. *По-третє*, ця інформаційна система надає можливості маніпулювання і обробки просторової (просторово- розподіленої, просторово-координованої) інформації.

Відмітною рисою географічних інформаційних систем є наявність у їхньому складі специфічних методів аналізу просторових даних, що в сукупності із засобами введення, збереження, маніпулювання і представлення просторово-координованої інформації і складають основу технології географічних інформаційних систем, чи ГІС-технології. У науках про Землю ГІС переробляють географічні потоки, що формуються в межах географічної

оболонки і являють собою інформаційне відображення системи об'єктів географічного вивчення.

Важливу стимулюючу роль у посиленні інтересу до ГІС відіграло прагнення адаптувати для вирішення як наукових, так і практичних завдань (у тому числі і на комерційній основі), уже накопичених на той час масивів даних дистанційного зондування Землі. Розвиток геоінформаційних систем, особливо здатних інтегрувати дані дистанційного зондування («інтегрованих ГІС»), розглядається як необхідна умова ефективного використання матеріалів дистанційного зондування.

До факторів, що стримують розвиток геоінформаційних технологій, належать низький в цілому рівень комп'ютеризації в країні і відсутність у достатній кількості відповідних фахівців.

У системі наук про Землю геоінформатика посідає важливе місце і позиціонується як універсальна методика збору, накопичення, аналізу і візуалізації різноманітних географічних даних як у областях природничої, так і суспільної географії. Лісове господарство, управління природокористуванням, сільське господарство – окремі напрямки прикладного застосування геоінформатики.

2. Сучасні ГІС пакети та тематичне картографування

Тематичне картографування як основа ГІС-моделювання. Картографія, особливо тематична дуже тісно пов'язана з геоінформатикою та дистанційним зондуванням. Особливо це стосується відносин геоінформатики й картографії, карт і ГІС. Поява геоінформаційних систем ознаменувала собою поки ще недостатньо осмислений і оцінений переворот в інструментарії моделювання географічного простору взагалі, реалізувавши принципово новий спосіб його опису й подання у формі цифрових моделей і порушивши існуючу тут монополію карт і інших геозображень як єдиного засобу моделювання простору й, що ще більш важливо, рішення просторових завдань, дозволивши замінити графічні (образно-знакові) моделі об'єктів

земної поверхні цифровими, а в ряді додатків витиснути традиційні картографічні моделі з тих областей, де їхнє використання неможливе або недоцільне. Розвиток цифрової картографії нічого не міняє по суті: залишаючись у лоні турбот і інтересів картографії, цифрові карти картами не є; як і будь-які цифрові просторові дані (у тому числі дані ГІС), вони не можуть сприйматися людиною візуально. Саме тому при всій своїй самостійності й корінних розходженнях картографія й геоінформатика «приречені» на міцну й довгу взаємодію. У цій взаємодії традиційно виділяють дві сторони: карти й інші картографічні зображення належать до числа основних джерел масових вихідних даних для ГІС і є найпоширенішою формою подання результатів її функціонування з використанням методів картографічної візуалізації даних у формі комп'ютерних і електронних (відеоекранних) карт (рис.1).

Проте сьогоднішній характер їхньої взаємодії не вічний і збережеться доти, поки: 1) винятково всі масові джерела даних для ГІС не стануть цифровими (маючи на увазі найбільш масовий з них - карти); 2) не буде знайдений прямий інтерфейс людського мозку й пам'яті комп'ютера (до тієї пори карті прийде виконувати роль незамінного інтерфейсу між людиною й машиною); 3) не будуть знайдені й реалізовані алгоритми рішення всіх просторових завдань винятково в цифровому середовищі, минаючи необхідність залучення для цього карт.

Можливості тематичного картографування в ГІС. Створення тематичних карт як самостійних прошарків в ГІС дозволяє реалізувати наступні важливі можливості:

- Тематичні карти за допомогою методу розмірних символів створюються не обов'язково на базі точкових об'єктів. Розмірні символи можуть бути побудовані для будь-яких типових графічних об'єктів. Тому, навіть якщо базова карта містить області або лінійні об'єкти, на її основі все рівно можна створювати тематичні карти методом розмірних символів.

- Можна створити декілька тематичних карт на базі одного прошарку

інформації карти. При цьому для створення кожного наступного тематичного шару немає необхідності копіювати базовий шар карти. Можна переглядати кілька тематичних шарів одночасно, а також створювати двотемові карти.

■ За допомогою діалогу «Керування шарами» можна регулювати показ тематичних шарів. Базовий шар при цьому також може показуватися. Для кожного з тематичних шарів можна установлювати свій масштабний ефект.

На сьогодні відмічене і неодноразово перевірене велике прикладне значення тематичної ГІС-картографії.

Особливу роль у створенні картографічної моделі відіграють діаграми. Як і стовпчасті діаграми, кругові діаграми дозволяють аналізувати значення декількох тематичних змінних одночасно. На такій карті значення змінних визначають величину відповідного сегмента діаграми. Його можна порівнювати з іншими сегментами в тій же діаграмі або з аналогічними сегментами в інших діаграмах. При показі тематичної карти MapInfo автоматично створює легенду цієї карти, у якій відбивається, які значення відображають ті або інші кольори, символи або розміри об'єктів.

Класифікація сучасних ГІС. Звичайно геоінформаційні системи класифікують за такими ознаками:

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

За призначенням геоінформаційні системи поділяють на *багатоцільові* та *спеціалізовані*. Багатоцільовими системами, як правило, є регіональні ГІС, призначені для розв'язання широкого спектра завдань, пов'язаних з регіональним управлінням. Спеціалізовані ГІС забезпечують виконання однієї або кількох близьких функцій. До них, як правило, відносять геоінформаційні системи: інформаційно - довідкові; моніторингові; інвентаризаційні; прийняття

рішень; дослідницькі; навчальні.

Зокрема, *дослідницькі ГІС* створюються для забезпечення розв'язання будь-якої наукової проблеми або сукупності наукових проблем із застосуванням методів просторово-часового аналізу й моделювання.

Навчальні ГІС розробляються для забезпечення навчального процесу, як правило, у вищих навчальних закладах. Як об'єкт у таких геоінформаційних системах частіше за все розглядаються території польових стаціонарів - баз навчальних польових практик студентів.

За проблемно-тематичною орієнтацією звичайно виділяють типи геоінформаційних систем, що відповідають «основним сферам застосування ГІС», тобто: земельно-кадастрові; екологічні і природокористувальницькі; інженерних комунікацій і міського господарства; надзвичайних ситуацій; навігаційні; соціально-економічні; геологічні; транспортні; торгово-маркетингові; археологічні; військові.

За територіальним охопленням найбільш логічним є поділ геоінформаційних систем на: глобальні; загальнонаціональні; регіональні; локальні.

Глобальні геоінформаційні системи охоплюють або всю земну кулю, наприклад, як Глобальний банк природно-ресурсної інформації (GRID), або якусь її значну частину - як геоінформаційна система Європейського співтовариства CORINE. Загальнонаціональні ГІС, як це випливає із назви, охоплюють територію всієї країни, регіональні - якусь її частину, таку, як економічний район, адміністративна область чи група суміжних областей, басейн великої річки і т.ін. До категорії «локальні ГІС» відносять геоінформаційні системи меншого територіального охоплення, але рекомендації щодо територіальних обмежень локальних ГІС відсутні. До даної категорії, як правило, належать і муніципальні геоінформаційні системи (МГІС) - специфічна категорія геоінформаційних систем, що розробляються для території міста або його частини.

3. Застосування ГІС-технологій.

Головні функції сучасних ГІС та практичне застосування ГІС-технологій. Умовно функції ГІС можна поділити на п'ять груп, при цьому перші три належать до традиційних функцій геоінформаційних технологій, останні, дві - до нових, що розвинулися останнім десятиліттям.

1. *Інформаційно-довідкова функція* - створення і ведення банків просторово-координованої інформації, у тому числі:

- створення цифрових (електронних) атласів;
- створення і ведення банків даних систем моніторингу; створення й експлуатація кадастрових систем, у першу чергу автоматизованих земельних інформаційних систем.

2. *Функція автоматизованого картографування* - створення високоякісних загальногеографічних і тематичних карт, що задовольняють сучасні вимоги до картографічної продукції.

3. *Функція просторового аналізу і моделювання* природних, природно-господарських та соціально-економічних територіальних систем, що ґрунтується на унікальних можливостях, наданих картографічною алгеброю, геостатистикою і мережним аналізом, які складають основу аналітичних блоків сучасних інструментальних ГІС з розвинутими аналітичними можливостями.

4. *Функція моделювання процесів у* природних, природно-господарських і соціально-економічних територіальних системах.

5. *Функція підтримки прийняття рішень у* плануванні, проектуванні та управлінні: програмно-організовані банки просторової й атрибутивної інформації; базу знань, що складається з блока аналізу і моделювання; блок технологій штучного інтелекту; інтерфейс користувача.

Практичне застосування ГІС-технологій. Основними галузями застосовування ГІС у наш час є: управління земельними ресурсами, земельні кадастри; інвентаризація і облік об'єктів розподіленої виробничої інфраструктури і управління ними; тематичне картографування практично в

будь-яких сферах його використання; морська картографія і навігація; аеронавігаційне картографування і управління повітряним рухом; навігація і управління рухом наземного транспорту; дистанційне зондування; управління природними ресурсами; моделювання процесів у природному середовищі; моніторинг стану навколишнього середовища; реагування на надзвичайні і кризові ситуації; геологія, мінерально-сировинні ресурси і гірничодобувна промисловість; планування і оперативне управління перевезеннями; проектування, інженерні дослідження і планування в містобудуванні, архітектурі, промисловому і транспортному будівництві; планування розвитку транспортних і телекомунікаційних мереж; комплексне управління і планування розвитку території, міста; сільське господарство; маркетинг, аналіз ринку; археологія; безпека, військова справа і розвідка; загальна і спеціальна освіта.

Використання ГІС-технологій в сільському господарстві. Для управління сільськогосподарським підприємством, що проводить продукцію рослинництва, необхідна об'єктивна інформація про розміри і стан сільгоспугідь. Великий об'єм просторової і атрибутивної інформації якісно можна обробляти і аналізувати тільки за допомогою спеціального програмного забезпечення, що враховує як просторову прив'язку, так і спеціальні відомості про поля.

Сучасна агрономічна ГІС передбачає упорядкування процесу наповнення системи картографічними матеріалами, заповнення бази даних відомостями про показники ґрунтів, фітосанітарний стан посівів, введення відомостей про пропоновані агротехнології, вироблення пропозицій по використанню ГІС в господарствах, навчання фахівців господарств, учбових і проектних організацій, розробки і використанню ГІС в рослинництві.

У повному варіанті, агрономічна ГІС повинна включати багат шарову електронну карту господарства і атрибутивну базу даних історії полів, з урахуванням всіх виконаних агротехнічних заходів. Кількість тематичних шарів електронної карти залежить від складності ландшафтно-екологічних

умов і рівня інтенсифікації агротехнологій (визначається за врожайністю і кількості витрат на гектар). У загальному випадку електронна карта полів повинна включати шари: мезорельєфу (з показом мезоформ рельєфу, форм схилів); крутизна схилів; експозиції схилів (теплі, холодні, нейтральні); мікрорельєфу (з показом контурів з переважанням тих або інших форм мікрорельєфу, що мають агрономічне значення); мікроклімату; рівня ґрунтових вод, їх мінералізації і складу; ґрунтоутворюючих і підстилаючих порід; мікроструктур ґрунтового покриву (ґрунтова карта); вміст гумусу в ґрунті; забезпеченості рухомими формами елементів мінерального живлення рослин і мікроелементами; значення Ph ґрунтів; фізичних властивостей ґрунтів; забруднення важкими металами, радіонуклідами і іншими токсикантами; еродованості ґрунтів, ерозійній небезпеці і іншим видам фізичної деградації (обвалів, селів і др); перезволоження і заболоченості ґрунтів, зокрема вторинного гідроморфізму, підтоплення, і ін.; засолення ґрунтів (типів і ступеня засолення); солнцюватості ґрунтів; рослинного покриву з оцінкою стану природних кормових угідь; лісовій рослинності з оцінкою стану природних лісів і лісових насаджень; розподілу корисних видів тварин, птахів, корисних ентомофагів, оцінкою їх територіального впливу; фітосанітарного стану посівів.

Одним з базових елементів *ресурсозберігаючих технологій* в сільському господарстві є «*точне землеробство*» (або як його інколи називають

«прецизійне землеробство» - *precision agriculture*). Точне землеробство - це управління продуктивністю посівів з врахуванням внутрішньопольової варіабельності місця існування рослин. Умовно кажучи, це оптимальне управління для кожного квадратного метра поля. Метою такого управління є отримання максимального прибутку за умови оптимізації сільськогосподарського виробництва, економії господарських і природних ресурсів. При цьому відкриваються реальні можливості виробництва якісної продукції і збереження навколишнього середовища.

Точне землеробство включає безліч елементів, але все їх можна

розбити на *три основні етапи*:

- Збір інформації про господарство, поле, культуру, регіон;
- Аналіз інформації і рішень;
- Виконання рішень - проведення агротехнологічних операцій.

Для реалізації технології точного землеробства необхідні сучасна сільськогосподарська техніка, керована бортовою ЕОМ і здатна диференційовано проводити агротехнічні операції, прилади точного позиціонування на місцевості (GPS-приймачі), технічні системи, що допомагають виявити неоднорідність поля (автоматичні пробовідбірники, різні сенсори і вимірювальні комплекси, збиральні машини з автоматичним обліком урожаю, прилади дистанційного зондування сільськогосподарських посівів і ін.) Ядром технології точного землеробства є програмне наповнення, яке забезпечує автоматизоване ведення просторово- атрибутивних даних картотеки сільськогосподарських полів, а також генерацію, оптимізацію і реалізацію агротехнічних рішень з врахуванням варіабельності характеристик в межах оброблюваного поля.

Літературні джерела:

1. Геоінформаційні системи. Вступний курс: навч. посіб. / А.Д. Тевяшев, В.П. Ткаченко, М.І. Губа та ін. – Х. : ХНУРЕ, 2017. – 392 с.
2. Геоінформаційні системи і бази даних. Навчальний посібник/ Андрєєв С.М., Жилін В.А., Лазарева О.Є. Харків. Нац. Аерокосмічний ун-т ім. Н.Є. Жуковського (ХАІ), 2017. – 88с.
3. Курс практичного навчання користувача геоінформаційної системи ArcGIS 10.5/ Андрєєв С.М., Красовський Г.Я., Жилін В.А., Лазарева О.Є. Навчальний посібник. Харків: Нац. Аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського«Харків.авіац.ін-т», 2017.– 88с.

Тема 2. Збір та аналіз інформації в геоінформаційних системах.

План:

1. Дані в геоінформаційних системах.
2. Введення і подання інформації у ГІС.
3. Аналітичні можливості ГІС.

1. Дані в геоінформаційних системах.

Просторова інформація в ГІС є основою інформаційного блока ГІС, тому способи її формалізації є найважливішою складовою частиною технології географічних інформаційних систем. Просторова інформація ГІС містить *метричну частину*, що описує позиційні властивості об'єктів, а також пов'язані з нею *змістовні (семантичні, тематичні) атрибути*, чи просто - «*атрибути*». Просторові дані вводяться і зберігаються в комп'ютері у формалізованому вигляді. Використовуються два основних способи формалізації просторових даних - *растровий* і *векторний*, відповідні двом принципово різним способам опису (моделям) просторових даних. У першому способі просторова інформація співвідноситься з комірками регулярної сітки як з елементами території (растрове подання), у другому – використовується система елементарних графічних об'єктів, положення яких у просторі визначається за допомогою координат (векторне подання).

Растровий спосіб формалізації просторових даних має два різновиди - *регулярних мереж* (grid cells) і *власне растровий* (raster), що принципово не відрізняються один від одного, оскільки і той і інший базуються на формалізації просторової інформації за комірками (cells) регулярної мережі, що суцільно покриває територію. У кожній комірці цієї мережі інформація відображається одним числом.

У растровій моделі просторова інформація кодується у вигляді прямокутної матриці - за рядками і стовпцями, розмір якої відповідає розміру вихідного растра. При растеризації картографічних зображень стовпці

звичайно розміщуються в напрямку північ-південь, а рядки - захід- схід. Як початкова комірка (з координатами 0, 0 чи 1, 1) найчастіше використовується комірка, розміщена у верхньому (або нижньому) лівому куті растра.

Географічні дані у ГІС. Як джерело просторових даних для ГІС зберігають свою актуальність географічні карти.

Топографічні карти поділяють на *великомасштабні* (1:50000 і більше), *середньомасштабні* (1:100000 - 1:500000, рис. 5.1)) і *дрібномасштабні*, або оглядово-топографічні (дрібніше 1:500000). Великомасштабні топографічні карти (1:50000, 1:25000 і 1:10000) створюються за матеріалами польових топографічних зйомок, а всі інші - складаються камерально за більш великомасштабними картами.

Для визначення висотних координатних систем використовуються референц-еліпсоїди - геометричні моделі усередненої поверхні земної кулі.

За топокартами можна визначити і безпосередньо цифрувати такі просторові об'єкти: систему координат (географічну чи топографічну); місце розташування і висоти пунктів опорної геодезичної мережі; оцінки висот рельєфу, контури і глибину ерозійних форм; місце розташування гідрографічних об'єктів, оцінки урізів води, глибин, ширини русла, швидкості і напрямку течії; назву населеного пункту, кількість будинків, тип і контури великих будівель, кар'єрів та ін.; тип покриття, ширину проїжджої частини й узбіччя для автодоріг, конструкцію, довжину і вантажопідйомність мостів, висоту (глибину) насипів і виїмок; контури лісових масивів або ділянок природної рослинності, тип деревних порід, висоту і густоту рослинності, ширину лісосмуг; місце розташування і тип елементів лінійної технічної інфраструктури (ЛЕП, трубопроводи).

Найбільш достовірним джерелом інформації про контури водних просторів, глибини і характер дна є навігаційні карти, що мають той самий масштабний ряд, що і топографічні.

Схеми внутрішньогосподарського землевпорядкування, що містять також інформацію про ґрунтовий покрив, звичайно виготовляються в

масштабах 1:25 000 і 1:10 000. Для населених пунктів існують архітектурні плани різних масштабів (1:5000, 1:2000, 1:500), на які нанесені вулична мережа, 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.

Різні загальногеографічні і тематичні карти також можуть бути джерелом даних для ГІС.

Дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) також активно використовуються у ГІС. При дистанційному зондуванні значний вплив на якість і застосовність одержуваних даних чинять спектральний діапазон зйомки, просторова точність, радіометрична точність, просторове охоплення, оперативність і повторюваність зйомки, вартість даних.

Додаткова обробка й аналіз даних ДЗЗ (виділення і порівняння різних спектральних діапазонів, сполучення знімків з різним просторовим дозволом, класифікація і виділення зон з визначеними характеристиками) виконуються за допомогою спеціального програмного забезпечення. Найбільш відомими програмними пакетами обробки даних ДЗЗ є ERDAS IMAGINE (США) і ErMapper (Австралія).

Дані з електронних геодезичних приладів являють собою файл із координатами та ідентифікаторами точок зйомки. У таких файлах також може міститися інформація про проведені виміри - вертикальні і горизонтальні кути, відстані. Файли даних можуть створюватися в спеціальних фірмових форматах або в звичайному текстовому форматі ASCII. Спеціальні програмні пакети для обробки даних геодезичних вимірів або модулі координатної геометрії інструментальних пакетів ПС (пакет Інвент-Град (Україна); програмні пакети CREDO) компанії «Кредо Діалог» (Білорусь), розширення Survey Analyst, сімейства пакетів ArcGIS компанії ESRI (США) та ін.) зчитують такі дані за допомогою спеціальних конверторів.

Текстові дані перетворюються в координати точок прив'язування, для

яких за обмірюваними кутами і відстанями визначаються місця розташування точок по контурах об'єктів (будинків, доріг та ін.). створюється графічний векторний файл. Якщо прилад підтримує введення ідентифікаторів і описів об'єктів під час зйомки, ці дані можуть автоматично вводитися в атрибутивну базу даних.

Атрибутивні дані у ГІС. До них відносять ту інформацію, яка або не має просторового прив'язування, або характеризує просторові об'єкти без зазначення місця їх розміщення. Наприклад, порядкові номери просторових об'єктів, їхні власні імена, числові кількісні або якісні значення. Блок атрибутивної інформації, прив'язаної до будь-якого просторового об'єкта, може містити від одного до багатьох сотень окремих атрибутивних значень різного типу, що характеризують різні параметри цього об'єкта.

Одним із найбільш поширених атрибутів просторових об'єктів є їхні *власні назви* - назви населених пунктів, адміністративних одиниць, ділянок рельєфу, рік, водойм, природних урочищ, об'єктів господарювання та ін. Такий спосіб опису атрибута об'єкта називається *номінальним* - об'єкт просто одержує своє окреме ім'я, він рівнозначний у списку таких самих об'єктів.

Атрибути, що показують місце розміщення об'єкта серед інших аналогічних об'єктів, їхню взаємну ієрархію, пріоритет, називаються *порядковими* атрибутами. Для кількісних даних (температура, тиск, зміст забруднювачів у повітрі, воді чи ґрунті, висота над рівнем моря, кількість рослин на квадратний метр, вміст гумусу та ін.) використовуються *розімкнені або замкнені числові шкали*. Різні системи класифікації і кодування дозволяють скоротити описи різноманітних просторових об'єктів до одного або кількох десятків символів. У наш час розроблені системи буквено-цифрових кодувань для геологічних, ґрунтових, ландшафтних, геоботанічних карт. Для цифрових топографічних карт і архітектурно-містобудівних планів розроблені відомчі позиційні коди — *класифікатори*. Після певної обробки атрибутивна інформація може бути організована у вигляді бази даних певного формату.

Джерелом атрибутивних даних для ГІС можуть бути стандартні звітні форми різних державних, комерційних і громадських організацій, наукові звіти і публікації, дані спостережень на гідрометеорологічних станціях та ін. Велика частина таких документів створюється і подається в цифрованому вигляді у форматах програмних пакетів обробки документів Word, Excel, Access. До складу більшості пакетів ГІС, що працюють з реляційними таблицями для збереження атрибутивних даних, входять спеціальні модулі імпорту й експорту даних у формати Excel і Access.

Моделі і бази даних у ГІС. Об'єкти бази даних можуть бути описані різними способами: у вигляді текстових описів, цифрових кодів, комбінованих цифро-буквених класифікаторів, числових значень різного типу, календарних дат та ін. Кожен однотипний об'єкт бази даних описується однаковим набором атрибутів, таким чином, база даних складається з окремих *записів*, що характеризують кожний об'єкт і покажчики зв'язків між ними.

У більшості випадків бази даних проектуються таким чином, щоб один або кілька атрибутів однозначно ідентифікували запис. Сукупність значень цих атрибутів називається *ключем запису*, а самі атрибути - *ключовими атрибутами*. Ключ запису можна розглядати як унікальне ім'я запису, за яким користувач завжди може знайти цей запис.

У концептуальній схемі вся безліч однотипних записів подається одним абстрактним записом, що називають *типом запису*. Кожному типу записів відповідають ім'я і список атрибутів. Аналогічно безлічі наявних у базі даних однотипних зв'язків у концептуальній схемі відповідає один тип зв'язку. Створення бази даних і звернення до неї здійснюються за допомогою *системи керування базами даних* (СКБД). Виділяються персональні бази даних для роботи з даними, пов'язаними з посадовими обов'язками *окремого посадовця*; бази даних *підрозділу, підприємства*, що обслуговують кілька різних фахівців у складі локальної обчислювальної мережі; *корпоративні* (наприклад, муніципальні) бази даних, що обслуговують кілька тисяч фахівців і сотні тисяч зовнішніх користувачів у режимі розділеного доступу, з використанням

різноманітного програмного забезпечення, апаратних засобів, різних мережних протоколів і форм представлення даних.

Основою бази даних є *модель даних* - *фіксована система понять і правил для представлення даних структури, стану і динаміки проблемної області в базі даних*. У різний час послідовне застосування одержували ієрархічна, мережна і реляційна моделі даних. У наш час усе більшого поширення набуває *об'єктно-орієнтований* підхід до організації баз даних ГІС.

Ієрархічна модель даних. Часто об'єкти перебувають у відношеннях, що називають ієрархічними: відношення «частина - ціле». Об'єкти, що перебувають в ієрархічних відношеннях, утворюють дерево «орієнтований граф», у якого є тільки одна вершина, не підлегла жодній іншій вершині (цю вершину називають коренем дерева); будь-яка інша вершина графа підлегла лише одній іншій вершині. Ієрархічні бази даних є *навігаційними*, тобто доступ можливий тільки за допомогою заздалегідь визначених зв'язків. При моделюванні подій, як правило, необхідні зв'язки типу «багато до декількох». Достоїнство ієрархічної бази даних полягає в тому, що її навігаційна природа забезпечує швидкий доступ при проходженні вздовж заздалегідь визначених зв'язків. Однак негнучкість моделі даних і, зокрема відсутність прямого доступу до даних роблять її непридатною в умовах частого виконання запитів, не запланованих заздалегідь. Ще одним недоліком ієрархічної моделі даних є те, що інформаційний пошук з нижніх рівнів ієрархії не можна спрямувати по вище розміщених вузлах.

Мережна модель. У мережній моделі даних поняття головних і підлеглих об'єктів дещо розширені. Будь який об'єкт може бути і головним, і підлеглим (у мережній моделі головний об'єкт позначається терміном

«*власник набору*», а підлеглий - терміном «*член набору*»). Той самий об'єкт може одночасно виконувати і роль власника, і роль члена набору. Це означає, що кожний об'єкт може брати участь у будь-якій кількості взаємозв'язків. Подібно до ієрархічної, мережну модель також можна подати

у вигляді орієнтованого графа. Але в цьому випадку граф може містити цикли, тобто вершина може мати кілька батьківських вершин. Така структура набагато гнучкіша і виразніша від попередньої і придатна для моделювання більш широкого класу завдань. У цій моделі вершини є сутнісними, а ребра, що їх з'єднують, - відношеннями між ними. Наскільки складними є схеми представлення ієрархічних і мережних баз даних, настільки і трудомістким є проектування конкретних прикладних систем на їхній основі. Як показує досвід, тривалі терміни розроблення прикладних систем нерідко призводять до того, що вони постійно перебувають на стадії розроблення і доопрацювання. Складність практичної реалізації баз даних на основі ієрархічної і мережної моделей визначила створення *реляційної моделі даних*. У *реляційній моделі даних* об'єкти і взаємозв'язки між ними представляються за допомогою таблиць. Взаємозв'язки також подаються як об'єкти. Кожна таблиця представляє один об'єкт і складається з рядків і стовпців. Таблиця повинна мати первинний ключ (ключовий елемент) - поле чи комбінацію полів, що єдиним способом ідентифікують кожний рядок у таблиці. Назва «реляційна» (relational) пов'язана з тим, що кожен запис у таблиці даних містить інформацію, яка стосується (related) якогось конкретного об'єкта. Крім того, зв'язані між собою (тобто такі, що знаходяться в певних відношеннях - relations) дані навіть різних типів в моделі можуть розглядатися як одне ціле.

Порядок розміщення рядків і стовпців у таблиці довільний; таблиця такого типу називається *відношенням*. У сучасній практиці для рядка використовується термін «запис», а для стовпця термін «поле». Недоліком реляційної моделі даних є надмірність по полях (для створення зв'язків між різними об'єктами бази даних). Практично всі існуючі на сьогоднішній день комерційні бази даних і програмні продукти для їх створення використовують реляційну модель даних.

Об'єктно-орієнтована модель є подальшим розвитком технології баз даних ГІС. У цьому випадку вся сукупність даних, що буде зберігатися й оброблятися в базі даних, подана не у вигляді набору окремих картографічних

шарів і таблиць, а у вигляді об'єктів певного класу. Об'єктно-орієнтована модель поряд з геометричною й атрибутивною інформацією зберігає програмний код, що визначає поведінку об'єктів того чи іншого класу при введенні і редагуванні, аналізі або поданні даних.

Об'єкт бази даних являє собою цілісну сутність, наприклад, ріка, озеро, будинок, установа. Крім знака на карті і запису в табличній базі даних, об'єкт має визначену поведінку. Спеціальний інтерфейс буде контролювати весь процес роботи з об'єктом визначеного класу: перевіряти правильність цифрування об'єкта (наприклад, не дозволить використовувати лінію для цифрування контуру будинку); перевіряти правильність заповнення табличної бази даних (типи і формат даних, заповнення обов'язкових полів); перевіряти топологію різних картографічних шарів (наприклад, заборона на взаємоперетинання певних типів об'єктів); перевіряти взаємоположення об'єктів на одному картографічному шарі (наприклад, місця стикування труб різного діаметра (необхідний перехідник), з'єднання доріг різного класу (необхідний обладнаний з'їзд та ін). Об'єкти мають визначений інтелект при організації запитів, аналізі, представленні даних, що значною мірою дозволяє автоматизувати обробку даних, створювати різні сценарії обробки даних, у яких більшість конфліктних ситуацій буде відслідковуватися і виправлятися без участі оператора.

Керування даними в ГІС. СКБД, призначені для створення і підтримки баз даних ГІС, надають користувачу широкий набір функцій, властивих звичайним, «непросторовим» СКБД, а також низку спеціальних

«просторових» функцій. Це - функції створення структури нових баз даних у режимі «конструктора», зміна структури існуючих табличних баз даних, додавання і видалення полів і записів, використання формул для заповнення і зміни значень полів, зв'язування двох і більше таблиць для подання даних. До деяких спеціальних функцій відносять функції побудови просторових об'єктів за значеннями координат з таблиць, визначення координат об'єктів, довжин, периметрів і площ об'єктів із записом отриманих

значень у відповідне поле.

2. Введення і подання інформації у ГІС.

Автоматизоване введення даних або сканування в наш час є одним з основних видів перетворення зображень з паперових (плівкових та ін.) типів носіїв у різні формати електронних зображень. Процес сканування карт, як правило, здійснюється із середовища якогось графічного редактора, (MapEdit, Easy Trace, Descartes) і дозволяє робити два основних типи перетворень: змінювати кількість пікселів у зображенні, змінювати місце розташування групи пікселів усередині площини зображення (геометрична корекція); змінювати колірний режим або колірні характеристики всього зображення чи групи обраних пікселів (яскрава і колірна корекція).

Скановане зображення (наприклад, карти) з точністю 800 400 dpi утворить графічний файл розміром до 50-100 Мб. Загальний розмір сканованих даних для великого міста чи району може складати десятки і сотні гігабайт. Апаратні комплекси, що використовуються для сканування і підготовки вихідних картографічних даних, повинні мати значні обсяги оперативної і магнітної пам'яті, графічні прискорювачі, системи створення резервних копій даних на оптичні носії. Для зменшення розмірів файлів при їхньому збереженні і пересиланні використовуються різні технології стиснення графічної інформації.

Векторизування. Скановані растрові картографічні матеріали використовуються для створення векторних цифрових карт. При гарній якості вихідних карт (гарне розрізнення ліній і контурів, відсутність фону і забруднень, чітка передача кольору) можуть використовуватися системи розпізнавання графічних образів і автоматичного промальовування їхніх контурів. Процедури розпізнавання растра і промальовування векторних графічних примітивів позначаються терміном *векторизування*. Векторизування може бути ручним і напіваавтоматичним. Напіваавтоматичне векторизування в основному застосовується для лінійних даних, точкові

об'єкти вводяться в ручному режимі, полігональні об'єкти також замикаються в ручному режимі.

Процес напівавтоматичного або ручного простежування лінії за її зображенням на растрі називається *трасуванням*. Процес векторизування керується набором параметрів трасування, які можна поєднувати в стратегії трасування. Для автоматизованого векторизування необхідне використання попередньо підготовлених растрових матеріалів. Рекомендується використовувати матеріали із заздалегідь розділеними тематичними шарами, тобто на карті, що векторизується, повинні бути елементи одного типу - горизонталі рельєфу, річкова мережа, дороги, контури будинків та ін.

Для підвищення яскравості і контрастності растрової карти використовується процедура інвертування кольору, за якої білий колір стає чорним, і навпаки.(рис.) кольору. У процесі створення векторних об'єктів здійснюється присвоєння ідентифікаторів (номерів трубопроводів, будинків, назв вулиць, висот горизонталей рельєфу тощо). Одним із режимів автоматичної ідентифікації є присвоєння значень висот лініям горизонталей рельєфу, глибин та інших ізоліній з рівним кроком зміни значень.

Геокодування - метод і процес позиціонування просторових об'єктів відносно деякої координатної системи і їхніх атрибутів. Для геокодування необхідні табличний набір координатних даних — широта і довгота, координати X і Y , вулична адреса, файл просторової бази даних, у координатах якої буде здійснюватися пошук місця розташування точки, а також установлення в ці координати точкового об'єкта з заданими атрибутами.

У наш час у різних ГІС-пакетах реалізовані функції адресного прив'язування даних з використанням файлів спеціального формату, у яких формалізована інформація з вуличних мереж (StreetMap).

Ручне введення даних. Апаратне та екранне дигітизування. Ручне дигітизування (дигіталізація, цифрування) на сьогодні є найбільш поширеним способом введення просторових даних у бази даних ГІС. Сам *процес ручного дигітизування* являє собою розпізнавання користувачем об'єкта на карті-

джерелі і створення векторного елементарного графічного об'єкта шляхом обведення меж цього об'єкта. Карта-джерело може використовуватися як у вигляді паперового оригіналу, що закріплюється на дигітайзері, так і у вигляді її сканованої копії, яка виводиться на екран дисплея в спеціальному картографічному редакторі. У першому випадку виконується *апаратне дигітизування*, у другому - цифрування з використанням стандартного пристрою введення «миша» (*екранне дигітизування*).

При *апаратному дигітизуванні* з використанням спеціального пристрою - дигітайзера - застосовуються оригінальні паперові або пластикові картографічні матеріали високої якості. До складу багатьох програмних ГІС-пакетів входять спеціальні модулі для налаштування і керування роботою різних моделей дигітайзерів. При натисканні кнопки зчитування координати точки записуються у відповідний активний файл бази даних; відповідні атрибутивні дані вводяться клавіатурним способом. Точність і швидкість введення даних залежать від кваліфікації оператора.

Останніми роками через велику залежність від малодоступних паперових оригіналів карт, наявність перекручувань і ушкоджень паперових карт, складність редагування цифрових карт, а також високу вартість самих пристроїв, технології апаратних дигітайзерів поступово були витіснені технологіями екранного дигітизування.

При *екранному дигітизуванні* вхідний попередньо сканований і просторово прив'язаний картографічний матеріал знаходиться на задньому плані екрана. На нього накладаються один чи кілька похідних шарів, у межах яких, візуально порівнюючи з контурами оригінальних об'єктів на шарі-підкладці, виконують обведення об'єктів-копій.

Подання інформації в ГІС. Подання інформації в зрозумілій і зручній для користувача формі є однією з основних функцій будь-якої системи обробки даних. Оскільки ГІС орієнтовані переважно на обробку просторово-розподілених даних, вони подають оброблену інформацію у вигляді різних карт, картодіаграм, тривимірних і анімізованих зображень. Унаслідок легкості

побудови та аналізу карт за наявності готових картографічних баз даних картографічний аналіз і подання даних досить поширені в таких сферах діяльності, як маркетинг земельних ділянок, доставка товарів і надання послуг населенню, територіальне керування, освіта та ін.

3. Аналітичні можливості ГІС.

Головні методи і прийоми просторового ГІС-аналізу. Картометричні операції, тобто вимірювання по картах та інших геозображеннях з використанням програмних засобів, є одним із найбільш розповсюджених типів аналітичних операцій у ГІС. До таких функцій відносять: вимірювання (визначення) координат точки; вимірювання відстаней між двома зазначеними координатами (з урахуванням або без урахування системи тривимірних координат); вимірювання довжини прямої чи ламаної лінії; вимірювання довжини периметра полілінії; вимірювання площі полігона; вимірювання об'ємів з використанням поверхні і січної площини.

Вимірювання координат. Технологія і точність вимірювання координат точки (що існує у вигляді об'єкта на цифровій карті або курсора в площині карти) визначаються моделлю даних і використовуваною системою координат. При створенні цифрових карт, як правило, використовуються такі системи координат.

1. *Двовимірна декартова система координат* - початок відліку в нульовій точці в нижньому (чи верхньому) лівому куті площини карти, координати X і Y можуть мати тільки позитивні значення. Ця система координат, як правило, використовується в растрових цифрових або сканованих картах. У більшості випадків такі системи координат створюються користувачем для локальних проектів.

2. *Двовимірна картезіанська система координат* - початок відліку в нульовій точці, координати X і Y можуть мати як позитивні, так і негативні значення. Значного поширення набули дві глобальні системи координат, побудовані за цим принципом, - *географічна* з нульовою точкою в місці

перетинання екватора і Гринвіцького меридіана; одиниці вимірювання - кутові градуси-хвилини-секунди; і *топографічна* система координат з нульовою точкою також у місці перетинання екватора і Гринвіцького меридіана; одиниці вимірювання - метри.

У складі растрових ГІС-пакетів вимірювання відстаней реалізовано у вигляді аналітичної функції Distance, яка дозволяє будувати карти полів рівної далекості комірок растра відносно одного або декількох об'єктів.

Вимірювання довжин ліній і периметрів полігонів багато в чому подібне до вимірювання відстаней між двома і більше точками. Ця процедура звичайно реалізована у вигляді окремої функції (Object Length, Perimeter), доступної при побудові просторових запитів або при виконанні розрахункових операцій у картографічних базах даних.

Вимірювання площ. Вимірювання площі векторних і растрових полігонів виконується з використанням спеціальної функції Area. Вимірювання площі може виконуватися як з урахуванням, так і без урахування сферичності поверхні Землі.

Вимірювання об'ємів виконується з використанням цифрових моделей рельєфу. Користувач повинен задати рівень горизонтальної площини, що розсікає, в одиницях вимірювання цифрової моделі рельєфу.

Операції вибору допомагають користувачу одержати саме ту інформацію, яка необхідна йому в даний момент роботи з ГІС. Вибір необхідної частини інформації з однієї чи декількох картографічних баз даних здійснюється за допомогою запитів.

Запити (query) є одним з основних інструментів практично будь-якого ГІС-пакета, за допомогою якого користувач одержує інформацію з баз даних. Як правило, користувач за допомогою різних інструментів організації запитів формулює вимоги до інформації, яку необхідно витягти із загального масиву доступних даних і подати у певному вигляді.

Залежно від характеру необхідної інформації запити можуть організовуватися як за *місцем розташування* (за координатами і

взаємоположенням об'єктів), так і за *атрибутами* (ідентифікаторами, класифікаторами і текстовими описами, що зберігаються в атрибутивній базі даних).

Основним інструментом *запитів за місцем розташування* в більшості програмних ГІС-пакетів є велика стрілка на кнопці піктографічного меню. За допомогою цього інструмента визначаються й активізуються картографічні об'єкти при редагуванні.

При організації просторових вибірок з використанням різних шарів використовуються різні функції визначення взаємоположення просторових об'єктів. Просторове положення розраховується відносно одиничних об'єктів, груп об'єктів або усієї сукупності об'єктів зазначених шарів. У багатьох пакетах ГІС доступні такі функції (рис.1):

- *цілком містить* - у вибірку попадають всі об'єкти, у межах яких цілком знаходяться об'єкти іншого шару (а);
- *частково містить* — у вибірку попадають всі об'єкти, у межах яких знаходяться центральні точки об'єктів іншого шару (б);
- *цілком міститься* - у вибірку попадають об'єкти, що цілком знаходяться всередині об'єктів іншого шару (в);
- *частково міститься* - у вибірку попадають об'єкти, центральні точки яких знаходяться всередині об'єктів іншого шару (г);
- *перетинаються* - об'єкти одного або різних шарів мають хоча б одну спільну точку на межі (д);
- *знаходяться на певній відстані від межі* (лінії, точки) іншого об'єкта на одному чи різних шарах (будується буферна зона відповідного розміру) (є).

Побудова *запиту за атрибутами*, що зберігаються в записах реляційної бази даних, виконується з використанням спеціальних мов програмування - універсальних (ЗОЦ мова структурованих запитів) або ГІС-пакета. Дані, за якими виробляється пошук, визначаються ім'ям файлу картографічної бази даних і ім'ям поля в цій базі даних; як правило, пропонується список імен доступних полів.

При побудові текстів запитів мовою SQL для користувача доступні оператори і функції однієї з версій цієї мови роботи із СКБД. Тут можливий пошук у двох і більше таблицях одночасно, зв'язування полів різних таблиць. За допомогою SQL-запитів можливе здійснення пошуку у віддалених базах даних, що зберігають дані в різних файлових форматах, одержання вибірки, побудованої за заданою умовою, і збереження отриманої інформації у внутрішньому форматі конкретного ГІС-пакета.

Рекласифікація є поширеною на практиці операцією, суть якої полягає в зміні змісту растрової карти або на основі характеристик, які містяться в іншій карті (чи картах) з наявної бази даних, або одержаних в результаті просторового аналізу, або, нарешті, на основі сформульованої умови.

Більшість процедур аналізу в середовищі ГІС, які виконуються з растровими просторовими даними, виконується з використанням операцій *картографічної алгебри*.

Операції картографічної алгебри поділяються на *локальні операції* (point operation), *операції сусідства* (neighbourhood operation), або *фокальні операції* (focal operation), *зональні операції* (area operation) і *глобальні операції* (map operation). Операції картографічної алгебри реалізуються за допомогою набору операторів, які виконуються через введення команд, записаних з використанням певних правил побудови. У загальному вигляді ці команди мають вигляд: *Результат* = оператор (*вираз*), де *Результат* - результуюча карта; оператор - один з операторів картографічної алгебри; *вираз* - карта, або оператор, або послідовність операторів. Локальні операції. Клас локальних операцій містить функції, що впливають на картографічні шари «покомірково», тобто - на окремі комірки однієї або декількох карт. *Властивості комірок змінюються на основі вмісту цих самих комірок або вертикального потоку матеріалу через ці комірки*. Операції не залежать від властивостей навколишніх комірок і для кожної комірки нове значення обчислюється на основі значень у цій комірці в одному (чи більше) з картографічних шарів.

Найбільш простими з локальних операцій є арифметичні, тригонометричні, експоненціальні (показові) і логарифмічні функції, застосовувані до комірок одного або кількох шарів даних. Простими є оператори округлення, оператори порівняння й умовні оператори. До цієї ж групи операторів належать булівські (логічні) оператори, оператори перекодування карти за алгоритмами, що задаються користувачем, і генерування полів випадкових чисел, реалізовані в ГІС-пакетах з розвинутими аналітичними можливостями.

До методів *просторового аналізу* можна, по суті, віднести переважну більшість процедур аналітичного блока сучасних ГІС, а саме: *побудову буферів, аналіз географічного збігу і включення, аналіз близькості і зонування території з використанням полігонів Тіссена - Вороного.*

Побудова буферів. Точкові, лінійні і територіальні об'єкти можуть бути використані для побудови нових територіальних об'єктів, межі яких знаходяться на певній відстані від вихідних. Ці нові територіальні об'єкти в ГІС-технології називаються *буферами*. Буфери можуть будуватися навколо точкових (свердловина питного водопостачання, зосереджене джерело забруднення та ін.), лінійних (ріка, траса автомобільної дороги або залізниці, нафтопроводу тощо) і просторових (територіальних) об'єктів (смітник побутових відходів, водоймища, лісовий масив та ін.).

Навколо точкового об'єкта буфер утворить коло з радіусом, визначеним користувачем або обчисленим за зазначеним правилом з використанням набору характеристик.

Для лінійних об'єктів буфер формує прилеглі до них смуги, що вміщують територію, яка лежить у межах визначеної відстані від лінійного об'єкта. Відстань знову-таки може бути задана або обчислена. Можливе задання буферів змінної ширини а відстанню від лінійного об'єкта, пропорційною деяким атрибутам.

Аналіз географічного збігу і включення полягає у визначенні взаємного розміщення точкових, лінійних і просторових об'єктів. Варіантами є:

- визначення знаходження всіх точкових об'єктів (наприклад, метеорологічних станцій), що знаходяться в межах територіального об'єкта (наприклад, адміністративної області або річкового басейну);
- ідентифікація всіх лінійних об'єктів (наприклад, магістральних трубопроводів) у межах територіального об'єкта (наприклад, адміністративної області);
- визначення територіальних об'єктів (наприклад, водойм, звалищ побутових відходів, масивів лісонасаджень), що лежать у межах інших територіальних об'єктів (наприклад, території міста, річкового басейну).

Дана процедура часто використовується разом із процедурою побудови буферів для знаходження об'єктів, що потрапляють у межі буферної зони.

Аналіз близькості. Завданням даного виду географічного аналізу є пошук об'єктів, що лежать на визначеній відстані від початкового об'єкта. Результати аналізу можуть бути використані для подальшої обробки. Концептуально ця процедура подібна до побудови буфера «на льоту» і не вимагає розроблення нової карти - карти буферів.

Зонування території за допомогою полігонів Тиссена – Вороного. Полігонами Тиссена - Вороного називаються багатокутники, побудовані навколо мережі точкових об'єктів таким чином, що для будь-якої позиції в межах полігонів відстань до центрального точкового об'єкта завжди менша, ніж до будь-якого іншого об'єкта мережі, що розглядається.

Побудова багатокутників (полігонів) Тиссена - Вороного на практиці є однією з основних операцій, що поділяють територію, яка розглядається, на сукупність районів, що визначають просторові асоціації і взаємодії. Цей вид аналізу широко використовується для розподілу поверхні на основі визначених користувачем критеріїв і атрибутів. Як приклад можна навести завдання визначення ареалів поширення даних спостережень на мережі метеорологічних станцій, нерівномірно розміщених у межах розглянутої території.

При представленні аналітичних можливостей ГІС серед інших звичайно

називають і *оверлейні операції*, або *оверлейний аналіз*. Як правило, при цьому розуміють операції «накладення» один на одного двох або більше шарів, в результаті якого утворюється графічна композиція, або графічний оверлей, вихідних шарів або один похідний шар, що містить композицію просторових об'єктів вихідних шарів; топологія цієї композиції атрибуту арифметично або логічно похідні від топології і значень атрибутів вихідних об'єктів в топологічному оверлей. У сумісних оверлейних операціях можуть використовуватися різні типи просторових об'єктів: точкові, лінійні і полігональні. Проте найчастіше спостерігаються накладення двох полігональних шарів.

Аналіз рельєфу. Перш ніж перейти до процедур аналізу рельєфу в ГІС, які базуються на цифрових моделях рельєфу, слід визначити поняття

«цифрова модель рельєфу» і розглянути методи побудови цифрових моделей рельєфу, оскільки внаслідок нерегулярності топографічної поверхні й обмеженості наявних даних для її побудови - це завдання не є тривіальним.

Під *цифровою моделлю рельєфу* - ЦМР, хоча останній термін не є точним, оскільки його дослівним перекладом з англійської мови є термін

«цифрова модель місцевості») - у геоінформатиці звичайно розуміють цифрове подання топографічної поверхні у вигляді регулярної мережі комірок заданого розміру або нерегулярної трикутної мережі. Ці дві форми подання ЦМР є в наш час взаємно конвертованими і мають практично однакові можливості щодо подання і аналізу рельєфу.

Для мережного аналізу в різних ГІС-пакетах розроблено ряд спеціальних алгоритмів, користувач має можливість створювати власні алгоритми на основі набору функцій мережного аналізу.

У процесі аналізу проводиться трасування мережі від початкової до кінцевої точки, зазначеної користувачем. Залежно від поставленої мети будуть обрані і відповідним чином позначені ребра і з'єднання, що знаходяться на маршруті руху, у табличному вигляді подані відстані і витрати на подолання маршруту (витрати часу, палива та ін.; витрати продукту або електричної

напруги); списки проміжних об'єктів на маршруті, їхній стан. Отриманий у результаті аналізу маршрут або списки об'єктів на маршруті можуть бути використані для побудови інших аналітичних процедур.

Літературні джерела:

1. Геоінформаційні системи. Вступний курс: навч. посіб. / А.Д. Тевяшев, В.П. Ткаченко, М.І. Губа та ін. – Х. : ХНУРЕ, 2017. – 392 с.
2. Геоінформаційні системи і бази даних. Навчальний посібник/ Андреев С.М., Жилін В.А., Лазарева О.Є. Харків. Нац. Аерокосмічний ун-т ім. Н.Є. Жуковського (ХАІ), 2017. – 88с.
3. Курс практичного навчання користувача геоінформаційної системи ArcGIS 10.5/ Андреев С.М., Красовський Г.Я., Жилін В.А., Лазарева О.Є. Навчальний посібник. Харків: Нац. Аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського«Харків.авіац.ін-т», 2017.– 88с.

Тема 3. Дистанційне зондування поверхні в геоінформаційних системах.

План:

1. Фізичні основи дистанційного знімання Землі.
2. Застосування методів дистанційного знімання у ГІС.

1. Фізичні основи дистанційного знімання Землі

Можливість дослідження Землі з космосу ґрунтується на залежності між властивостями земних об'єктів і характеристиками електромагнітного випромінювання. З усієї різноманітності видів випромінювань найбільші значення для ДМ має так званий *оптичний діапазон*, у якому основним джерелом енергії є Сонце. Довжини хвиль оптичного випромінювання розташовуються в діапазоні від 10^{-8} до $3,4 \cdot 10^{-4}$ м, що включає області УФ видимого і ІЧ - випромінювань (УФ менше 0,4 мкм, видимий 0,4-0,75 мкм, ІЧ 0,75-1 мм, радіодіапазон 1 мм-10 м - діапазони, що виділяються в оптичній частині спектра). У *УФ діапазоні виділяють*: 1) ближній (0,3-0,4 мкм) УФ-діапазон; 2) середній (0,2-0,3 мкм) УФ-діапазон; 3) далекий (менше 0,2 мкм) УФ-діапазон. Видиме світло, тобто світло, яке сприймається людським оком, лежить у діапазоні 0,39-0,8 мкм.

Діапазон ІЧ випромінювання розділяють на: • ближній (0,75-1,5 мкм) ІЧ-діапазон; • середній (1,5-3 мкм) ІЧдіапазон; • далекий (3-1000 мкм) ІЧ-діапазон.

У радіодіапазоні виділяють мікрохвильовий діапазон (1-10000 мм), у якому в свою чергу можна виділити радіотепловий або НВЧ - діапазон (3 мм-30 см). У *ближньому ІЧ-діапазоні* реєструється відбите земною поверхнею сонячне випромінювання; в *середньому і далекому ІЧ-діапазонах*

- власне теплове випромінювання земної поверхні (теплова зйомка). Перевагою є можливість реєстрації температури природних утворень і виконання зйомки вночі, недоліками є поглинання випромінювання аерозолями і менша чутливість результатів до змін фізико-хімічних

характеристик об'єктів.

Перевага зйомки у радіодіапазоні - можливість дослідження значних товщ земної поверхні, велика чутливість результатів вимірів до геометричних характеристик поверхонь, до утримання вологи в ґрунті; незалежність вимірів від метеоумов і впливу атмосфери. Недоліком є меншакількість інформації про природні ресурси.

Найбільш оптимальними умовами зйомки, що дозволяють одержати різноманітну інформацію про природні ресурси, є вимір відбитої або власної радіації земної поверхні одночасно в декількох спектральних діапазонах, тобто використання багатоспектрального методу дослідження. Максимальне значення так званої функції видимості людського ока відповідає довжині хвилі, що дорівнює 0,556 мкм та відповідає жовто-зеленому кольору видимої ділянки спектра. Звідси й сприйняття нами кольору. В залежності від того, яка довжина хвилі, такий колір ми сприймаємо.

Зйомка з космосу ведеться через товщу атмосфери, що викликає ускладнення різного характеру: вплив хмарності, яка екранує, поглинання променів певних довжин хвиль атмосферою, розсіювання променів, вплив атмосферного шлейфу тощо. Отримані в результаті величини переводяться в дискретні безрозмірні цифрові значення, що відповідають характеристикам відбивної здатності, які називають коефіцієнтом спектральної яскравості — коротше спектральною яскравістю.

1 клас - гірські породи та ґрунти - характеризуються збільшенням спектральних яскравостей по мірі наближення до червоної області спектру.

2 клас — рослинний покрив - максимум відбивної здатності у зеленому, мінімум - у червоному діапазоні.

3 клас - водні поверхні - характеризуються монотонним зменшенням відбивної здатності від синьо-фіолетової та червоної зон спектру, оскільки збільшенням довжини хвилі вони сильніше поглинаються водою.

4 клас - снігові поверхні та близькі до них хмари - мають найбільш високі значення спектральної яскравості з невеликим їх зниженням в ближній

ІЧ зоні.

У результаті поглинання і розсіювання випромінювання в атмосфері сонячна радіація зменшується, зменшується її спектральний склад, тому що промені різних довжин хвиль поглинаються і розсіюються в атмосфері по-різному.

Рослинний покрив — це комплексне поняття, що включає в себе ґрунт у сукупності з рослинним угрупованням та приповерхневим шаром атмосфери. Сучасні уявлення про механізми відбивання оптичного випромінювання від листка базуються на твердженні, що і дифузне, й дзеркальне відбиття мають місце; характер відбивання залежить від довжини світлової хвилі, кута падіння, структури поверхні листка, наявності листяних волосків, поверхневого воску, режиму живлення та впливу зовнішніх факторів.

Для встановлення функціональних зв'язків між вегетаційними характеристиками рослин, що перебувають у стресових умовах, і спектральними параметрами цих рослин доцільно вживати так звані *спектральні вегетаційні індекси*, що являють собою суму, різницю або відношення спектральних параметрів, визначених на певних аналітичних довжинах хвиль.

Відбивальні властивості рослинного покриву. Кожний листок відбиває приблизно 50% і пропускає приблизно 50% оптичного випромінювання. Ефективне відбивання оптичного випромінювання від рослинного покриву принципово відрізняється від ситуації, властивій одному листку.

Вплив різних факторів на відбивання рослинного покриву. Відбивальні властивості рослинного покриву залежать від геометрії покриву (площі та орієнтації листя, кількості листяних шарів), типу рослин, що утворюють покрив.

Навіть при безхмарному небі зйомку доводиться вести через усю товщу атмосфери, що поглинає частину променів. Тому зйомку виконують, використовуючи ті ділянки спектра, де ЕМ випромінювання не поглинається, тобто у «вікнах прозорості» атмосфери. Тому при плануванні зйомок

важливо мати у своєму розпорядженні дані про умови вологості у різних районах земної кулі. Вікна прозорості атмосфери - це ті частини спектру сонячного випромінювання, де електромагнітні хвилі не поглинаються в атмосфері. Найбільш перспективними для космічної зйомки за умов хмарності, є субтропічні райони, найбільші ускладнення спостерігаються в Антарктиді й екваторіальних тропічних районах, у середніх широтах вплив екранованої хмарності також ускладнює зйомку земної поверхні.

2. Застосування методів дистанційного знімання у ГІС.

Дані *дистанційного зондування* (ДДЗ, *син. дані аерокосмічного зондування*) (*англ. remote sensing data, remotely sensed data, remote syrveying data, aerospace data*) - це дані про поверхню Землі і об'єкти, розташовані на ній або у її надрах, які отримані в процесі зйомок будь-якими неконтактними, тобто *дистанційними методами*. ДЗЗ – дані дистанційного зондування Землі.

До ДДЗ відносяться дані, отримані за допомогою знімальної апаратури наземного, повітряного або космічного базування, яка дозволяє отримувати зображення у одному чи декількох частинах електромагнітного спектра. Характеристики такого зображення залежать від багатьох природних умов і технічних факторів. До *природних умов* відносять сезон зйомки, освітленість поверхні, що знімається, стан атмосфери і т.ін. До основних *технічних умов* належать тип платформи, яка несе знімальну апаратуру, тип датчика (або сенсора), метод управління процесом зйомки, орієнтація оптичної вісі знімального апарата та метод отримання зображення. Головні характеристики ДДЗ визначаються числом та градаціями спектральних діапазонів, геометричними особливостями отриманого зображення (видом проекції, розподілом викривлень), *розрізнюванням* цього зображення (*англ. image resolution, resolution*).

Датчики (сенсори) дистанційного зондування можуть сприймати різні ділянки електромагнітного спектра, як у видимому діапазоні, так і поза ним. Вони забезпечують повторну зйомку тих же ділянок поверхні Землі через

певний інтервал часу, а також можуть створювати стереозображення. Кожна система ДЗ унікальна і характеризується власними особливостями. А проте, незалежно від типу чутливих елементів, сенсори передають зображення у вигляді прямокутної матриці *пікселів* (скорочення від англ. «*picture elements*» - «*елемент зображення*»).

Піксел характеризується *прямокутною формою і розмірами*, що визначають просторове розрізнювання зображення (або просто просторове розрізнювання), під яким у цілому розуміється *розмір порції земної поверхні, що охоплюється одним, пікселом*. Чим меншим є розмір піксела, тим вищим є просторове розрізнювання. В залежності від призначення, апаратури, способів та умов зйомки, зображення дистанційного зондування можуть мати розмір піксела, тобто розрізнювання, від декількох сантиметрів до декількох кілометрів.

Кількість електромагнітної енергії, що потрапляє в один піксел, перетворюється у число і у бінарному вигляді передається на землю. *Число бінарних розрядів (бітів), якими кодується кожен піксел*, зветься радіометричним розрізнюванням зображення (або просто радіометричним розрізнюванням). Чим більше бітів використовується на кожний піксел, тим вищим є радіометричне розрізнювання.

Для кожного піксела визначаються *декілька відліків* — по одному на кожну зону спектра. Позаяк кожна система ДЗ працює у визначених зонах спектра, для того, щоб обрати належний сенсор, потрібно визначитись не тільки з вимоговими значеннями просторового і радіометричного розрізнювань, а і з зоною спектра, у якій відображаються досліджувані явища та об'єкти.

До найбільш складних проблем, пов'язаних з використанням ДДЗ, відносяться їх *геометрична корекція та отримання корисної інформації із знімків (дешифрування)*.

Стосовно *проблеми геометричної корекції ДДЗ* слід зазначити, що квантування простору на піксели створює ще один рівень спрощення

зображення наземних об'єктів. Об'єкти, які є істотно меншими за розмір пікселів, не можуть бути виявлені (випадок недостатнього просторового розрізнення), а проте їх присутність впливає на кількість випромінювання, що потрапляє на сенсор, створюючи *проблему змішаних пікселів або мікселів*. Практично завжди піксели містять більше або менше число різних об'єктів чи їх частин - питання лише у тому, як таке змішування вплине на наступний аналіз інформації. Коли на знімок потрапляє ділянка з відносно невеликою часткою дрібних «сторонніх» об'єктів, можна вважати, що такі об'єкти, менші просторового розрізнення зображення на знімку, не впливають на результати аналізу. Але у випадку, наприклад, міського середовища, знімки із низьким розрізненням можуть істотно спотворити результати дешифрування, позаяк в окремих пікселях будуть змішуватися суттєво різні за класом об'єкти.

Іншою проблемою є *дешифрування ДДЗ*, процедури якого поділяються на дві групи:

1) процедури поліпшення читабельності знімків (*англ. Enhancemen*) їх призначення - полегшення сприйняття зображення людиною-аналітиком. Сюди входять такі дії, як зміна яскравості та контрастності всього зображення чи окремих його частин, згладжування (в основному для шуму, який створює ефект зйомки через «снігопад»), а також підкреслювання контурів та дрібних деталей;

2) процедури класифікації (категорювання) об'єктів (*англ. categorization*). Класифікація по відношенню до ДДЗ є схожою до всіх інших видів класифікації у ГІС тим, що вона зазвичай вносить додаткове спрощення даних у кінцевий продукт, переводячи ці дані з шкали відношень у більшш «грубі» шкали - інтервальну, порядкову і номінальну. А проте, аналітична парадигма потребує забезпечення доступності вихідних даних для користувача з метою отримання максимуму інформації, чому недешифровані знімки все частіше стають частиною баз даних ГІС, особливо пов'язаних з фактографічною геоекологічною інформацією.

Всі методи класифікації (категорування), які застосовуються при дистанційному зондуванні, мають один результат - *групування пікселів за категоріями, яким можуть бути присвоєні назви (або які воює мають назви).*

Таким чином, можна вирізнити три основних методи класифікації і/або категорування при дешифруванні ДДЗ:

1) *автономна класифікація* з наступним категоруванням, коли для визначення її інтервалів використовуються спеціальні алгоритми, які забезпечують потрібні умови розподілу пікселів за класами (категоріями). Деякі з цих алгоритмів вимагають від користувача введення числа класів, інші реалізуються повністю «самостійно»;

2) *класифікація і категорування за еталонами*, коли оператор вибирає набір заздалегідь встановлених еталонів, які визначаються за існуючими класифікаційними схемами або за характеристиками вказаних користувачем областей знімка тощо, після чого програма автоматично «класифікує і категорує» всі піксели цього знімка;

3) *інтерактивне категорування*, коли користувач задає програмі декілька пікселів (навіть один), які повинні подавати обраний об'єкт, після чого програма «відшукує і показує» всі інші сусідні піксели з аналогічними значеннями.

Літературні джерела:

4. Геоінформаційні системи. Вступний курс: навч. посіб. / А.Д. Тевяшев, В.П. Ткаченко, М.І. Губа та ін. – Х. : ХНУРЕ, 2017. – 392 с.
5. Геоінформаційні системи і бази даних. Навчальний посібник/ Андрєєв С.М., Жилін В.А., Лазарева О.Є. Харків. Нац. Аерокосмічний ун-т ім. Н.Є. Жуковського (ХАІ), 2017. – 88с.
6. Курс практичного навчання користувача геоінформаційної системи ArcGIS 10.5/ Андрєєв С.М., Красовський Г.Я., Жилін В.А., Лазарева О.Є. Навчальний посібник. Харків: Нац. Аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського«Харків.авіац.ін-т», 2017.– 88с.

Тема 4. Інформаційні платформи для сучасного агровиробництва

План:

1. Eos crop monitoring
2. Цифровий сервіс Cropio
3. Цифровий сервіс Climate Field View
4. Цифровий сервіс One Soil

1. Eos crop monitoring.

Щоб спростити спостереження за сільськогосподарськими полями, в EOS розробили EOS Crop Monitoring – цифрову платформу, яка використовує супутниковий моніторинг, щоб пришвидшити процес прийняття рішень фермером, аби він не пропустив важливий момент обробки поля (рис. 1).



Рисунок 1 - Робота з цифровою платформою EOS Crop Monitoring

Ось деякі з функцій, доступних на платформі:

- Моніторинг врожаю дозволяє використовувати Нормалізований диференційований вегетаційний індекс (NDVI) для відстеження стану врожаю у сільському господарстві. Цей індекс контролює кількість хлорофілу в рослинах, що дозволяє отримати інформацію про їх стан. Коли у вас вищі значення NDVI, ви маєте більш здорову рослинність, оскільки чим більше хлорофілу доступно рослині, тим вона здоровіше.

- Ще однією важливою особливістю сучасної інноваційної технології в сільському господарстві EOS Crop Monitoring є застосунок Scouting. Це як мобільний, так десктопний застосунок, в якому використовуються цифрові карти полів. Використовуючи цю програму у сільському господарстві, фермер може призначати розвідникам кілька завдань в пару кліків. Додайте поле, киньте шпильку, поставте завдання. Після того, як завдання призначено, скаут переміщається безпосередньо до обраного місця і перевіряє проблемні ділянки на місці, перевіряє активність шкідників, виконує дії по боротьбі з бур'янами тощо, негайно роблячи записи в застосунку. Це дозволяє оглядати проблемні ділянки лише за потреби, тим самим заощаджуючи час для прийняття необхідних профілактичних заходів.

- Аналітика погоди, як сучасна технологія в сільському господарстві. Аналізуючи погодні дані відповідно до даних про стан рослин, отриманих із супутникових знімків, фермери можуть точно застосовувати полив та запобігати пошкодженню від морозу чи спеки. Наприклад, одним з найкращих методів уникнення проблем посухи є крапельне зрошення за допомогою автоматичного або ручного керування клапанами, таким чином фермер може подавати необхідну кількість води на посушливі ділянки.

- Найсильнішою перевагою EOS Crop Monitoring є той факт, що він заснований на супутникових знімках. Він допомагає аналізувати польові умови сільського господарства або стан конкретних територій і оперативно отримувати цінну інформацію, тим самим прискорюючи оптимальний час реакції, а також приймаючи надійні рішення – які сільськогосподарські культури висаджувати, коли збирати, як ефективно планувати в наступному сезоні, яку кількість поживних речовин та добрив застосовувати, та багато іншого.

Іноді в платформі EOS Crop Monitoring доводиться змішувати різні набори даних, щоб отримати цінну інформацію про ваші поля. Для початку користувач може порівняти продуктивність свого поля із середньою продуктивністю всіх полів у даному районі. Щоб вирішити цю проблему,

застосовується технологія порівняння кількох наборів даних, отриманих з усіх полів у вашому районі. На даний момент такі порівняння доступні лише з використанням індексу рослинності NDVI (рис.2), але в найближчому майбутньому розширюватимуться аналітичні можливості платформи, додавши нові індекси.

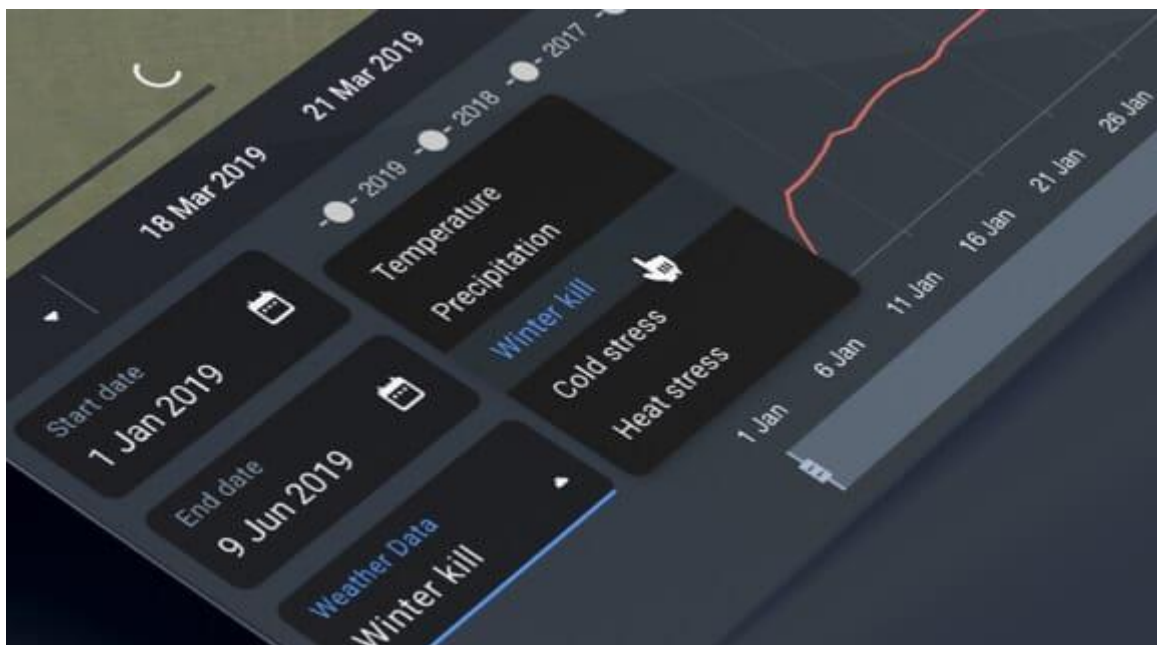


Рисунок 2.- Використання індексу рослинності NDVI

Наступною цінною функцією сучасної інноваційної технології в сільському господарстві, яка використовує численні набори даних, є аналіз даних про погоду. Він складається з наступних варіантів:

- **“Вимерзання рослин”** повідомляє вас про низькі температури, які загрожують вашим озимим культурам
- **“Загроза заморозків”** виділяє дні, коли температура опускалася нижче -6°C , щоб оцінити збиток, нанесений раннім культурам від заморозків
- **“Загроза засухи”** відображає дні з температурою вище $+30^{\circ}\text{C}$ для оцінки шкоди від теплового стресу

Ця функція сучасної технології в сільському господарстві також дозволяє відстежувати опади та температуру.

Перспективні технології в сільському господарстві рухаються в майбутнє семимильними кроками. Вони пропонують фермерам істотну допомогу в їх зусиллях по оптимізації витрат, спрощення управління

сільським господарством і підвищення продуктивності. Підвищення врожайності, а також зниження витрат на технічне обслуговування допомагають збільшити рентабельність. В контексті розумних рішень сучасні технології в сільському господарстві пропонують швейцарський армійський ніж техніки землеробства як для сьогоднішніх, так і для майбутніх фермерів.

2. Цифровий сервіс Cropio

Цифровий сервіс Cropio трансформується у платформу Cropwise Operations

Syngenta Group зробила наступний крок у своїй глобальній цифровій стратегії та об'єднала цифрові сервіси компанії під єдиним монолітним брендом — платформою Cropwise. Тому Cropio стає тепер Cropwise Operations — системою управління сільськогосподарським виробництвом з розширеним функціоналом, простою і зручною інтеграцією з іншими продуктами Cropwise, а також глибокою агрономічною експертизою.

Сільгоспвиробники отримають більше нових і удосконалених функцій системи, розроблених з урахуванням користувацького досвіду, зібраного з десятків мільйонів гектар землі, що перебувають під моніторингом.

Зокрема, уже в цьому сезоні будуть доступні нові інструменти скаутингу, аналізу продуктивності полів, прогнози захворювань і стадій росту рослин та багато інших можливостей.

Cropwise стає активним помічником у веденні сільського господарства. Аграрії матимуть доступ до агрономічної експертизи від найкращих експертів галузі з усього світу — новий модуль системи Agri-intelligence об'єднує функціонал, який допомагає автоматизувати та підвищити ефективність прийняття агрономічних рішень: планування збору врожаю, десикації, управління ризиками на полях тощо.

Використання Cropio на агропідприємствах. Досвід “Кусто Агро”.

Три роки тому компанія “Кусто Агро” впровадила на своєму підприємстві систему Cropio. Це була перша подібна система, яку почали

використовувати в “Кусто Агро”, до цього здійснювався лише GPS-моніторинг техніки та облік ТМЦ у системі 1С. Голова диспетчерської служби “Кусто Агро” Сергій Дзюмка розповідає про досвід використання системи.

Модулі Сгоріо

Серед основних модулів Сгоріо, доступних за замовчуванням: моніторинг стану посівів, агрооперації, телематика. Кожна компанія має змогу сформувати функціонал Сгоріо згідно зі своїми потребами. “Кусто Агро” на початку не цікавила функція телематики у продукті, бо вона дублювала наявну на підприємстві систему GPS-моніторингу.

Окрім цього, фахівці компанії додатково інтегрували в Сгоріо свою систему метеомоніторингу. Занесли історичні дані вимірювань по кожному полю (результати агрохіманалізу ґрунту та ін.) за останні 4-5 років.

Моніторинг якості виконання операцій

Найбільше для компанії був цікавий агромодуль для моніторингу стану посівів і формування баз даних. Система добре справиться з цими задачами. Для наочності на сторінки полів завантажуються знімки та відео, зняті агрономом або з дрона. Вся інформація знаходиться в одній системі, і це спрощує доступ до неї.

Сгоріо використовується і для моніторингу якості виконаних робіт. Обліт дроном поля після виконання технікою завдання дозволяє контролювати якість роботи сівалок, культиваторів, обприскувачів, комбайнів. Фото- та відеоінформація може бути використана для поглибленого аналізу операцій та накопичення історичних даних. Подібний моніторинг важливий для якісного впровадження технологій точного землеробства.

Сгоріо дає змогу повністю відійти від застарілих засобів господарювання, позбутися паперових карт і звітів. Вся потрібна інформація знаходиться в одному модулі. Завдяки смартфону агроном чи директор може впевнено оперувати всіма даними для планування подальших операцій.

Спеціаліст бачить, яка вносилась хімія, як виглядає рослина в тій чи іншій частині поля — все доступно для перегляду. Цей рік перший, коли наша компанія у своїй роботі відмовилась від паперових карт

Диспетчер по роботі з Сторіо (рис. 3)

Окремо в компанії є посада диспетчера по роботі з Сторіо, який адмініструє інформацію, що поступає з системи. Диспетчер надає по кожній культурі близько п'яти звітів. Він звітує по тих полях, які відстають у розвитку, вказує, на що потрібно звернути увагу

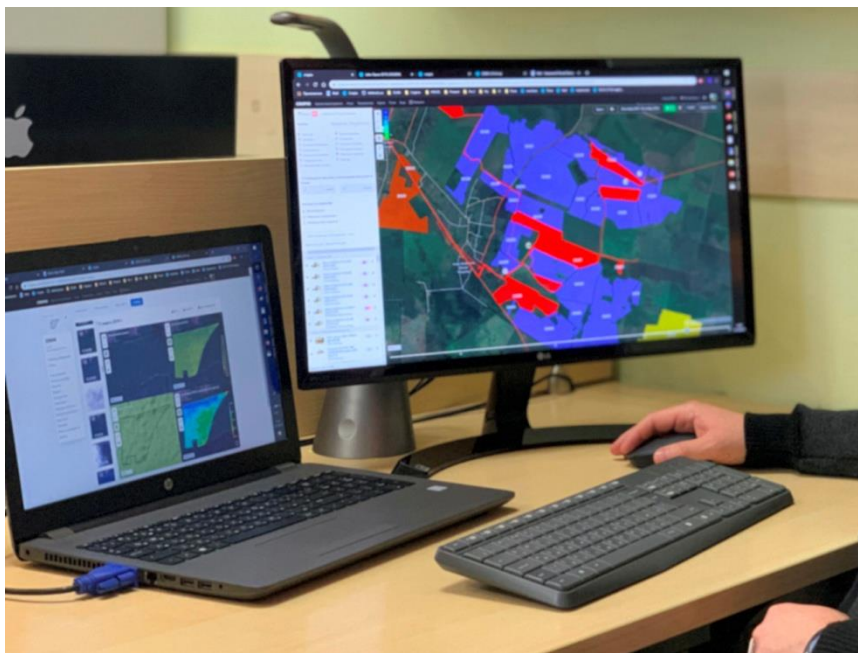


Рисунок 3.- Диспетчер по роботі з Сторіо

Сторіо постійно впроваджує нові інноваційні рішення — інтеграція з фірмовим обладнанням (JohnDeere, Claas, Trimble та ін.), можливість додавання знімків (супутникові знімки високої точності Planet Labs).

Сьогодні за допомогою Сторіо можна побудувати карту дифвнесення, але поки не реалізовані функції підрахунку сходів, аналізу забур'яненості та інші. У компанії дуже добре налагоджено зв'язок з клієнтами і постійно здійснюється моніторинг запитів на ринку, тому ймовірно з часом ці функції також буде включено до пропозиції компанії,

3. Цифровий сервіс Climate Field View

Розпочинаючи новий сезон, кожен аграрій прагне досягти бажаного результату — отримати максимальні прибутки. Для цього потрібно подолати виклики, пов'язані з розвитком сільськогосподарських культур, та загалом мінімізувати можливі ризики. Саме тому дедалі більше фермерів починають використовувати новітні рішення, які дають змогу застосовувати науковий підхід до кожного поля. Звісно, наукові дані використовували у господарствах і до «цифрової ери», але нині за допомогою точного сільськогосподарського обладнання та таких цифрових інструментів, як FieldView, можна визначити потреби навіть найменшої ділянки поля і змінювати залежно від потреби норми висіву, внесення добрив, поливу тощо.

Зважаючи на переваги, точне землеробство почали застосовувати тисячі фермерів по всьому світу. Чимало з них зробили вибір на користь новітньої платформи FieldView, яку в 2015 році запустила на ринок США корпорація Climate Corporation (підрозділ Bayer із цифрового землеробства). Поступово система набувала поширення серед аграріїв Південної та Північної Америки, Європи. Лише на території України протягом 2021 року Climate FieldView було застосовано на понад 2,6 млн гектарів полів. Це провідний сервіс у галузі точного цифрового землеробства, який надає поглиблені знання про кожне поле. А ці знання допомагають приймати більш обґрунтовані операційні рішення для оптимізації врожаю, підвищення ефективності та значного зменшення ризиків.

Розпочинаючи новий сезон, кожен аграрій прагне досягти бажаного результату — отримати максимальні прибутки. Для цього потрібно подолати виклики, пов'язані з розвитком сільськогосподарських культур, та загалом мінімізувати можливі ризики. Саме тому дедалі більше фермерів починають використовувати новітні рішення, які дають змогу застосовувати науковий підхід до кожного поля. Звісно, наукові дані використовували у господарствах і до «цифрової ери», але нині за допомогою точного сільськогосподарського обладнання та таких цифрових інструментів, як FieldView, можна визначити

потреби навіть найменшої ділянки поля і змінювати залежно від потреби норми висіву, внесення добрив, поливу тощо.

Зважаючи на переваги, точне землеробство почали застосовувати тисячі фермерів по всьому світу. Чимало з них зробили вибір на користь новітньої платформи FieldView, яку в 2015 році запустила на ринок США корпорація Climate Corporation (підрозділ Bayer із цифрового землеробства). Поступово система набувала поширення серед аграріїв Південної та Північної Америки, Європи. Лише на території України протягом 2021 року Climate FieldView було застосовано на понад 2,6 млн гектарів полів. Це провідний сервіс у галузі точного цифрового землеробства, який надає поглиблені знання про кожне поле. А ці знання допомагають приймати більш обґрунтовані операційні рішення для оптимізації врожаю, підвищення ефективності та значного зменшення ризиків.

Climate Corporation пропонує фермерам у цей відповідальний період скористатися новою функцією платформи — автоматичним створенням завдань змінної норми висіву FieldView™ Seed Scripts. Вона дасть можливість створити індивідуальний науково обґрунтований план сівби для кожного поля, що заощадить час, оптимізує витрату насіннєвого матеріалу та підвищить загальну продуктивність польової операції.

FieldView™ Seed Scripts використовує дані з поля господарства та результати тестових польових випробувань для формування рекомендацій з різними нормами висіву, щоб фермери могли швидко та легко створювати електронні карти завдання для техніки по кожному окремому полю з урахуванням його локальних особливостей. Усе доволі просто: із запропонованих варіантів фермер на своєму пристрої обирає найкращий для кожного поля.

Рекомендації з нормами висіву, які враховують особливості різних ділянок поля, потенційно можуть збільшити врожайність та навіть зменшити витрати на посівний матеріал. FieldView формує оптимальні карти-завдання для здійснення сівби з урахуванням відмінностей на кожному полі, а також

надає зручні інструменти для аналізу врожайності, щоб фермер врешті-решт міг підтвердити правильність свого вибору і приймати у майбутньому обґрунтовані управлінські рішення.

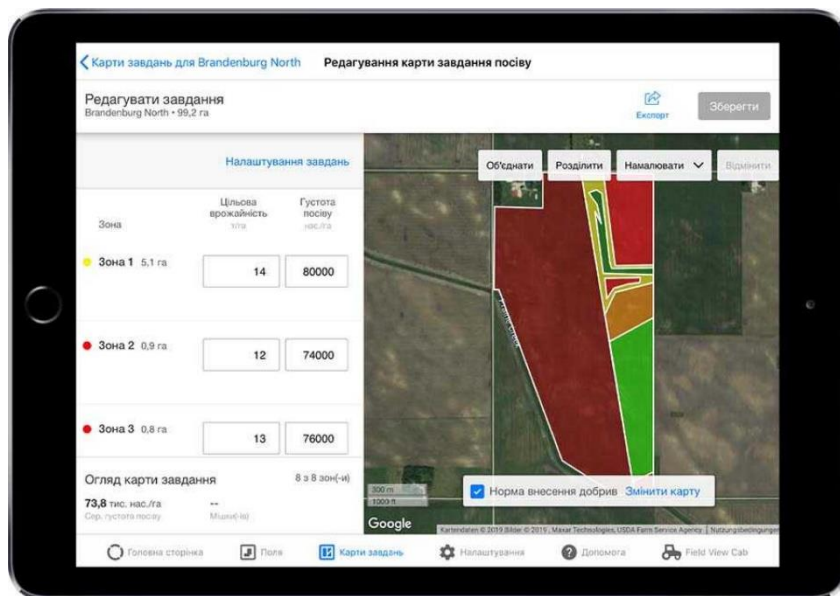


Рисунок 4. Створення зон для карти висіву вручну

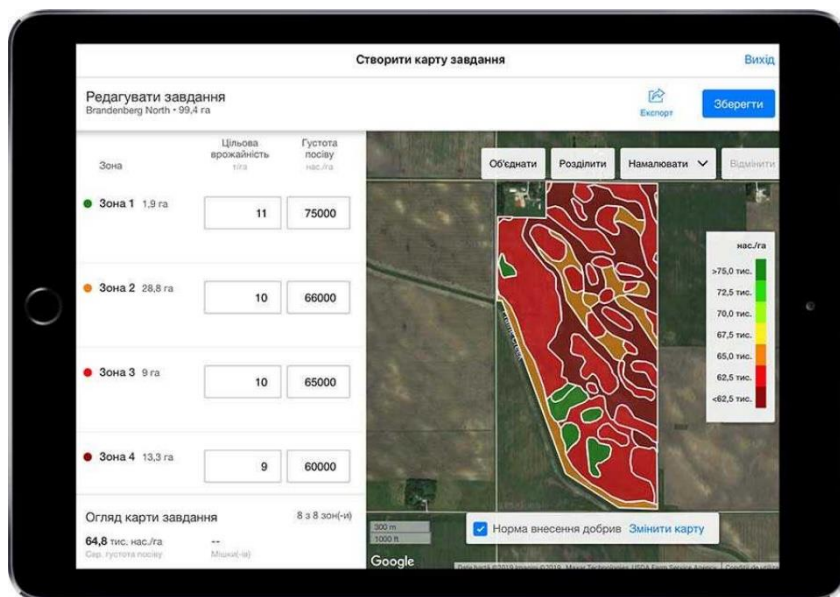


Рисунок 5. Створення карти висіву в автоматичному режимі з рекомендаціями густоти висіву насіння кукурудзи

За допомогою цієї функції можна визначити зони продуктивності поля та створити карти-завдання під заплановану врожайність чи рентабельність виробництва (рис.5,6). У цьому рішенні для аналізу використовують безпосередньо дані з полів підприємства. Щоб визначити відмінності та

оцінити особливості різних зон, цифрова платформа FieldView™ застосовує модель, що враховує річні супутникові знімки (де вони доступні) за кілька попередніх років або дані урожайності. У розрахунок також беруть дані про потенціал певних гібридів. Щоб досягти найвищого рівня точності, компанія БАЙЄР закладає та проаналізує дослідні ділянки на полях підприємств та власних демополях в агрокліматичних районах України з різними умовами для вирощування сільськогосподарських культур. І тепер результати цих досліджень застосовують для створення індивідуальних рекомендацій для кожного поля: виокремлення зон з різним потенціалом, визначення оптимальної норми висіву та гібрида.

Таким чином, на сьогодні кожний користувач системи FieldView™ має доступ до описаних переваг технології змінних норм висіву а також може спробувати функцію автоматичного створення карт висіву для лінійки гібридів кукурудзи DEKALB.

4. Цифровий сервіс One Soil

Додаток OneSoil Scouting — це безкоштовна мобільна програма, яка допомагає спостерігати за розвитком рослин дистанційно і знаходити на полі проблемні зони, які потрібно перевірити. У програмі OneSoil Scouting кілька завдань: вона допомагає дистанційно спостерігати за станом полів, зберігати інформацію про них та залишати нотатки.

За допомогою цього додатку можна не тільки спостерігати за полями, а й можна розраховувати норми насіння та добрив, аналізувати графіки вегетації, ефективних температур та накопичених опадів, візуалізувати файли з бортових комп'ютерів. Обидві програми можна використовувати з одного облікового запису: вони синхронізуються між собою.

Можливості додатку OneSoil Scouting:

- *Управління земельним банком*

Аграрій отримує можливість легко і швидко знаходити своє поле на карті та в один клік виділяти його межі для створення віртуальної карти поля

та отримання великої інформації з поля. Також у платформі можна самостійно обвести контури або завантажити файл.

- Спостереження за посівами

OneSoil надає можливість детально спостерігати за розвитком рослин зі зміни вегетаційного індексу NDVI, що отримується з супутникових знімків. Інформація про кожне поле оновлюється кожні 3-5 днів. Також платформа полегшує обхід полів, скаут може залишати нотатки в офісі або під час польового обходу - програма визначить, де людина знаходиться і підказує по переміщенню. Також сервіс показує прогноз погоди на 5 днів із точністю 2 кілометри.

- Планування агрооперацій

Диференційоване внесення добрив. На основі актуального супутникового знімка програма виділяє три зони з різним вегетаційним індексом NDVI. Агроном з точністю визначає норму добрив для кожної ділянки та в один клік створює файл із завданням для бортового комп'ютера. Також є можливість вибрати бажану культуру та спланувати врожайність. Програма, з урахуванням інформації за попередні три роки та на підставі супутникових знімків виділить зони різної врожайності та автоматично розрахуємо норму добрив для кожної ділянки.

За допомогою цього додатку Підвищується продуктивність полів за допомогою цифрового землеробства.

OneSoil допомагає дистанційно стежити за посівами, підвищувати врожайність, знижувати витрати на насіння та добрива; використовувати переваги супутникового моніторингу; контролювати розвиток рослин та застосовувати технології точного землеробства. А саме:

Слідкуйте за вегетацією на полях та знаходите проблемні зони (рис.6)



Рисунок 6. - Пошук проблемних зон на полі.

Додавати межі поля в один клік - і ми вже знайшли всі поля на супутникових знімках (рис. 7)

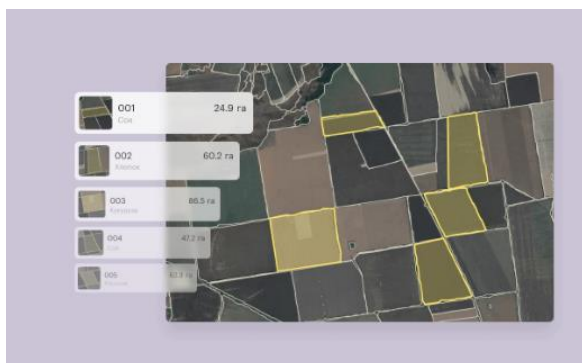


Рисунок 7.- Пошук необхідних полів на супутникових знімках

Дізнаватися зони продуктивності за кілька років для диференційованого внесення (рис.8)

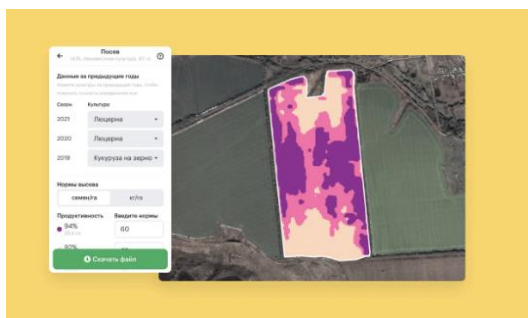


Рисунок 8.- Зони продуктивності для диференційного внесення

Скаутинг за допомогою смартфонів: Оперативно знаходити проблеми та заощаджувати час та гроші на огляді полів

- знаходити проблемні ділянки навіть не виходячи з дому
- створювати нотатки та фотографії під час обходу
- сортувати поля та розфарбовувати їх за різними типами даних
- дізнаватися прогноз погоди та оптимальний час для обприскування

Метеодатчик OneSoil вимірює температуру ґрунту, повітря, їх вологість, атмосферний тиск та освітленість на ділянці поля.

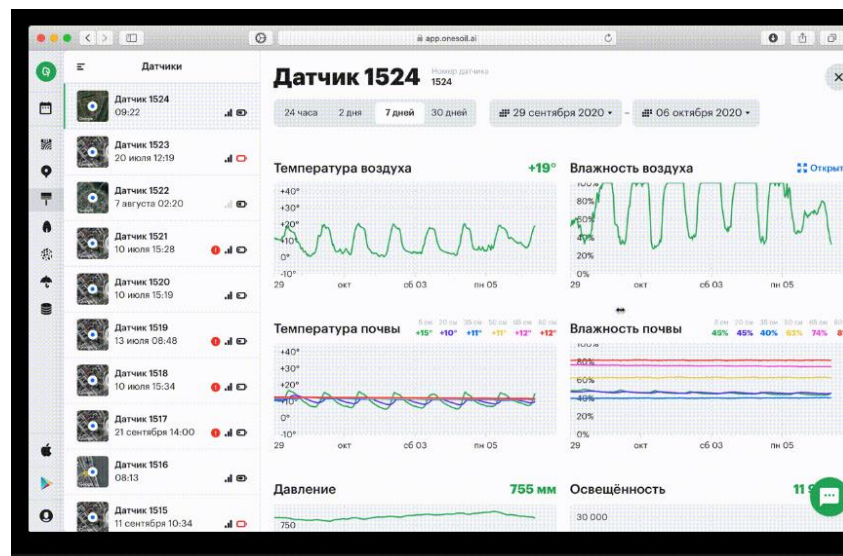


Рисунок 9.- Метеодатчик OneSoil для дослідження точних даних з полів

За допомогою метеодатчика OneSoil (рис.10) можна стежити за стан ґрунту, оптимізувати графік поливу рослин, планувати польові роботи та визначати найкращий час для посіву та внесення добрив.



Рисунок 10. - Метеодатчик OneSoil

Що дає нам Метеодатчик OneSoil? Він дає наступні можливості:

-оптимізувати графік поливу рослин: дивитися, як змінюється вологість ґрунту в різних ділянках поля, отримувати точний прогноз погоди – і вибирати оптимальний час, норму та частоту поливу;

-вибирати час посіву: кожній рослині для проростання потрібна різна кількість тепла та вологи. Якщо у вологому кліматі сіяти рано, паростки почнуть загнивати. При пізньому посіві в сухому кліматі рослини можуть або зовсім не зійти або зійти рідко. Тому при виборі часу посіву важливо орієнтуватися на вологість ґрунту, повітря та їх температуру;

-закривати вологу завчасно: контролювати вологість у верхніх шарах ґрунту та на глибині кореневої системи, щоб вчасно запобігти втраті вологи. Наприклад, якщо вологість ґрунту на поверхні зростає, а у коріння падає, швидше за все, через капілярні канали почала виходити волога. Можливо, зараз саме час розпочати культивуацію або боронування;

- вибирати оптимальний час для внесення добрив: якщо органічні та мінеральні добрива вносити у вологий ґрунт, їх ефективність підвищується – волога допомагає добривам розчинятися і вони швидше стають доступними рослинам.

-слідкувати за станом ґрунту: щоб уникнути хвороб та загибелі рослин, важливо контролювати рівень вологості ґрунту та його температуру. Наприклад, постійний надлишок вологи та високі температури можуть призвести до розвитку грибкових захворювань;

-передбачати зміни погоди: прогнозувати погоду допоможе вимірювання атмосферного тиску. Атмосферний тиск зростає – погода буде стійкою. Падає - чекати хмарності та підвищеної вологості;

-уникати холостих виходів у поле: польові роботи важливо проводити з урахуванням вологості та температури ґрунту. При високій вологості ґрунту трактор грузне і техніці доводиться повертатися назад. Показання метеодатчика допомагають приймати рішення, виходити в полі чи ні.

OneSoil - корисний застосунок, який дає можливість віддалено спостерігати за розвитком посівів, стежити за погодою, залишати замітки.

Переваги застосунку OneSoil:

Моніторинг полів

Спостерігайте за розвитком рослин, виявляйте проблемні ділянки на полі та оцінюйте якість польових операцій. Використовуючи супутникові знімки, застосунок OneSoil обчислює індекс вегетації NDVI — показник стану рослин.

Погода на полях

Стежте за погодою на своїх полях, щоб краще планувати польові роботи. OneSoil показує прогноз погоди на найближчі 5 днів, карту опадів у реальному часі, а також наші рекомендації щодо часу обприскування.

Інструмент для сівозміни

Ведіть сівозміну та плануйте майбутні сезони в одній таблиці.

Вебверсія застосунку проаналізує попередні дані та автоматично порадить культуру для майбутнього сезону.

Замітки про стан посівів

Залишайте замітки під час огляду полів (наприклад, якщо знайшли бур'яни чи підтоплення), прикріплюйте до них фотографії та діліться їхніми координатами з колегами.

Офлайн-доступ Переглядайте NDVI за пів року, залишайте замітки та редагуйте інформацію про поля без підключення до інтернету.

Застосунок нічого не втрачає й синхронізує всі дані, щойно ви знову під'єднаєтеся до мережі.

Супутникове стеження за посівами

Якщо поле однорідне, достатньо виміряти хлорофіл в одному місці. Якщо в полі є неоднорідні зони, необхідно зробити по одному вимірюванні в кожній зоні.

З Onesoil ви можете стежити за розвитком ваших культур. Індекс вегетації NDVI показує хороші, середні і погано розвинені зони.

At.farm був створений провідним світовим виробником добрив – Yara. Унікальним в цьому є те, що розвиток рослин вимірюється вегетативними показниками, які були спеціально розроблені науково-дослідним центром Yara.

Супутникові знімки

Якщо поле однорідне, достатньо виміряти хлорофіл в одному місці. Якщо в полі є неоднорідні зони, необхідно зробити по одному вимірюванні в кожній зоні. Як ми розрізняємо зони?

Найпростіше це відбувається за допомогою супутникових знімків – наприклад, у Onesoil або At.farm.

Як ви можете бачити на малюнку, в цьому полі є три основні області – сильна (темно-зелена), середньо розвинена (зелена) і слабо розвинена (світло-зелена). У цьому випадку потрібно три вимірювання хлорофілу – по одному в кожній зоні. Це дасть вам інформацію про кількість азоту з якою потрібно удобрювати в кожній області. У конкретному випадку, наприклад, для сильного району ми отримали рекомендацію удобрювати 40 кг активного азоту на гектар, в середньому – 60 кг, а в слабкому – 80 кг. Якщо ви будете використовувати однакову азоту для удобрення, ви можете взяти середнє значення для всього поля. Можна, звичайно, удобрювати і перемінливо.

Змінне удобрення

Це дуже легко зробити – просто введіть норми удобрення для кожної зони в програмному забезпеченні з супутниковими зображеннями. Програмне забезпечення автоматично готує карту змінного удобрення. Можете зберегти карту як файл на USB флешку, і завантажити її в GPS навігацію в ваш трактор, наприклад: Trimble, Amazone, Raven, Ag Leader, John Deere, Topcon або інші.

Стратегії змінного удобрення

Існують дві основні стратегії змінного удобрення. У першій, так звана “соціалістична”, більше добрив вводиться в слабкіші райони і менш на сильні. Ефект цього полягає в тому, що врожайність у різних областях поля

вирівнюється. Це призводить до менших втрат врожаю, оскільки налаштування комбайна не повинні різко змінюватися від зони до зони.

Однак ця стратегія має одну особливість. Згідно польовим дослідженням, що проведені фахівцями Onesoil, якщо ви введете більше добрив у слабкі зони, у 55% випадків не отримаєте більше врожаю. Причина цього полягає в тому, що обмежуючим фактором для виходу часто є не азот, наприклад, кислий ґрунт (низький рН), нерівномірним рельєфом (швидке осушення або затопленням), відсутність інших поживних речовин і т.д. Для того, щоб «соціалістична» стратегія працювала, необхідно з'ясувати, в чому полягає проблема і вирішити її, якщо це можливо. Якщо ви не зможете її вирішити, немає сенсу застосовувати більше азоту до слабших зон – це призведе лише до більших втрат.

Літературні джерела:

1. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 5. Значення точного землеробства в сучасних умовах розвитку сільськогосподарського виробництва.

План:

1. Суть застосування СТЗ. Стан СТЗ в Україні та у світі.
2. Основні поняття елементів точного землеробства.

1. Суть застосування СТЗ. Стан СТЗ в Україні та у світі.

Одна з головних рис сучасного стану землеробства в Україні – реструктуризація форм власності на землю та засоби виробництва сільськогосподарської продукції. Процес реструктуризації характеризується підвищенням відповідальності господаря землі за результати своєї діяльності як в аспекті фінансово–виробничої діяльності, так і в аспекті збереження родючості ґрунтів і оточуючого середовища. Це вимагає застосування нових систем ведення сільськогосподарського виробництва. Сучасний стан землеробства в більшості країн з високим рівнем розвитку сільського господарства (США, Канада, Німеччина та ін.) свідчить про стійку тенденцію застосування системи точного землеробства (СТЗ) – високоінтегрованої системи аналізу і синтезу технологій вирощування с.–г. культур та їх керуванням.

Суть застосування СТЗ полягає в тому, що кожен рік з сільськогосподарського поля збираються два врожаї – біологічний та інформаційний. Обидва “врожаї” пов’язані між собою в часі та просторі.

СТЗ зародилася в США близько 20 років тому після того, як уряд дозволив використовувати геовизначену інформацію з 24 військових супутників (супутники були спроектовані і виготовлені фірмою Rockwell) у цивільних цілях. Для цивільного користувача відкрився доступ до Глобальної Системи Позиціонування – ГСП. Клієнт такої системи має можливість зв’язатися з супутником і отримати інформацію з географічних координат свого місцезнаходження, швидкості переміщення і точного часу. Основна

проблема точної навігації мобільних сільськогосподарських агрегатів пов'язана з тим, що дані про координати, що їх надають радіонавігаційні ГСП-супутники в трьох вимірах (широта, довгота і висота) в реальному часі і реальних світових координатах, несуть в собі декласифікаційні викривлення, які знижують точність визначення місцезнаходження до величини близько ± 50 метрів. Такий діапазон похибки визначення координат МТА в полі для ведення точного землеробства неприйнятний. Тому, використовують технологію диференційної ГСП, яка включає в себе систему наземних стаціонарних станції, які обчислюють різницю між реальною (відомою для даної станції) і визначеною з супутників позиціями і передають цей сигнал корекції в ефір. Система ДГСП рухомого об'єкту приймає цей сигнал і декласифікаційні викривлення знімаються. ДГСП може забезпечити точність позиціонування в межах декількох сантиметрів, що достатньо для цілей точного землеробства.

Наявність геовизначеної інформації про стан поля дозволяє знайти точні шляхи по зниженню витрат на виробництво сільськогосподарської продукції та збільшенню прибутків. СТЗ дозволяє “бачити” окремі рівні картограм поля, а також аналізувати їх комбінації і таким чином визначати коротко– та довгострокову стратегію організації землеробства на даному конкретному полі. Така система організації землеробства забезпечує економію технологічних матеріалів (органічних та мінеральних добрив, насіння, пестицидів тощо) та енерговитрат на усіх технологічних операціях. Таким чином, за рахунок докорінного вдосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур система точного землеробства забезпечує оптимізацію процесів виробництва продукції рослинництва.

Система точного землеробства – це нова форма управління сільськогосподарським виробництвом, яка включає в себе використання нових ресурсозберігаючих технологій, використання сучасних засобів отримання і обробки інформації в формі, що дозволяють точніше і якісніше вести роботи підприємству.

Основні завдання, які вирішуються систематично:

Контроль використання високопродуктивної сучасної техніки (з допомогою системи GPRS – Global Positioning System – Система Глобального Позіціонування)

Автоматизація процесів водіння техніки при виконанні технологічних операцій. Виключаються перекриття і прошуки між проходами агрегатів (використовується система GPRS.)

Перехід до „прецезійного” землеробства. З’являється можливість вносити строго визначену кількість добрив, насіння на різні участки одного і того ж поля.

Мінімальним „квантом” території, з яким має справу агроном стає не поле, а його окремий участок.

Автоматичний моніторинг врожайності, складання карт урожайності поля.

Складання ґрунтових карт господарств з використанням автоматичних ґрунтовідбірників, що використовують GPRS прийомники.

Автоматичний моніторинг прогнозування погодних умов в господарстві. Складання прогнозів появи шкідників, хвороб і бур’янів на основі даних автоматичних метеостанцій і програмного забезпечення.

Підготовка звітів для керівників господарств автоматична, на основі зібраних і нетрадиційними методами даних, що різко підвищує їх достовірність, виключає вплив людського фактору.

Накопичення і зберігання даних, що дозволяє відслідковувати динаміку процесів, а електронний формат – наглядність їх представлення.

Відслідковування зміни стану поля і посівів на різних участках, що дозволяє визначити послідовності їх обробітку.

Моніторинги попередження надзвичайних ситуацій (пожарів, повеней і др.)

Багатофакторний аналіз і наглядне представлення зібраних даних, що дає можливість їх легко і швидко інтерпретувати.

Контроль за використанням прийнятих рішень.

1.2. Основні поняття елементів точного землеробства.

1. Глобальна Позиційна Система (GPRS) включає в себе 24 космічних супутники, що рухаються навколо Землі, яка дозволяє при наявності спеціальних приймаючих пристроїв (антени і ресивера) з високою точністю (до 5 – 10 см) визначити місцезнаходження будь-якого об'єкту. Для отримання цієї інформації необхідно встановити прилади на техніку, що експлуатується і підключитись до системи GPRS. Система супутників дозволяє отримати точну інформацію про координати, а відповідно і швидкості об'єкта. Еквівалентом даної системи є розробка колишнього Радянського Союзу ГЛОНАС. В теперішній час ця система центром управління СН . Вона складається з 24 супутників, які забезпечують обхват земної кулі.

2. Друга складова включає в себе датчики, або сенсори, що служать для визначення різних матеріалів. Їх дія основана на дії електромагнітних, інфрачервоних хвиль, ультразвуку, та використанні мультиспектральних камер, вони дають можливість визначити шаги параметрів як врожайність зернових, склад азоту в ґрунті і, її вологість, біомасу і види бур'янів.



Рис. 1 – Робота агрегату за координатами GPS

Одним з найбільш поширених і вже використовуваних на практиці є сенсор врожайності.

Врожайність сільськогосподарської культури на різних участках поля не

буває однаковою. Тому така величина, як врожайність в ц/га, на несе достатньої інформації для виявлення причин варіабельності врожаю в межах одного поля. Для цього необхідний прилад, для визначення врожайності культури в режимі безпосередньої роботи комбайна (режим ON-Лайн).

Важливим питанням в с.-ч. є внесення азотних добрив, при неправильному внесенні їх в ґрунт в рослині накопуються нітрати.

Для внесення дійсно необхідної норми азотних добрив в режимі „ON-лайн” використовується N-сектор. Принцип дії цього приладу в розпізнаванні ультрафіолетових хвиль, які поглинаються рослинами. Чим більший вміст азоту, тим ступінь поглинання вища. Світло, що не поглинулось, а відбилося фіксується світловими сенсорами, якими обладнаний агрегат, вони визначають кількість азоту в рослинах. Інформація поступає на бортовий комп'ютер, що управляє розкиданням добрив.

Третя складова – GIS – Географічна інформаційна система яка слугує для перетворення зібраної інформації з допомогою сенсорів на бортовому комп'ютері в форму прийнятну для читання.

Географічна інформаційна система – це сукупність технічних засобів, програмного забезпечення і інформації, які дозволяють зберігати, обробляти отримані дані і видавати їх в більш прийнятній формі – у вигляді таблиць і апплікаційних карт. З допомогою GIS можна отримати карти врожайності культур, в яких наглядно видно, на якому участку поля високий врожай, а на якому низький. Маючи такі карти поживних речовин, вологості, води ґрунтів, біомаси фермеру легше прослідити причини зміни.

Четверта складова – Інформаційно-обчислювальний центр. Завдання якого збір інформації, що фіксується сенсорами. Дані необхідні для створення карти пам'яті, з якої дані переносяться в бортовий комп'ютер. На бортовому комп'ютері фермери встановлюється норми висіву і автоматично вводиться користування в залежності від вологості ґрунту. Тобто на участках поля, де вологість достатня, посів буде виконуватись при встановленні норми висіву, а це значення вологості відрізняється від допустимої, норма висіву буде змінена

автоматично.

Етапи впровадження системи точного землеробства

Створення високоточних електронних карт господарства з виконанням спеціального програмного забезпечення і системи супутникових навігаційних приймачів.

Роботи по відборі і аналізу ґрунтових проб з GPRS прив'язкою і створення електронного шару

Ґрунтової карти господарства;

Адаптація і впровадження системи паралельного водіння техніки. Організація прийому диференційованих поправок супутникового регіону. Впровадження системи автопілотування сільськогосподарських агрегатів.

Впровадження системи моніторингу рухомих об'єктів (авто і сільськогосподарської техніки) з використанням GPRS сигналів.

Впровадження системи моніторингу врожайності на комбайнах з визначенням маси, вологості зібраного зерна в кожному сегменті поля в режимі реального часу.

Створення електронного шару – карти врожайності полів господарства на основі моніторинга врожайності.

Адаптація програмного забезпечення по прогнозуванню появи бур'янів і шкідників і хвороб сільськогосподарських культур.

Впровадження систем диференційного внесення добрив і засобів захисту рослин.

Літературні джерела:

1. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 6. Огляд систем позиціонування в системі точного землеробства.

План:

1. Супутникова система глобального позиціонування. Диференційна система глобального позиціонування.

1. Супутникова система глобального позиціонування. Диференційна система глобального позиціонування.

Загальновідомо, що кінцевою метою сільськогосподарського виробника є отримання максимального урожаю при належному збереженні родючості ґрунту та екологічного стану середовища. При цьому урожай є результат дії цілого ряду факторів, таких як світло, тепло, повітря, волога, стан ґрунту (твердість, щільність), рівень наявності поживних речовин тощо, а також дії механізованих операцій з обробітку ґрунту, внесення добрив, пестицидів, сівки тощо.

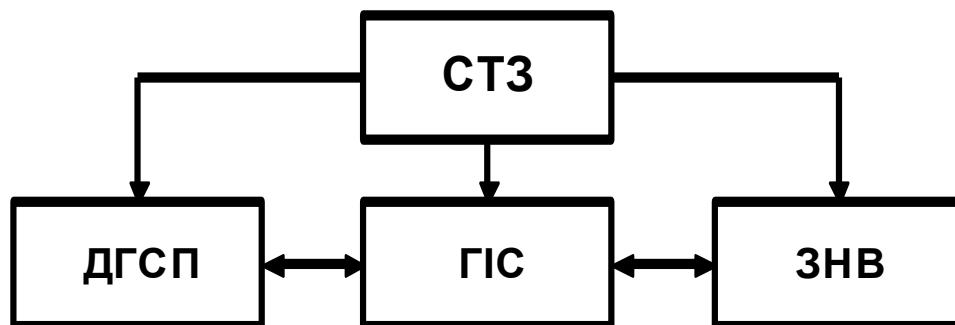
Якщо взяти окреме поле, то кількісна оцінка вищеназваних факторів є змінною величиною і вона залежить від конкретної точки (місця) на полі. Тобто в одних місцях поля умови для росту і розвитку рослин кращі, в інших - гірші. Оскільки рослина не може сама для себе вибирати краще місце на полі, то виникає потреба створити для неї штучні оптимальні умови. Для створення таких умов необхідно знати кількісну оцінку названих факторів в конкретній точці поля. Існують різні методи визначення кількісної оцінки фізико-механічних властивостей ґрунту – вологості, твердості, поживних речовин та ін. Більшість з цих методів пов'язана з відбором проб ґрунту у вузлах решітки, якою «накривають» поле. Разом з тим такі методи не можуть забезпечити необхідну достовірність показників в конкретній точці поля, оскільки визначається середнє значення по обмеженій кількості точок на полі. Побудувати карту поля з вищеназваних факторів існуючими методами практично неможливо через велику трудомісткість цих операцій і, відповідно, великих фінансових витрат (витрати на одну пробу визначення рівня

поживних речовин становлять біля 60 гривень).

Для комплексного вирішення вищеназваної проблеми доцільно застосовувати місцевизначені технології вирощування сільськогосподарських культур, які дозволяють здійснювати кількісну оцінку природних факторів в кожній точці поля, записувати цю геовизначену інформацію на магнітні носії, аналізувати її і після цього змінювати параметри факторів в кожній конкретній точці. Все це дає можливість створювати оптимальні умови розвитку рослин на такому полі і, відповідно, отримувати максимальний урожай.

Завдяки застосуванню таких технологій, з року в рік буде накопичуватись інформація про стан поля і з'являться можливість встановлювати «діагноз» стану поля і приймати правильні, обґрунтовані рішення щодо ефективного його використання.

Для забезпечення функціонування СТЗ застосовують Глобальну Систему Позиціонування (ГСП) та Географічну Інформаційну Систему (ГІС). Структурна схема СТЗ зображена на рисунку.



Традиційно, керування урожаєм базується на понятті «ціле поле». Такий підхід означає, що норма внесення всіх технологічних матеріалів, що вносяться (насіння, добрива, пестициди тощо), застосовуються як «однорідна ковдра» до всього поля.

При великих розмірах поля, чинники, що впливають на рівень урожаю (тип ґрунту, рівень поживних речовин, мікроелементи) варіюють великою мірою. Це приводить до «витратного» ведення сільського господарства особливо тоді, коли вносяться дорогі технологічні матеріали з метою

підвищення урожаю, наприклад стимулятори росту або концентровані поживні речовини. Спеціалізоване обладнання для ТЗ дозволяє планово змінювати норми технологічних матеріалів, що вносяться, відповідно до умов кожної конкретної ділянки поля.

Природно, що введення нових елементів в сільськогосподарське виробництво вимагає додаткових витрат. Однак, гармонізація взаємодії сільськогосподарської техніки з робочим та навколишнім середовищем, а також оптимізація витрат технологічних матеріалів, що вносяться та додатковий урожай дозволяють отримати вигоду від точного землеробства. За даними компанії Crop Technology, Inc. (USA) застосування технології змінних норм внесення дозволяє збільшити на \$35-120 чистий прибуток з гектару площі зернового поля щорічно. [Мета точного землеробства](#) – максимізувати прибутки від виробництва продукції рільництва і, отже, отримати максимальну продуктивність при найменших витратах.

Система точного землеробства – є новим індустріальним кроком в землеробстві.

Аналіз наукової та виробничої сфер діяльності суспільства свідчить про безперервний процес удосконалення засобів і знарядь виробництва та умов праці виробника. Цей процес підпорядковується законам розвитку живої і неживої матерії.

Таким чином розвиток (як поняття), передбачає цілеспрямовані, незворотні зміни на краще в техніці та технології виробництва продукції взагалі і сільськогосподарської зокрема. Саме тому сучасний рівень розвитку суспільства характеризується чіткою тенденцією зрушень в бік так званих високих технологій.

Для тих, хто живуть і працюють в високорозвинених країнах і зайняті в сфері сільського господарства, СТЗ стала філософією їх професійної діяльності та сходинкою до нового, більш високого рівня культури землеробства.

Для правильного розуміння мети, задач і проблем ТЗ, необхідно знати

тлумачення основних термінів СТЗ. Нижче наведені терміни та їх тлумачення в порядку, що відповідає частоті їх вживання в літературних джерелах.

Таблиця – Основні терміни з точного землеробства

Термін:		Тлумачення терміну
міжнародної практики	вітчизняний	
Precision Farming, Precision Agriculture	Точне землеробство	Практичне застосування норм (доз) внесення технологічних матеріалів у відповідності до унікальних особливостей кожної елементарної ділянки поля
Site-Specific Farming	Місцевизначене землеробство	Поняття дуже близьке до значення точного землеробства; підкреслює специфічну визначеність кожної елементарної ділянки поля в СТЗ
GPS (Global Positioning System)	ГСП (Глобальна система позиціонування)	Радіонавігаційна супутникова система для визначення місцезнаходження стаціонарних і мобільних об'єктів в трьох світових координатах: довготі, широті та висоті з точністю в межах декількох десятків метрів. ГСП допомагає знайти необхідну точку з визначеною точністю. (Звернути увагу, що термін "GPS" (ГСП) часто використовується неправильно і часто, щоб ідентифікувати Точне землеробство. GPS - тільки один з елементів СТЗ)
DGPS (Differential Global Positioning System)	ДГСП (Диференційна Глобальна система позиціонування)	Скоригована за спеціальною методикою радіонавігаційна супутникова система для визначення місцезнаходження стаціонарних і мобільних об'єктів в світових координатах з точністю в межах декількох десятків сантиметрів
GIS (Geographic information system)	ГІС (Географічна інформаційна система)	Система комп'ютерних апаратних засобів, програмного забезпечення і заходів, розроблених для аналізу і просторового відображення місцевизначених даних з певних характеристик полів для планування і керування сільським господарством
VRT (Variable	ЗНВ	Технологія, що реалізується за

Термін:		Тлумачення терміну
міжнародної практики	вітчизняний	
rate technology) *	(Технологія змінних норм внесення)	допомогою спеціального обладнання для зміни норм внесення технологічних матеріалів (добрив, насіння, пестицидів і т.д.) у відповідності до особливостей кожної елементарної ділянки поля
Base Map	Базова карта	Геовизначена карта поля з необхідними даними, що використовується як основа для розміщення даних з місцевизначених характеристик.
Thematic map	Тематична карта	Геовизначена карта, що побудована за конкретними даними з місцевизначених характеристик поля. Ці карти містять в собі інформацію з урожаю, типу ґрунту, внесення добрив, пестицидів тощо.
Layer	Рівень	Логічний розподіл загальної інформації карти поля на тематичні рівні, наприклад, рельєф, шляхи, урожайність, тип ґрунту, поживні речовини тощо.
Map Merge	Об'єднання карт	Перетворення двох і більше карт поля в одну, узгоджену в координатах
Map Stacking**	Пошарове розташування карт	Розташування карт одна над другою з метою розробки стратегії однопрохідного багатофункціонального внесення технологічних матеріалів із змінною нормою
Database	База даних	Логічна сукупність даних з місцевизначених характеристик поля, що керується як модуль характеристик поля
Grid	Сітка	Організація розміщення даних, що містяться в елементарних ділянках поля або осередках комірок сітки, якою «накривається» поле
Soil Sampling	Збір проб ґрунту	Процес взяття проб ґрунту на елементарних ділянках поля або в осередках комірок сітки, якою «накривається» поле
Grid Mapping	Зображення карти з сіткою	Відображення структури даних, що містяться в елементарних ділянках поля або осередках комірок сітки, як карти з певних характеристик поля

Термін:		Тлумачення терміну
міжнародної практики	вітчизняний	
Yield Monitoring	Контроль урожаю	Визначення урожаю в кожній елементарній ділянці поля
Crop Scouting	Полева розвідка	Точні оцінки наявного місцевизначеного урожаю та місцевизначеної популяції шкідників і хвороб.
Aerial photography	Аерофотозйомка	Фотографування поверхні землі з літаків з метою визначення змін в області, наприклад, полі.
Lat/lon (Latitude and Longitude)	Широта та довгота	Широта та довгота описують позицію об'єкта на земній кулі. Широта - з півночі до південної позиції. Довгота - зі сходу до західної позиції. Точні позиції описані в градусах, хвилинах і секундах.
Remote sensing	Дистанційний контроль	Ідентифікація об'єкту або ряду об'єктів без прямого контакту датчика з ними.

*, ** - патентовані технології

Літературні джерела:

1. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 7. Технології варіабельного внесення сільськогосподарських матеріалів.

План:

1. Моніторинг агрохімічного стану ґрунтів та врожайності у системі точного землеробства
2. Огляд технологій варіабельного внесення. Сфери застосування технологій варіабельного внесення сільськогосподарських матеріалів
3. Компоненти системи варіабельного внесення.

1. Моніторинг агрохімічного стану ґрунтів та врожайності у системі точного землеробства.

Використовують два основних методи вибірки ґрунту на аналіз:

- метод "сітки";
- метод "типу ґрунту";

Метод сітки.

Здійснення методу сітки засновано на розподілі поля на прямокутники чи квадрати розміром 0,3 - 1 га. Фермер робить вибірку з кожного осередку і посилає проби в лабораторію для аналізу.

Ціль цього підходу - оцінити потребу в питомих речовинах ґрунту в масштабі менше ніж усі поле. Можна використовувати два способи для здійснення методу сітки:

Спосіб Центру Сітки

Спосіб Осередку Сітки

Ціль методу центра сітки полягає в тому, щоб вимірити рівні питомих речовин у центрі осередку сітки. При здійсненні вибірки, використовують Гсп-системи, щоб точно визначити центр кожної комірки сітки при проході через поле. Після досягнення центра осередку сітки береться проба ґрунту і записуються координати.

Метод осередку сітки дуже подібний попередньому за винятком того,

що кожна комірка сітки розбивається на набагато менші частини, де беруться проби ґрунту і після їх лабораторного аналізу дані усереднюються. Тобто, кілька вибірок зсередини кожного осередку об'єднані в одну складену вибірку осередку. Таким чином, обробляється весь осередок сітки в припущенні однакових властивостей ґрунту.

Здійснення методу "тип ґрунту". Основою до цього методу є вибірки відповідно до типу ґрунту. Фермер робить ті ж самі процедури вибірки, що описані вище, однак, замість сліпого використання однорідної сітки, він використовує оглядові карти ґрунту, щоб вибрати розташування вибірок. Кілька вибірок об'єднані з кожної області різного типу ґрунту. Цей метод здійснюється по вибірках з різних областей поля.

Визначення вмісту поживних елементів в ґрунті. Місце визначеними параметрами ґрунту вважаються ті фактори, які впливають на його родючість і урожайність даної культури. До них слід віднести агрохімічні: наявність в ґрунті поживних речовин азоту (n), фосфору (p_2O_5) і калію (K_2O) кислотність ґрунту pH та інші, а також фізико-механічні характеристики ґрунту: вологість, щільність, твердість. Особливістю цих параметрів являється те, що їх величини на одному і тому ж полі є змінними величинами.

Для визначення рівня поживних елементів проводиться відбір зразків ґрунту. Перед взяттям зразків ґрунту поле розподіляється на ділянки площею близько 2500 м² (50х50 м). Відбір зразків ґрунту проводиться, наприклад, в міжряддях, по осі ділянки вздовж гону.

Для взяття зразків ґрунту використовуються бури-щупи з об'ємом зразка ґрунту 10 см³.

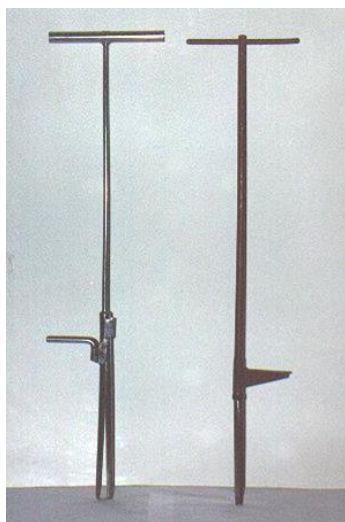


Рис. 1. Бури-щупи для взяття зразків ґрунту.

Зразки ґрунту після висушування та подрібнення піддаються аналізу. Мінеральні сполуки азоту в ґрунті, що засвоюються рослинами, існують у вигляді амонію NH_4^+ та нітратів NO_3^- . Амонійний азот у ґрунті визначається калориметричним методом з допомогою реактиву Несслера після витяжки з ґрунту нейтральною сіллю KCl при співвідношенні маси ґрунту до розчину, як 1:2,5. Визначивши амоній перераховують його на азот.

Нітрати визначають, як правило, потенціометричним способом за допомогою іонометра з використанням іоноселективного електроду ЭМ-NO_3 на РН-340 в суспензії алюмокалієвих галунів при співвідношенні ґрунту до алюмокалієвих галунів, як 1:2,5. Вміст нітратів також перераховують на азот (N). Мінеральний азот в сполуках NH_4^+ і NO_3^- складають і розраховують в мг на 100 г ґрунту.

Рухомий фосфор визначають за методом Чирікова в модифікації ЦІНАО фотоколориметричним способом у витяжці $0,5\text{CH}_3\text{COOH}$ при співвідношенні ґрунту до кислоти, як 1:25 по Деніже в модифікації Левицького.

Вміст рухомого (обмінного) калію (K_2O) визначають у витяжці

0,5нСНЗСООН (по Чирикову) при співвідношенні ґрунту до оцтової кислоти, як 1:25 полум'яневофотометричним методом на Flafo-4. Калій при досліді виділяє промені з певною довжиною хвилі. Ці хвилі проходять через інтерфераційні світлофільтри і потрапляють на фотоелемент, який перетворює світлову енергію в електричну. Інтенсивність випромінювання зв'язана з величиною струму. Вміст сполуки K_2O у ґрунті вираховується шляхом порівняння з шкалою зразкових розчинників. Розрахунки проводяться в мг на 100 г ґрунту.

Побудова картограм місцевизначених параметрів ґрунту.

Побудова картограм місцевизначених параметрів, в тому числі і параметрів ґрунту, пов'язана з підготовкою і наступним аналізом масивів експериментальних даних. Після проведення лабораторно-польових досліджень, маємо числові характеристики агрохімічних параметрів поля, кількісна та якісна оцінка яких прив'язана до штучної координатної сітки поля, або до світових координат.

Прив'язка до світових координат дає можливість визначати агротехнологічні та агрохімічні властивості полів, як місцевизначену інформацію. За певних умов інформаційні дані кожної проби ґрунту можуть бути розподіленими по площі поля нерівномірно. Наприклад, маємо умовне поле розміром 1000 на 1000 метрів з величини умовного параметру ґрунту в експериментальних точках.

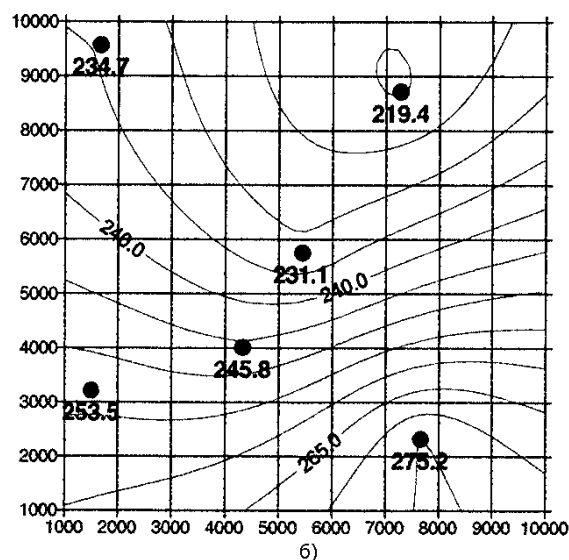
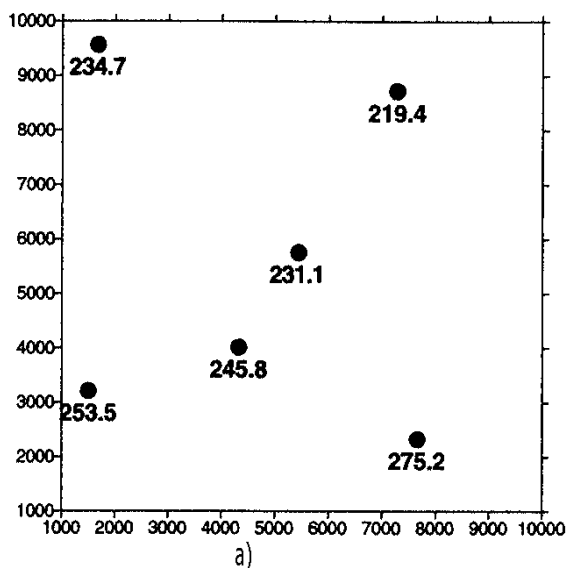


Рис. 2. Схема утворення рівномірно розподілених даних при побудові картограм параметрів поля:

- а) – експериментальні точки і величини параметрів в них;
- б) – вузли координатної решітки поля.

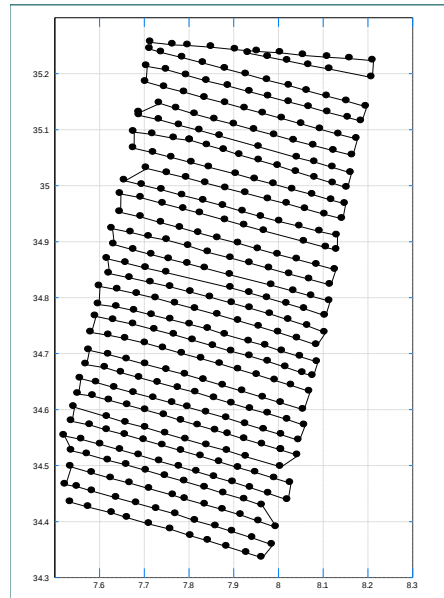
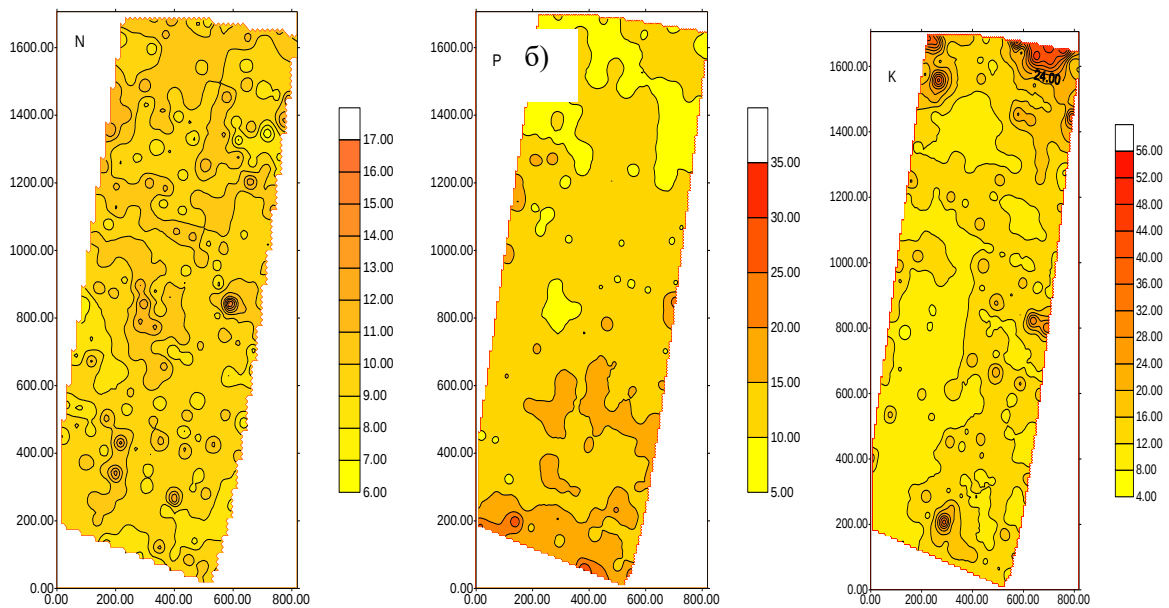


Рис. 3. Схема реальних точок місцевизначеного взяття проб ґрунту на полі.

Для того, щоб побудувати картограму умовного параметру поля, необхідно розподілити інформацію експериментальних точок між вузлами рівномірної решітки, якою "накривають" поле (б), тобто провести інтерполяцію даних. Після операції інтерполяції можливо переходити до побудови картограми. На рисунку нижче показані, як приклад, картограми рівня поживних речовин в ґрунті поля № 4 корпорації "Інтерагросистема" с. Данилівка, Менського р-ну, Чернігівської обл.



Картограми рівня поживних речовин в ґрунті (азот, фосфор, калій — відповідно), в мг/100 г. ґрунту. Поле № 4 корпорації "Інтерагросистема" с. Данилівка, Менського р-ну, Чернігівської обл.

2. Огляд технологій варіабельного внесення. Сфери застосування технологій варіабельного внесення сільськогосподарських матеріалів

Технології ЗНВ добрив, пестицидів, висіву насіння реалізуються під час руху агрегату по полю. Роботи із змінними нормами проводяться, як правило, відповідно до спеціального плану (карти) технологічних внесень, що складається на підставі місцевизначеної інформації про стан поля і даних з моніторингу урожайності попередніх сільськогосподарських сезонів.

Розглянемо сутність застосування технологій ЗНВ на прикладі роботи посівних машин.

Посівні машини відносяться до класу машин-реалізаторів. Одночасно з традиційними задачами виконання агротехнічних вимог до сівби тієї або іншої культури, сівалки, у разі їх застосування в ТЗ, повинні ще виконувати задачі реалізації електронних картограм (планів) сівби, які синтезовані на підставі алгоритмів оптимального співвідношення між агробіологічним потенціалом елементарних ділянок поля і нормою сівби. Схеми формування і реалізації картограм сівби представлені нижче.

З схем видно, що при застосуванні СГМ в СТЗ, обов'язковим елементом додаткового обладнання є система визначення положення машинно-тракторного агрегату (МТА) в полі.

Для утворення регульованої щільності $\lambda(S)$ розподілу насіння по площі поля, а разом з цим і інтенсивності потоку $\lambda(t)$ необхідно мати апаратно-програмний комплекс спеціалізованого обладнання. Наприклад, для зернової сівалки (типу СЗ-3,6А) регулювання норми сівби під час робочого процесу можливо здійснювати зміною частоти обертання вала катушок висівних апаратів або за рахунок зміни робочої довжини катушок.

Останнє є більш простішим варіантом реалізації змінних норм сівби, тому що в цьому випадку базова конструкція сівалки потребує мінімальних змін.

3. Компоненти системи варіабельного внесення.

Функції обчислення інформації, що надходить від приймача ГСП, картограми сівби, датчиків кінематичного режиму руху МТА та зворотного зв'язку бере на себе бортовий комп'ютер, що має слот для магнітної картки з електронною картою сівби та можливість передачі інформації на дисплей для її графічного представлення. Дисплей дозволяє оперативно контролювати перебіг виконання технологічної операції сівби при робочому процесі.

Якщо для реалізації технології застосовується ГСП, то з'являється можливість користуватися обчисленою інформацією не тільки про координати місцезнаходження МТА в полі, але і про швидкість його руху.

Деякі приймачі ГСП (з субметровою точністю позиціонування) можуть дати точність визначення швидкості в межах 0.15-0.2 м/с. Практика використання обладнання ГСП на сільськогосподарських рухомих об'єктах свідчить, що досить часто виникає ситуація з втратою сигналів з супутників.

Пов'язано це з багатьма факторами, але основними з них є непередбачені атмосферні явища, викривлення радіосигналів за рахунок прийому відбитих променів, а також попадання МТА разом з приймальною антеною в зони

“радіотіней” від ліній електропередач, лісосмуг тощо. Втрата інформації про швидкість переміщення МТА може привести до зміни заданої норми сівби в недозволених межах. Тому досить широко використовується практика визначення швидкості руху МТА (пройденого шляху) за рахунок установки на мостах ведучих (ведених) коліс МТА відповідних датчиків.

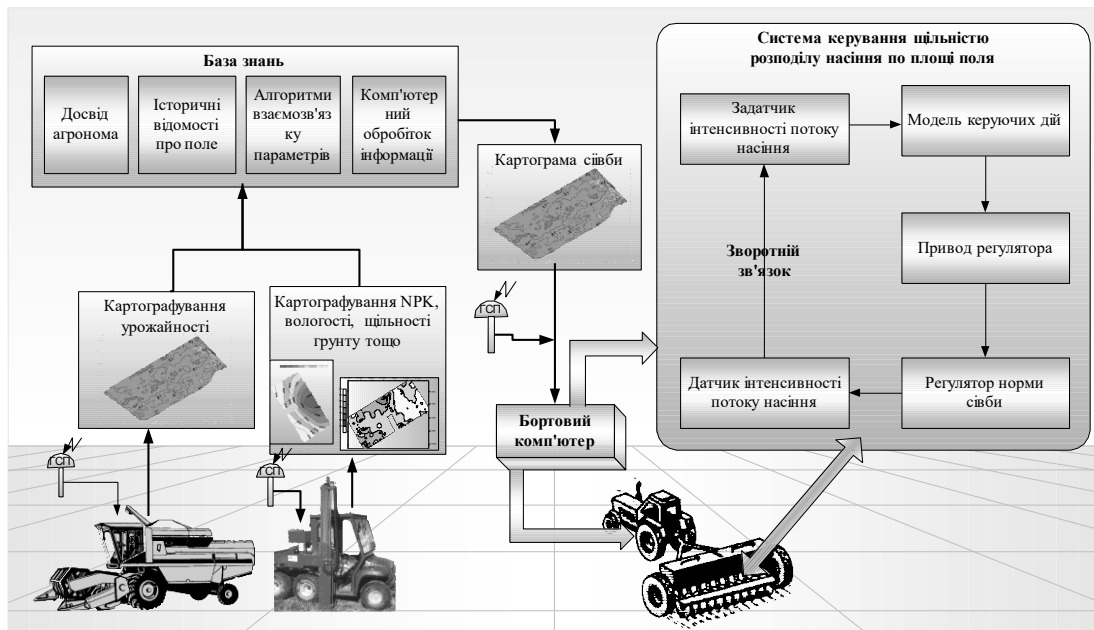


Рис. 5. Схема формування і реалізації картограми сівби

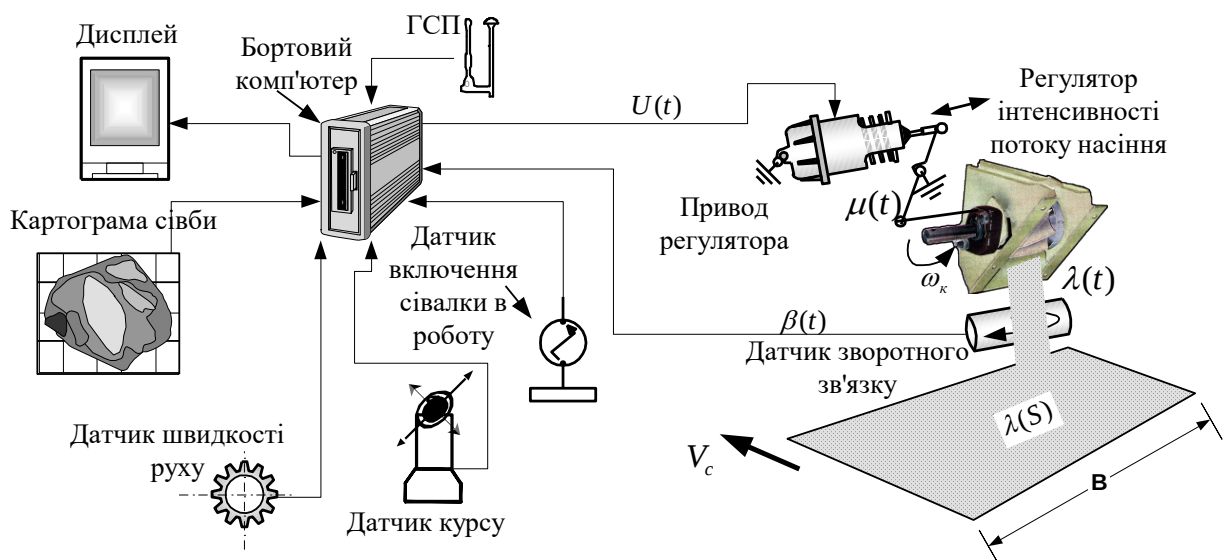


Рис. 6. Схема обладнання для керування щільністю розподілу насіння по площі поля

Недоліками такого вимірювання є такі фактори, як зміна радіусу кочення колеса під час роботи машини, а також пробуксовка та ковзання коліс по поверхні ґрунту. З метою визначення швидкості руху МТА використовуються, також, сенсори радарного типу. Точність роботи навіть добре відкаліброваного радарного сенсора великою мірою залежить від кількості і стану решток на поверхні поля і стану самої поверхні, що є обмежуючим моментом в його застосуванні. Наприклад, сенсор RSS (Raven Industries, США) має діапазон вимірювань від 0,22 до 31,1 м/с і похибку вимірювань близько 3 %. В загальному, на етапах розробки спеціалізованого обладнання для існуючих сівалок, варто розглядати варіант визначення швидкості руху МТА в полі за рахунок опорного або додаткового ("п'ятого") колеса, як найбільш доцільний.

Літературні джерела:

1. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 8. Методи збору даних урожайності культур. Складання карт врожайності.

План:

- 1 Основні компоненти системи моніторингу врожайності.
2. Збір даних про врожайність культур.
3. Складання карт врожайності.

1. Основні компоненти системи моніторингу врожайності.

При проведенні картографування урожайності сільськогосподарських культур, виходять з умови, що центрами окремих невеликих (елементарних) ділянок поля приймають прямокутники, одна сторона яких являє собою ширину захвату жатки комбайна, а друга- шлях, пройдений комбайном за 1,2 с.

Світові координати цих точок поля, тобто центрів ділянок (широта і довгота) визначались за допомогою комплекту обладнання ГСП .

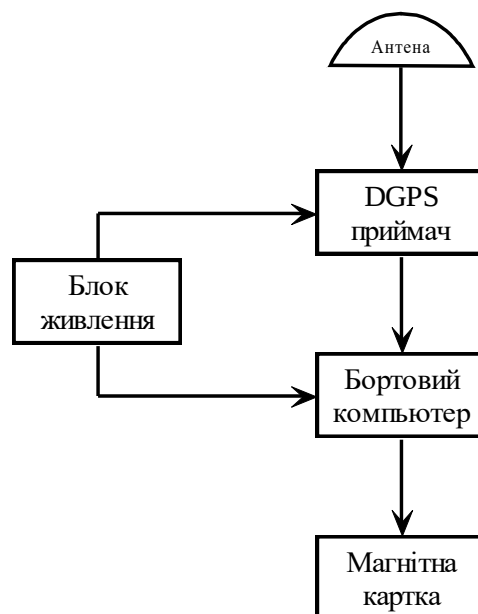


Рис. 1. - Схема комплекту обладнання для запису координат МТА в польових умовах

Урожайність на елементарній ділянці поля визначається шляхом ділення маси зібраного зерна на площу цієї ділянки. Дані про масу зерна, зібраного з

елементарної ділянки, фіксуються датчиком маси зерна і разом з даними про розмір ділянок надходять до бортового комп'ютера комбайна.

2 Збір даних про врожайність культур.

Моніторинг урожайності зернових культур – це система заходів, спрямованих на формування масивів місцевизначених даних урожайності на елементарних ділянках полів і побудову на базі цієї інформації картограм урожайності.

Для формування таких масивів місцевизначених даних необхідно мати наступну інформацію:

про точне місцезнаходження (в світових координатах) зернозбирального комбайна в кожний момент часу його роботи,

про урожайність на елементарних ділянках поля площею

$$S = BL,$$

де B – ширина захвату жатки комбайна,

L – відстань (по ходу комбайна) між двома послідовними точками, в яких фіксується місцезнаходження комбайна.

Отже, для проведення досліджень з моніторингу урожайності зернових культур необхідно мати обладнання, до складу якого входить апаратура для визначення місцезнаходження комбайна в полі і визначення урожайності на елементарних ділянках поля.

Розглянемо структуру подібного обладнання на прикладі системи Field Star, яка встановлюється на комбайнах Massey Ferguson.

Комплект апаратури Field Star для визначення місцезнаходження комбайна в полі включає в себе приймальну антену ДГСП – сигналу, що встановлюється на кабіні комбайна.



Рис. 2. - Установка приймальної антени ДГСП-сигналу на зернозбиральному комбайні MF-38

ДГСП - сигнали, прийняті антеною, обробляються бортовим комп'ютером комбайна у складі контрольного дисплея і системного блока. Інформація про місцезнаходження комбайна в полі у світових координатах (широта, довгота) виводиться на екран контрольного дисплею, а також записується на магнітний носій – флешкарту.

Для визначення урожайності на елементарних ділянках поля використовується датчик маси зерна, який складається з джерела γ -випромінювання 1 і детектора 2 .

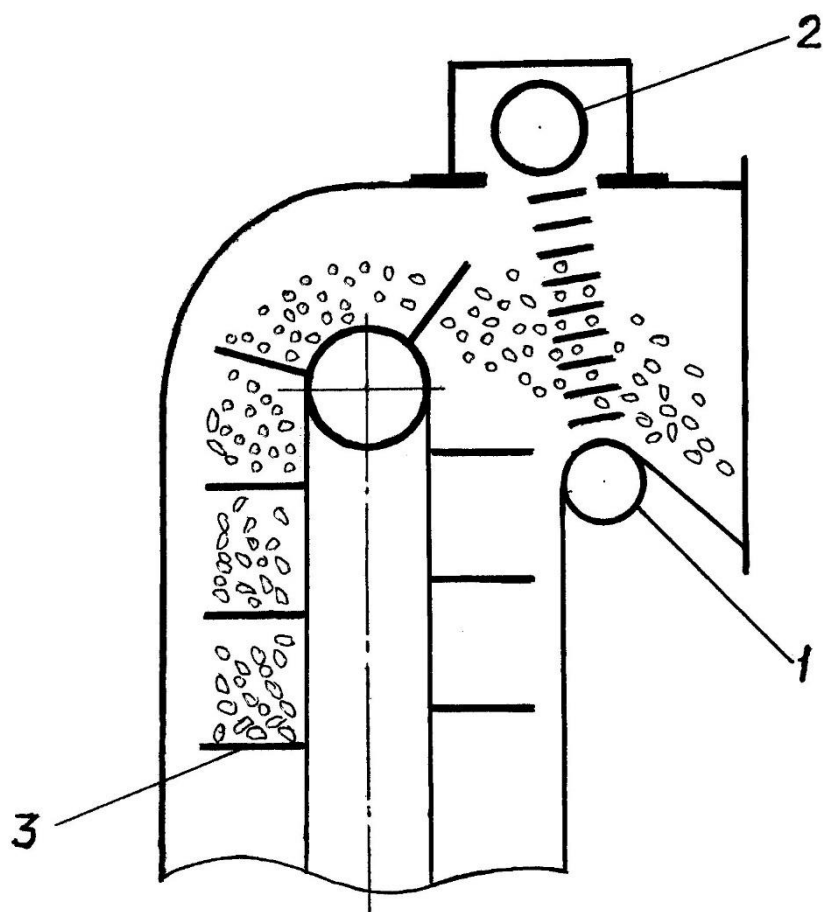


Рис. 3. - Схема функціонування датчика маси зерна Massey Ferguson .

1 – джерело γ -випромінювання; 2 – детектор ;
3 – зерновий елеватор.

Джерелом γ -випромінювання є контейнер з радіоактивним елементом Americium-241. Контейнер має екран, який дає змогу утворювати нормальний потік γ -променів тільки в напрямку детектора. Випромінювання в усіх інших напрямках заекрановане. Рівень радіаційного випромінювання при застосуванні такого датчика не становить загрози здоров'ю людини.

Детектор реєструє потік радіаційного випромінювання, який проходить через горловину зернового елеватора.

Визначення маси зерна базується на вимірюванні величини потоку радіаційного випромінювання з урахуванням того, що ослаблення цього потоку пропорційне масі зерна, яка проходить між джерелом γ -випромінювання і детектором.

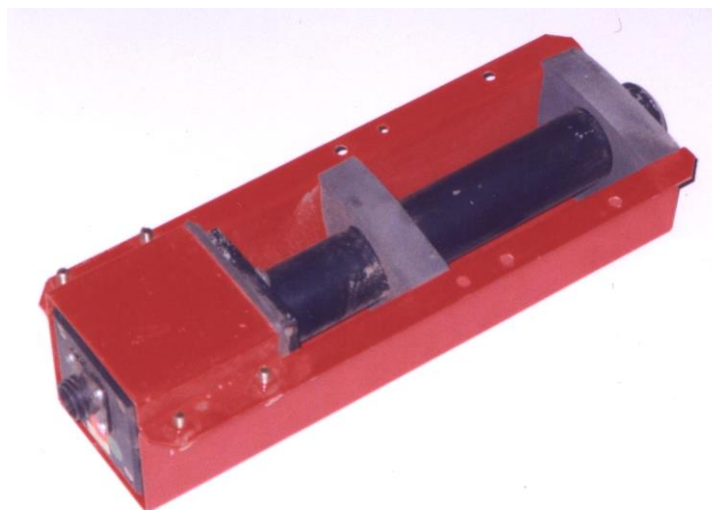


Рис. 4. - Детектор датчика маси зерна.

Точність визначення маси зерна датчиком становить $+ 0,5\%$.

Швидкість руху комбайна контролюється по спідометру, який зв'язаний з вихідним валом КПП комбайна.

Положення жатки комбайна по висоті контролюється датчиком підйому жатки. При піднятті жатки вище 50 см над поверхнею ґрунту, тобто коли процес збирання припинено, система Field Star не працює .

3. Складання карт врожайності.

Числові значення урожайності на елементарних ділянках поля, що зафіксовані комп'ютером, складають масиви даних для побудови картограм урожайності на полі. Обробка та аналіз масивів урожайності зернових здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Введення даних в цю програму здійснюється, в свою чергу, у стандартному форматі представлення даних NMEA. Цей формат включає дані про час, місце знаходження (фіксовані дані для ГСП приймача), параметри технологічної операції.

На прикладі нижче, показана картограма урожайності озимої пшениці. Як бачимо, рівень врожаю цього поля змінюється від 3,9 т/га до 8,6 т/га - варіація в 62% щодо середньої врожайності. Внесення технологічних матеріалів (далі просте внесення) проводилося в традиційній формі (з сталою

нормою).

Результати картографування врожаю, що виражені у вигляді гістограми, показують, що тільки 20 % поля лежать в межах середньої урожайності 7.5 т/га. Це дає привід до роздумів, як розподіляти внесені матеріали відповідно до отриманої карти врожаю.

Як бачимо, карти технологічного стану поля являються зв'язуючими ланками в ланцюгу механізованих технологічних операцій, що складають технологічний процес. Кожна карта технологічного стану поля подається у вигляді контурних (або спектральних) кольорових графіків. Таке графічне подання даних полегшує сприйняття інформації, але водночас ускладнює математичний аналіз карт поля. Тому спектральні карти технологічного стану поля трансформують у трьохмірні поверхні:

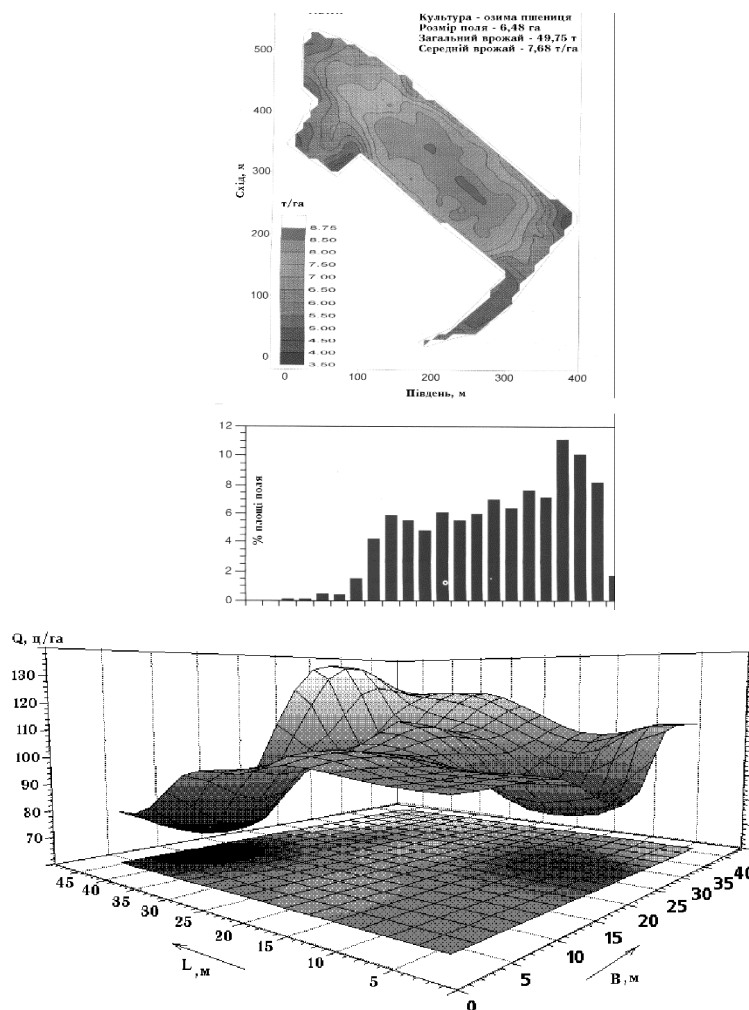


Рис. 5. - Величина врожаю кукурудзи на зерно, як функція площі поля

Трансформація карт технологічного стану поля у трьохмірні поверхні

дає можливість застосувати певний математичний апарат для аналізу зв'язків між різними картами технологічного стану поля та їх взаємного впливу.

Літературні джерела:

1. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Інформаційні технології та системи точного землеробства

Конспект лекцій

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет,
вул.Г.Кондратьєва,160

Підписано до друку: червень, 2024 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman

Тираж: 100 примірників Замовлення _____ Ум. друк. арк.
