

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу**

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

**Методичні вказівки до виконання лабораторно-
практичних занять**

**для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 208 «Агроінженерія» денної і заочної форм навчання**

СУМИ - 2024

УДК 378.147

Н 34

Укладач: Саржанов Б.О., PhD., ст. викладач кафедри агроінжинірингу

Автор Саржанов Б.О.

Н 34 Науково-методичне забезпечення навчального процесу : методичні вказівки до виконання ЛПЗ з дисципліни «Інформаційні технології та системи точного землеробства»/ укл.: Б.О. Саржанов. - Суми, 2024. – 44 с.

Методичні вказівки призначені для підготовки до виконання лабораторно-практичних занять, вивчення питань, пов'язаних з інформаційними технологіями та системами точного землеробства. Складено у відповідності з програмою дисципліни «Інформаційні технології та системи точного землеробства».

Рецензенти:

Зубко В.М., 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

© Б.О. Саржанов – 2024
© Сумський національний
аграрний університет, 2024

ЗМІСТ

Передмова	4
Тема 1. Огляд програмного забезпечення точного землеробства	5
Тема 2. Призначення та основні модулі ПЗ Farm Works	10
Тема 3. Призначення та основні модулі ПЗ SMS Advanced	14
Тема 4. Soft.Farm — комплексна система обліку, планування та аналізу для діяльності сільськогосподарських підприємств	17
Тема 5. Основні складові для забезпечення технології точного землеробства	24
Тема 6. Основи роботи глобальних навігаційних систем	29
Тема 7. Системи картографування урожайності зернових культур	34
Тема 8. Системи паралельного та контурного водіння	40
Список рекомендованої літератури	43

Передмова

Інформаційні технології та системи точного землеробства відкривають перед сучасним агрономом безмежні можливості у вдосконаленні та оптимізації процесів сільськогосподарського виробництва. В контексті швидко змінюючогося світу технологій, використання передових інформаційних рішень та систем дозволяє не лише підвищити продуктивність господарства, але й забезпечити більш ефективне використання ресурсів, зменшити вплив на навколишнє середовище та забезпечити стабільний розвиток агропромислового сектора. Ця дисципліна пропонує студентам ознайомитися з передовими методами та інструментами, необхідними для успішного впровадження сучасних технологій у сільське господарство, щоб досягти максимальної ефективності виробництва та досягти сталого розвитку аграрного сектору.

Тема 1. ОГЛЯД ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Мета роботи: Ознайомитися із функціоналом програмних продуктів для систем точного землеробства

Теоретична частина.

Успішне ведення сучасним агропромисловим підприємством виробничої діяльності практично неможливе без використання ГІС-технологій і різних пакетів спеціального програмного забезпечення (ПО), що підвищує ефективність контролю і управління виробництвом сільськогосподарської продукції.

Геоінформаційні системи (ГІС) – сучасні інформаційні комплекси для картографування і аналізу об'єктів реального світу. ГІС бережуть інформацію у вигляді набору тематичних шарів, які з'єднані на основі географічного положення. Кожен шар є певним набором однотипних об'єктів (дороги, річки, земельні ділянки, населені пункти і т.п.). Шляхом відображення на електронній карті певних шарів можна досягти складання картографічного твору будь-якого типу (від картосхеми до топографічної або тематичної карти).

Програмне забезпечення і устаткування, встановлене на мобільному комплексі, дозволяють створювати прив'язані до координат просторові об'єкти, які є елементами геоінформаційної бази даних для обстежуваного поля. ПО класифікують за такими ознаками:

термін дії підтримуваних процесів:

стратегічні: планування сівозмін, розмірів посівних площ, придбання техніки і т.д.;

тактичні: планування технологічного циклу робіт даного сезону;

оперативні: коректування терміну і змісту робіт даного сезону;

спеціалізація користувачів:

існує ряд спеціалізованих пакетів ПО для агрономів, агроменеджерів, диспетчерів, бухгалтерів та ін.; вони використовуються при вирішенні задач обміру й обліку полів, планування і проведення агрохімічного обстеження ґрунтів, моніторингу маршруту руху і функціонування рухомих об'єктів та ін.;

за способом реалізації:

у вигляді автономного пакета, що використовується в одному підприємстві;

у вигляді розподіленої багатофункціональної інформаційної системи, що забезпечує збирання, обробку, аналіз, зберігання і відображення даних на безлічі комп'ютеризованих робочих місць, зв'язаних між собою різними видами зв'язку.

Характеристики деяких комп'ютерних програм, присутніх на ринку програмного забезпечення точного землеробства, представлено в табл.

№	Найменування	Основні характеристики
	Farm Works – управління рослинництвом	Комплекс доповнюючих один одного, але незалежних програм. З його допомогою здійснюються: ведення бази даних щодо землевласників, господарств, полів, співробітників, техніки, будов, худоби, ресурсів (ЗЗР, добрива, насіння, корми, паливо й ін.); обробка інформації за необмежену кількість років про будь-яку кількість господарств на необмеженій площі полів; планування різних технологічних операцій, використання ресурсів та ін.; формування для співробітників завдань; створення і робота з електронними картами полів і супутніх об'єктів; автоматичне визначення площ полів; імпорт і обробка матеріалів ґрунтових обстежень, карт врожайності та інших прив'язаних до місцевості даних; статистичний аналіз карт, у тому числі карт врожайності; створення карт для диференційованого внесення добрив і ЗЗР; друк карт.
	PF-Vox	Встановлюється на терміналі агронома. Входить до комплектації YARA N-сенсора. Агроном може використовувати декілька опцій програми: варіабельність внесення азотних і комплексних добрив; робота з регуляторами зростання і десекантами та ін. Програма припускає три модулі: робота в режимі online – щосекундне вимірювання стану рослин (варіабельне внесення азоту); робота в режимі offline – обробляє цифрові карти внесення добрив; комбінований режим, при якому відбувається звірка цифрових карт полів і свідчень сенсора.
	SMS Advanced	Можливості програми: робота з великою кількістю даних із точного землеробства; створення електронних карт полів (у тому числі для диференційованого

		внесення мінеральних добрив), відцифрованих за супутниковими знімками; створення планів врожайності, норм внесення добрив і т.д.; контроль за витрачанням матеріалів; створення статистичної та іншої звітності.
	SMS Basic	Ключові характеристики: аналіз даних після їхнього фактичного збору; друк, експортування та імпортування даних, переробка даних; розподіл даних за господарствами (відділеннями); можливість автоматичного завантаження супутникових знімків полів з урахуванням широти та довготи; тривимірний графічний висновок даних; моделювання і редагування власних звітів, графіків, результатів аналізу і висновок карт на друк; можливість збереження даних проекту для полегшення роботи з різноманітними клієнтами; порівняльний аналіз різних видів даних, таких як врожайність і вміст вологи, за типами ґрунту для всіх полів; детальне відстежування фінансових показників, картування і надання звіту про те, де користувач одержує або втрачає прибуток.
	ГЕО-план	Організація відбору ґрунтових проб при агрохімічному обстеженні за допомогою GPS (визначення якнайкращого місця для взяття проби; вказівка оператору напрямку руху і місця зупинки); нанесення фактичних меж полів і місцеположення супутніх об'єктів для створення електронних карт; вимірювання на карті відстаней, площ і редагування об'єктів електронної карти.
	ГІС карта	Забезпечує картографічну складову системи ГІС. Основу ГІС карти складають багат шарові карти місцевості (знімки, скануючі карти, топографічні основи, карти полів, тематичні карти, рельєф, якісні особливості ґрунтів, врожайність і ін.). На основі карт ведеться облік сільгоспугідь, агрохімічний моніторинг,

		візуалізація переміщень техніки і відображення стану: складу ґрунтів, оброблюваних культур, врожайності, засміченості, внесених добрив і ін.
	ГІС панорама АГРО	Основні функції: ведення бази нормативно-довідкової інформації; ведення паспортів полів із прив'язкою до карти, року врожаю і сівозміни; ведення агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь; створення і відображення тематичних карт (вміст живильних речовин у ґрунті, його склад, вирощувана культура, врожайність і ін.); обробка навігаційних даних GPS/ГЛОНАСС і контроль переміщень техніки; планування й автоматизований облік механізованих робіт; автоматичний розрахунок пробігу, обробленої площі, фіксація фактів порушень (незапланована стоянка, передбачуваний злив палива, перевищення заданої швидкості та ін.) і формування звітів
	ІАС «Агрохолдинг»	Розроблено на платформі «1С: Підприємство 8.1». Основні функції: оперативний облік і планування сільськогосподарських робіт; фінансовий облік; консолідація даних у стандарті Міжнародної системи фінансової звітності (МСФЗ).
	Мобільна ГІС електронного обліку сільськогосподарських земель «ГЕОУчетчик»	Призначення: побудова та коректування електронних карт сільськогосподарських полів за допомогою GPS-технологій; визначення фактичних меж і площ обробленої частини поля; відображення на схемі в реальному часі одержуваних від GPS даних; вимірювання на схемі відстаней і площ; визначення частини поля, оброблюваної сільгосптехнікою; коректування супровідної інформації щодо кожного поля.
	AGRO-MAP PF**	Програмне забезпечення для агронома, призначено для обробки інформації щодо полів господарства:

		відображення, редагування, друк текстової та графічної інформації, імпорту і експорт даних вимірювань, з'єднання з кишеньковим персональним комп'ютером для синхронізації даних і подальшого використання на місці. Програма дозволяє створювати карти врожайності, готувати завдання для диференційованого внесення добрив і ЗЗР, вести статистику, планувати точки взяття проб для агрохімобстеження.
	AGRO-NET NG(Agrocom)**	Програмне забезпечення на базі ГІС, призначене для менеджерів агропідприємств, які використовують на полях технології точного землеробства, включаючи такі модулі: карти та схеми ділянок; управління землекористуванням; орендувати управління; картування врожайності; виробнича документація. Дистанційно обслуговується через Інтернет і веде фінансовий облік всіх витрат щодо кожного поля; збирає дані про поля та інформацію про машини; здійснює зв'язок об'єктів у ГІС. Включає всі елементи ГІС, дозволяє вести базу даних щодо кожного поля, агрономічний аналіз.

* Електронні карти полів призначені для оптимізації роботи сільськогосподарського підприємства: вони допомагають здійснювати контроль, облік і аналіз усіх процесів, дають наочне уявлення про площу полів, тип місцевості, дороги, тип посівів, служать для оптимізації роботи та раціоналізації використання всіх ресурсів.

** До недоліків програм слід віднести: відсутність програмістів, які знають продукт; складнощі з його інтеграцією з іншими програмами; високу вартість. Програми представлені на російському ринку, але мало де встановлені.

Висновок

Слід зазначити, що ринок технічного та програмного забезпечення системи ТЗ постійно поповнюється новими розробками, тому перелік приладів, устаткування і програм має постійно оновлюватися. Проте, наведена номенклатура на даному етапі може бути вибірково використана при комплектуванні оптимального машинно-тракторного парку конкретними господарствами, що реалізують систему ТЗ, а також при складанні технологічних адаптерів до точних технологій рослинництва в Україні.

Тема 2. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВНІ МОДУЛІ ПЗ FARM WORKS

Мета роботи: Ознайомитися з функціоналом програмного забезпечення Farm Works.

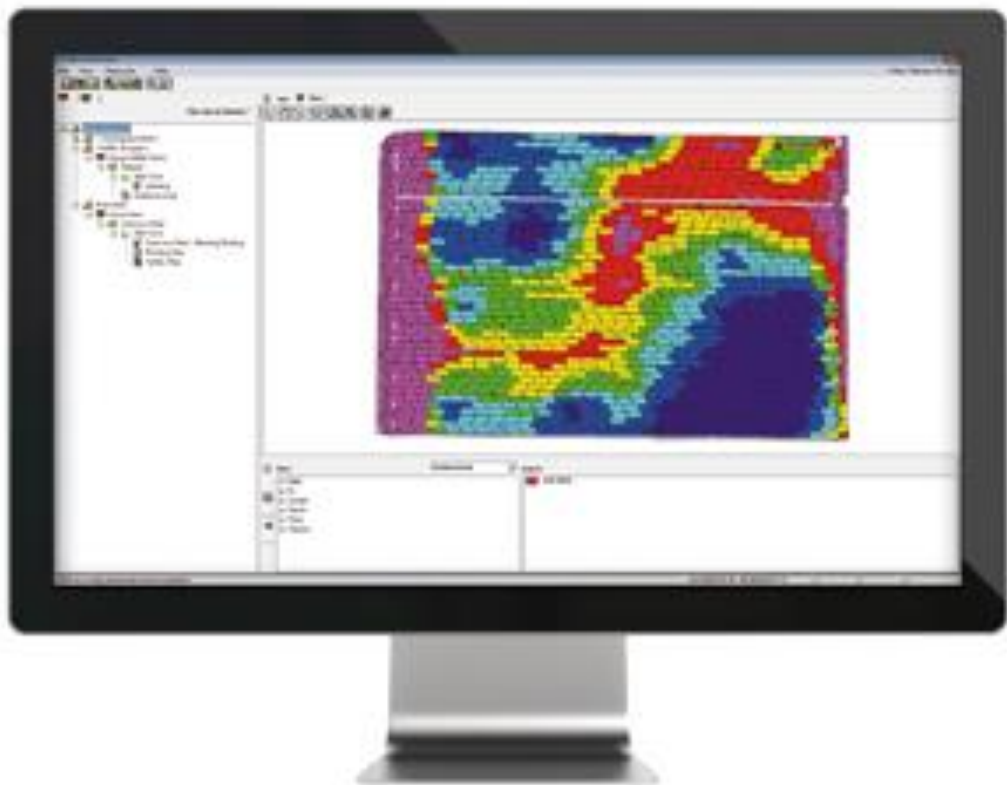
Теоретичні відомості:

Farm Works - це повномасштабна і в той же час проста у використанні програма польовий записи і картографії від компанії Трімбл Навігейшн (Trimble Navigation). Програма Farm Works спрощує завдання читання даних, зібраних в таких дисплеях Trimble, як EZ-Guide 250 , EZ-Guide 500, CFX - 750 або FmX . Продукт також працює з даними з будь-яких інших пристроїв, включаючи різні дані моніторів врожаю, перевірки ґрунту і типів ґрунту.

Опис програмних модулів Farm Works



- Безкоштовна програма для перегляду даних, отриманих з дисплеїв Trimble
- Побудова списку клієнтів, господарств, назв полів і запис даних в польові пристрої
- Може бути оновлено для реєстрації додаткових полів, обліку, картографування і управління водними ресурсами



mapping

- Читання і запис даних для використання у великому спектрі технічних засобів для точного фермерського землеробства
- Карти різновиди шару з картами врожайності для определения врожайності
- Створення інструкційних карт за допомогою формул або на основі типів ґрунтів, врожайності або інших карт даних
- Створення, редагування і управління маршрутами від популярних систем позиціонування, включаючи всі дисплеї Trimble®
- Карти врожайності за певну кількість років для чіткого визначення польових зон високої / низької врожайності
- Роздруківка звітів по різновидам насіння, ським речовин обмеженого застосування, використання добрив, обслуговування техніки тощо



accounting

Надає фінансові інструменти, що дозволяють підвищити рівень прибутковості вашого підприємства. Ці інструменти включають інтерактивний реєстр контрольних книг, бюджет руху грошових коштів, фонд зарплати, обслуговування устаткування, ринкову вартість і докладні відомості підприємства. Всі дані по фінансам інтегруються з записами про полях і

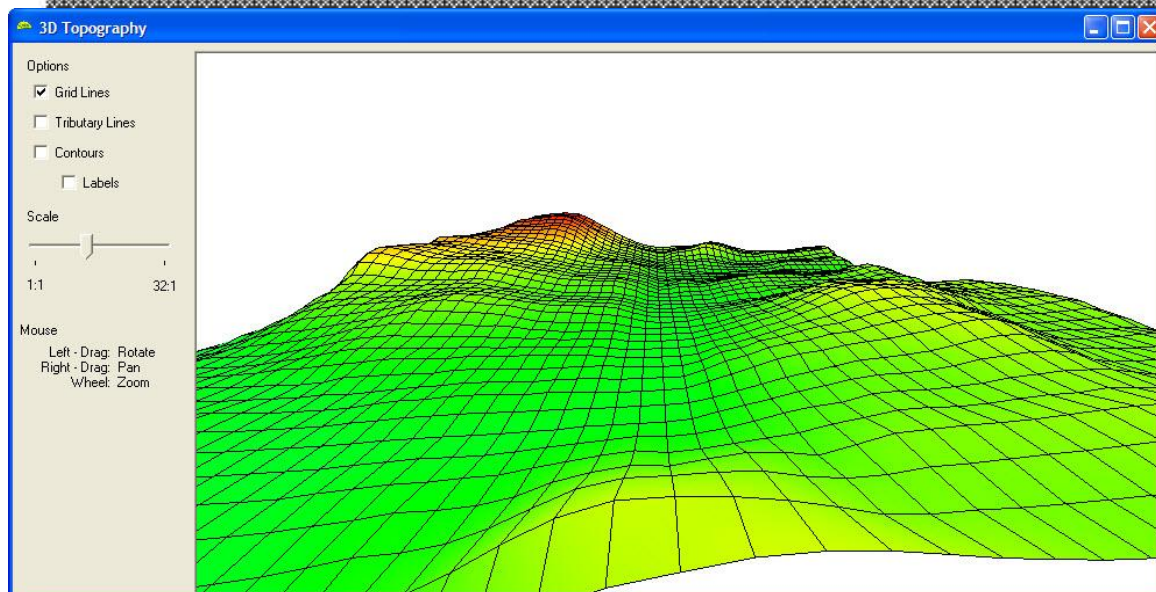
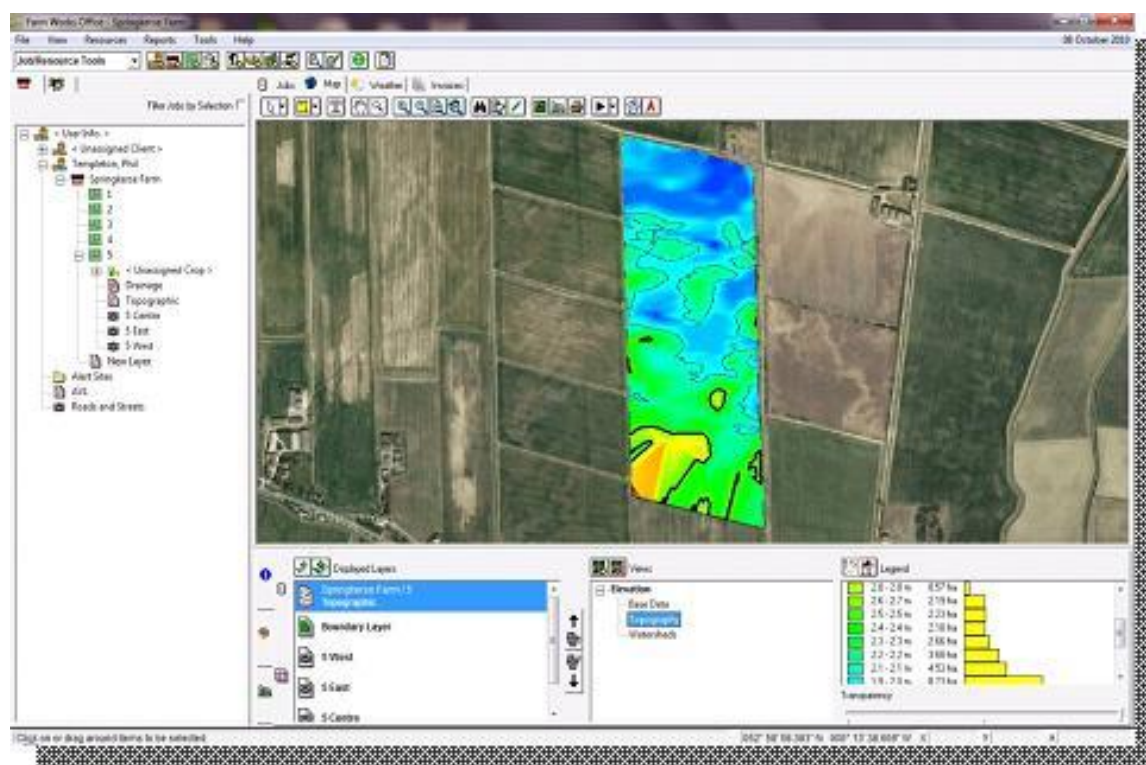
поголов'я для розрахунку вартості за гектар або вартості за голову з поголів'я. Створює звіти бухгалтерських книг по прибутковості і готівки для керівників ферми і фахівців з оформлення податкової документації. Вимагає настройки для сумісності з російським законодавством в плані бухгалтерії та податкової звітності.



Date	Chk #	Description	Deposit	Cr	Payment	Balance
08/12/2009	2620	Yemours de JE40222				
08/12/2009	2620	Scotbail L&B	8,015.25			-1,524.55
08/12/2009	5141	3084750 - AA (13) inc. clipping				
08/12/2009	5141	H.M. Revenue & Customs			20.80	-1,545.41
08/12/2009	5142	LETTER - corp. for 100 life sav interest				
08/12/2009	5142	MISCELLANEOUS			55.89	-1,700.41
08/12/2009	2624	Tareedde Tacke - 12g shotgun (art.256)	368.00			-1,348.41
08/12/2009	2620	MISCELLANEOUS				
08/12/2009	2620	Hudson - wait up 3 x 1 day	300.00			-1,948.41
08/12/2009	2620	MISCELLANEOUS				
08/12/2009	2620	Williams - wait up 3 x 1 day				
08/12/2009	D40	MISCELLANEOUS			80.00	-1,956.41
08/12/2009	2620	Service charge 29 August - 30 November				
08/12/2009	2620	Harden Place	2,008.09			907.58
08/12/2009	5143	R40013 - AA				
08/12/2009	5143	H.M. Revenue & Customs			687.62	210.96
08/12/2009	5144	PARE & M - month 8				
08/12/2009	5144	MISCELLANEOUS			4.37	205.59
08/12/2009	5144	43331 - Palm Express - 68' log x 1				
08/12/2009	5144	H.M.P.M.G. (DEERAD) RPA 683	169.28			365.97
08/12/2009	5145	LETTER - LMD 2008 - training				
08/12/2009	5145	Codes W.M.			8,632.60	-4,268.03
08/12/2009	5147	LTB - J Deere Credit 633 tractor (3rd)				
08/12/2009	5147	Scotbail Borders Council			41.00	-4,309.03
08/12/2009	Trans	REMITTANCE - Petrusen Licence 13				
08/12/2009	Trans	Transfer - Agrevida U.S. L&B			250.00	-4,559.03
08/12/2009	2627	Check for -				
08/12/2009	2627	Inspect Transaction				
08/12/2009	2627	Hardenme	1,297.38			-7,259.05
08/12/2009	2627	MISCELLA				
08/12/2009	2627	PAYBK - C	258.00			-7,509.05
08/12/2009	5148	PARCEL				
08/12/2009	5148	JWRB - 41			453.39	-7,962.94
08/12/2009	5150	Agrevida L&B			2,835.58	-10,798.53
08/12/2009	5151	Border Land			197.65	-10,996.18



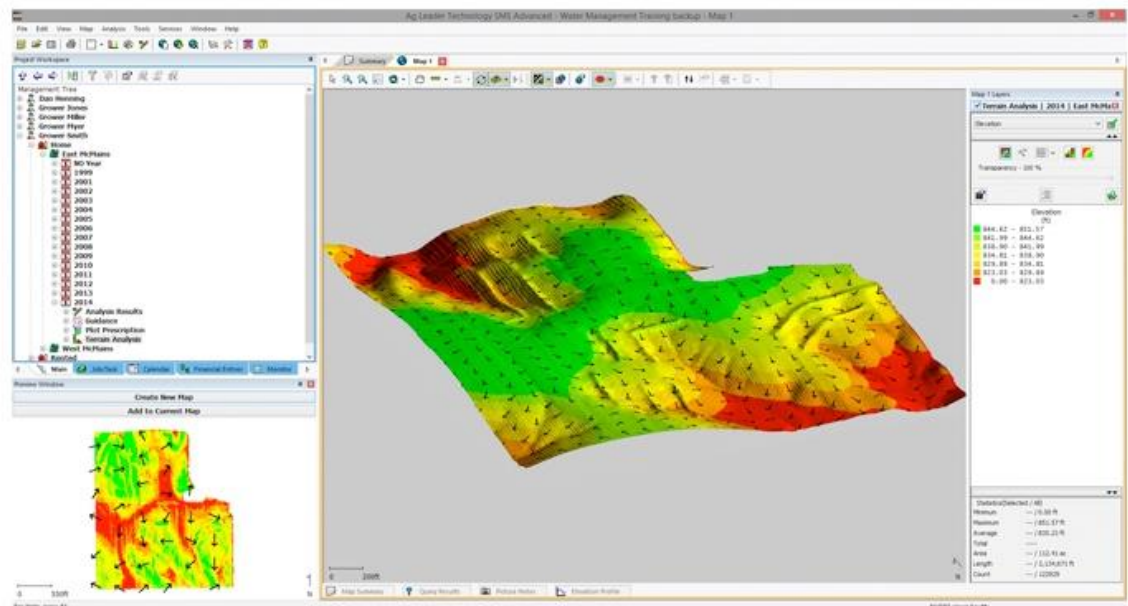
- 3-мірний перегляд польовий топографічної інформації з будь-якого кута і зі збільшенням вертикального масштабу для відображення форми і ухилів поля.
- Використання креслярських додатків для прив'язки гілок магістральних ліній, створення паралельних обвідних каналів і секційних дренажних каналів.
- Компонування і проектування дренажної труби за розміром, типом труби, з подальшим введенням мінімальної глибини, максимальної глибини і оптимального ухилу



Тема 3. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВНІ МОДУЛІ ПЗ SMS Advanced

Мета роботи: Ознайомитися з функціоналом програмного забезпечення SMS Advanced.

Теоретичні відомості:



Програмне забезпечення SMS ADVANCED Ag Leader - це розширена версія SMS. Дана програма допомагає керувати інформацією про ваших полях і операціях. Вона ідеально підходить фермерам, яким потрібні більш складні аналітичні інструменти і які працюють з декількома клієнтами. В програму входять всі функціональні мож -можності базової версії SMS, а також функції, що дозволяють полегшити одночасний аналіз кількох полів і операцій.

ОСНОВНІ МОЖЛИВОСТІ І ПЕРЕВАГИ SMS ADVANCED:

ПАКЕТНИЙ АНАЛІЗ

Скорочуйте час і розробляйте узгоджені звіти шляхом одночасного аналізу даних для декількох клієнтів

ТРИВИМІРНИЙ ВИД

Переглядайте своє поле, використовуючи карти 3D для допомоги в проведенні аналізу потреб в дренажі, укладанні дренажних труб або терасуванні

АНАЛІЗ РЕЛЬЄФУ

Створюйте шар аналізу рельєфу на підставі топографії полів для відображення схилів, ідентифікації вододілів, ділянок дренажу, потенційної вологості, напрямку потоків і багато чого іншого

РАЦІОНАЛЬНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ

Опціональний модуль, в який входить редактор планів укладання дренажних труб, що дозволяє користувачам картографувати і планувати місця розміщення магістралей дренажних труб.

ДРУК КАТАЛОГУ

Опціональна функція, що дозволяє створювати персоналізовані каталоги для кожного клієнта з діаграмами, графіками, картами і результатами аналізів. Каталоги можна зберігати в електронному вигляді для завантаження, відправки по електронній пошті або по мережі.

УСЕРЕДНЕННЯ ЗА КІЛЬКА РОКІВ

Переглядайте польові тенденції на підставі шарів або щорічних польових даних на одній карті, які можуть надати інформацію про стратегії або створення зон управління

ТЕХЗАВДАННЯ ДЛЯ ДІЛЯНКИ

Опціональний модуль, що дозволяє стратегічно розмістити і задати польові експериментальні ділянки в офісі і використовувати техзавдання ділянок для посадки на поле

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

Здійснюйте управління до п'яти проектів за допомогою базової версії SMS або налаштуйте необмежену кількість проектів в розширеній версії SMS. Налаштування проектів дозволить аналізувати дані по конкретних-ному полю або по всій клієнтській базі, без будь-якого змішання даних

КАЛЕНДАРНЕ УЯВЛЕННЯ

Переглядайте всі польові роботи в хронологічному календарному форматі. Індивідуальні звіти Просте створення індивідуальних звітів, карт, графіків і інших елементів на підставі індивідуальних потреб клієнтів. Порівняльний аналіз З легкістю порівнює наскільки змінні різних полів або операцій (вологи, типу ґрунту, норми добрив і т.п.) впливають на результати

АНАЛІЗ РЕЛЬЄФУ

Створюйте шар аналізу рельєфу на підставі топографії полів для відображення схилів, ідентифікації вододілів, ділянок дренажу, потенційної вологості, напрямку потоків і багато чого іншого

Порівняння функцій версій SMS	Adv.	Basic
Обробка файлів з більшості дисплеїв	√	√
Сортування даних за географічними параметрами	√	√
Створення планів культур	√	√
Створення та експорт ліній навігації, а також управління ними	√	√
Друк зведених карт, графіків і звітів	√	√
Створення простих приписів	√	√

Фонові зображення аерофотозйомки / дорожніх карт	√	√
Інструменти створення запитів для аналізу конкретних областей	√	√
Перевірка наявності оновлень	√	√
Імпорт даних дослідження ґрунту (ТІЛЬКИ США)	√	√
Управління проектами	√	(обмежені можливості)
Перегляд даних карти в AgFiniti	√	√
Введення фінансових даних	√	√
Відправлення / отримання файлів за допомогою AgFiniti *	√	√
Перегляд даних за допомогою AgFiniti Mobile *	√	√
Складання рівнянь	√	
Календарне уявлення	√	
Складання тривимірних карт і перегляд рельєфу ґрунту	√	
Порівняльний аналіз	√	
Кореляційний аналіз	√	
Аналіз рельєфу ґрунту	√	
Аналіз NDVI	√	
Картування прибутків / збитків	√	
Груповий аналіз	√	
Багаторічні середні значення	√	
Відображення контурів поверхонь висот	√	
Кілька місць зберігання даних	√	
Відтворення масиву даних	√	
Планування резервного копіювання	√	
Друк брошури **	√	
Управління водними ресурсами **	√	
Посів по сітці **	√	

* Необхідна ліцензія AgFiniti Essentials

** Додатковий модуль

Тема 4. **Soft.Farm** — комплексна система обліку, планування та аналізу для діяльності сільськогосподарських підприємств

Мета: опанувати програмні продукти обробки, аналізу та моніторингу земель, навчитись застосовувати програмні продукти для вирішення професійних завдань; визначати характеристики програмного продукту.

Завдання:

1. Встановити означений програмний продукт.
2. Використовуючи вбудовану довідку проаналізувати можливості даного програмного засобу
3. Здійснити аналіз власного сільськогосподарського угіддя за допомогою обраного програмного засобу.

Теоретичні відомості:

В процесі впровадженні інструментів точного землеробства важливо визначити усі «вузькі місця» та більш ефективно використовувати потенціал полів. До таких інструментів відносять систему Soft.Farm. Вона забезпечує моніторинг полів та техніки, облік витрат матеріалів, управлінський облік та можливості для кращого планування посівів.

Soft.Farm – комплексна система обліку, планування та аналізу для діяльності сільськогосподарських підприємств. Програмне рішення сфокусоване на поліпшенні управління процесами агропідприємства. Програма розрахована на компанії, що займаються рослинництвом та тваринництвом із збереженням даних в хмарному сховищі.

Серед основних можливостей Soft.Farm в рослинництві слід виокремити наступні модулі:



Земельний банк



Агротехнологія



GPS-моніторинг техніки



Супутникові знімки, індекс NDVI



Агроскаутінг



Картографи



Метеоспостереження



Контроль витрат онлайн



Контроль висіву

Земельний банк



Облік договорів оренди земельних ділянок, контроль термінів дії договорів, візуальна аналітика розташування паїв на полі. Проведення аудиту земельних ділянок та договорів оренди.

Агротехнологія



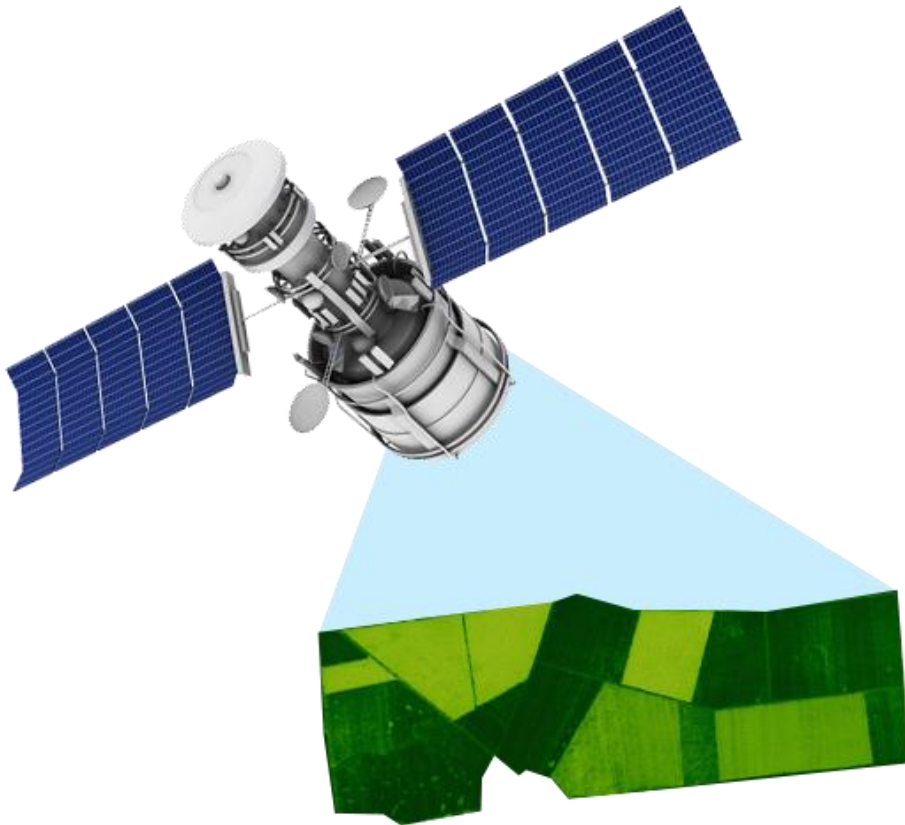
Створення карти завдань для внесення добрив або ЗЗР, розрахунок кількості заправок техніки розчином. Технологічна карта - розрахунок запланованих, потреби у ПММ, добривах, ЗЗР, насінні.

GPS-моніторинг техніки



Моніторинг техніки та пального від різних інтеграторів GPS-обладнання в одній системі, автоматичний розрахунок оброблених гектарів та витраченого пального на полі, створення шляхового листа тракториста (наряд) та завантаження до бухгалтерської системи.

Супутникові знімки, індекс NDVI



Наші спеціалісти слідкують за якісними спектральними знімками з супутників Landsat8 та Sentinel2, визначають поточний індекс NDVI та створюють базу знімків Ваших полів протягом сезону. Отримані дані допоможуть визначити проблемні ділянки на полі для впровадження точного землеробства.

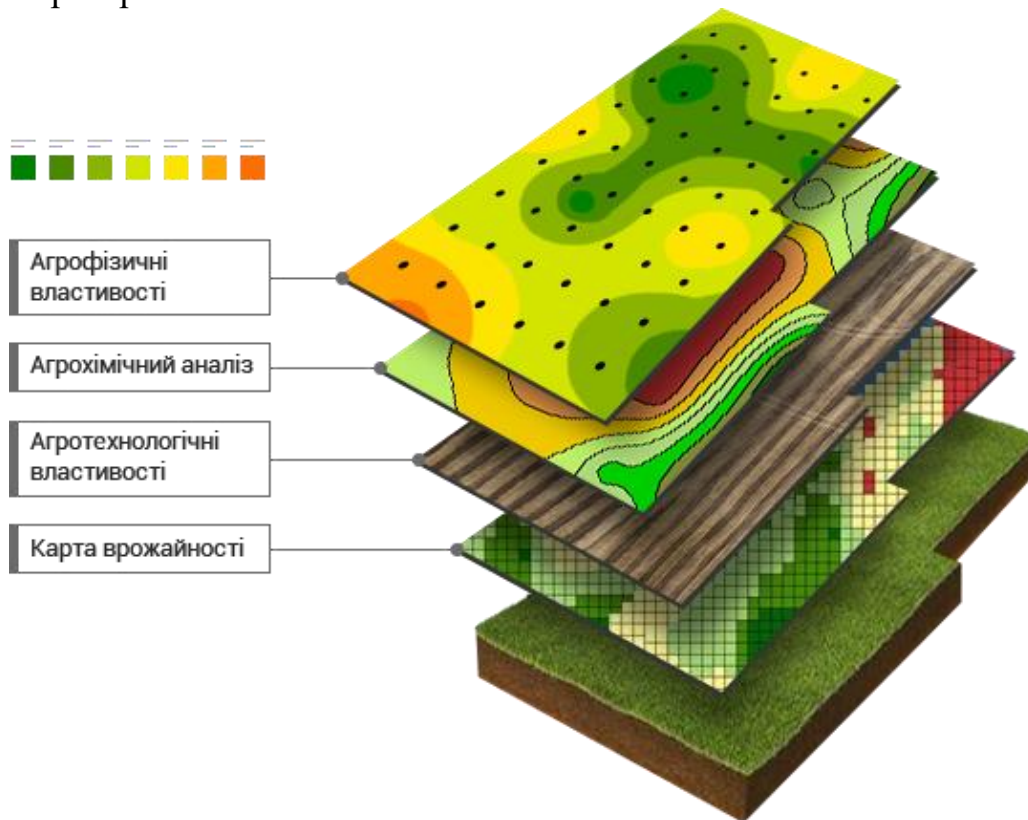
Агроскаутінг



Обстеження поля та стану посівів за допомогою мобільного додатку, який дозволяє сфотографувати та зафіксувати GPS-координати безпосередньо в полі; при підключенні пристрою до мережі Internet результати обстеження завантажаться на сервер. Такі обстеження забезпечать швидкий пошук полів,

на яких не було агронома, полів з високим ризиком захворювання, допоможуть відстежити фази розвитку рослин та переглянути відео з дронів.

Картограми



- Зберігання агрохімічних та агрофізичних властивостей ґрунту, створення картограм для візуального аналізу, shape-файли

- Вимірювання щільності ґрунту
- Хімічний аналіз ґрунту

Метеоспостереження



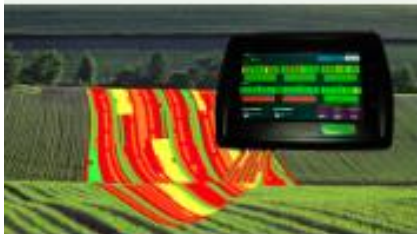
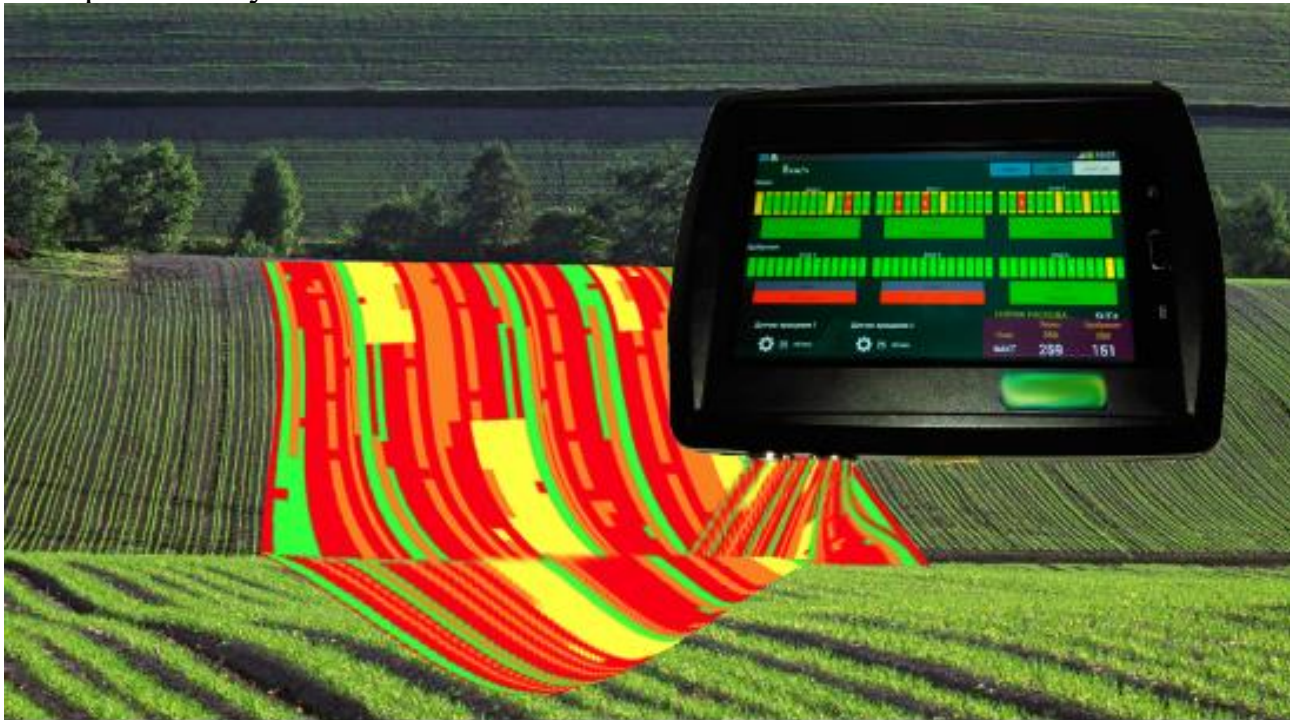
Погодні дані збираються з супутників, метеостанцій та громадських станцій. Вся інформація для аналізу доступна на Dashboard у зручних графіках та таблицях. При формуванні історії поля погодні дані допомагають досліджувати чинники, що вплинули на врожайність, — це вологість, температура ґрунту та вегетаційні індекси, які доступні на одному графіку.

Контроль витрат онлайн



План-факт аналіз витрат на поле, на культуру або загалом по підприємству. Створення та друк актів на списання ЗЗР, добрив, ПММ, насіння, зарплатні та фіксація зібраного врожаю. Інтеграція в бухгалтерську систему.

Контроль висіву



Дистанційний контроль процесу висіву і внесення добрив. Створення картограм висіву, картограм внесення добрив. Перегляд, збереження і обробка результатів роботи - загальна якість, двійники, пропуски, щільність посіву та розподіл насіння. Розрахунок засіяної площі. Облік часу роботи сівалки. Облік польових робіт, витрати насіння, добрив і допоміжних матеріалів.

Тема 5. Основні складові для забезпечення технології точного землеробства

Точне землеробство – це управління продуктивністю посівів з врахуванням внутрішньопольової варіабельності місця існування рослин, або ж, це оптимальне управління для кожного квадратного метра поля. Метою такого управління є отримання максимального прибутку з відповідною економією господарських і природних ресурсів. При цьому відкриваються реальні можливості виробництва якісної продукції і збереження навколишнього середовища.

При впровадженні елементів точного землеробства досягається підвищення урожаю на 30% при одночасному зниженні витрат на мінеральні добрива на 30% і на інгібітори на 50%.

Основні результати, що досягаються за допомогою застосування технологій точного землеробства:

- оптимізація використання витратних матеріалів (мінімізація витрат);
- підвищення врожайності і якості сільгосппродукції;
- мінімізація негативного впливу сільськогосподарського виробництва на навколишнє природне середовище;
- підвищення якості земель;
- інформаційна підтримка сільськогосподарського менеджменту.

Для реалізації технології точного землеробства необхідні сучасна сільськогосподарська техніка, керована бортовим комп'ютером і здатна диференційовано проводити агротехнічні операції, прилади точного позиціювання 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, детальні ГІС-карти та 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.

Технологію точного землеробства можна розбити на *три основні етапи*:

Етап 1 - Збирання інформації про господарство, поле, культуру, регіон;

Етап 2 - Аналіз інформації і прийняття рішень;

Етап 3 - Виконання рішень – проведення агротехнологічних операцій.

Перший етап пов'язаний з використанням ґрунтових автоматичних пробовідбірників оснащених GPS-приймачами; геоінформаційних систем (ГІС) для складання просторово-орієнтованих електронних карт полів та карт

врожайності обмолочуваних культур; дистанційних методів зондування (ДДЗ), таких як аерофотознімання і супутникові знімки.

Другий етап охоплює програмні продукти, призначені для аналізу зібраної інформації і приймання виробничих рішень, зокрема, програми розрахунку доз добрив, реалізовані в середовищі геоінформаційних систем [\(ГІС\)](#).

Третій етап - виконання агротехнологічних операцій, зокрема, диференційоване внесення рідких і твердих мінеральних добрив (стільки, скільки необхідно саме на даній елементарній ділянці поля), а також сівба.

Усі технологічні операції проводиться в двох режимах – «*off-line*» і «*on-line*».

Режим «*off-line*» передбачає попередню підготовку на стаціонарному комп'ютері карти-завдання, в якій містяться просторово прив'язані за допомогою [GPS](#) дози добрива для кожної елементарної ділянки поля. Для цього проводиться збір необхідних для розрахунку доз добрив даних про поле (просторово прив'язаних).

В режим «*on-line*» карта-завдання переноситься на чип-карті на бортовий комп'ютер сільськогосподарської техніки, оснащеної GPS-приймачем і виконується задана операція. Трактор оснащений бортовим комп'ютером, рухаючись по полю, за допомогою GPS визначає своє місце знаходження. Прочитує з чип-карти дозу добрив, відповідну місцю знаходження і посилає відповідний сигнал на контролер розподільника добрив (або обприскувача), який, отримавши сигнал, виставляє на розподільнику добрив потрібну дозу.

Ключовим компонентом у складі системи точного землеробства є навігаційна система точного позиціонування, до складу якої входять:

- космічний сегмент, що складається з певної кількості ШСЗ;
- мережа наземних станцій стеження і управління (сегмент управління);
- власне GPS-приймачі (апаратура споживачів). На сьогоднішній момент всі світові лідери з виробництва сільськогосподарських машин (CLAAS, John Deere, Case і ін.), комплектують свою техніку навігаційною системою GPS, передусім тому, що це обладнання забезпечує економію коштів. Так, підраховано, що економічний ефект від застосування GPS устаткування досягає 50-60 Євро на гектар. Крім того, користувачі даного устаткування дістають можливість проводити польові роботи вночі, в тумані, при підвищеній запиленості і таке інше.

Головне призначення системи точного землеробства – диференційований підхід до окремих ділянок поля. Адже відомо, що варіація родючості ґрунту і ступінь розвитку рослин усередині поля величезна. Це підтверджують зображення рослинності полів, отримані з космічних знімків, по яких за допомогою спеціальної програми будується цифрова карта схожості і розвитку рослин. Побачивши на ній проблемні зони, агроном виїжджає вже безпосередньо в ці зони, проводить аналіз ґрунту і вносить необхідні добрива диференційовано.

Для створення і зберігання інформації, створення карт врожайності і вирішення інших завдань використовують польові комп'ютери (рис.), які, працюючи спільно з навігаційним приладом, дозволяють зберігати дані, проводити картування, аналізувати зразки ґрунту, вести топографічну карту. Завдяки потужній батареї користувач може працювати в полі весь день, не турбуючись про збереження даних. Вбудована флеш-пам'ять гарантує збереження даних навіть при перезавантаженні або повній розрядці батареї. Екран дозволяє швидко виводити великі графічні зображення і файли даних ГІС. При цьому зображення на кольоровому сенсорному екрані добре читається навіть при прямому сонячному освітленні, тому можна проглядати деталізовану графіку безпосередньо в полі.

Отримати інформацію про площу поля і його агрохімічний стан можна при використанні мобільного автоматизованого комплексу, що складається з навігаційної системи, польового комп'ютера, автоматичного пробовідбірника і автомобіля. Використовуваний мобільний комплекс дозволяє в повному об'ємі в автоматизованому режимі здійснити із заданим кроком (розмір елементарної ділянки) дискретне польове обстеження.

Обстеження починається із створення електронного контуру польової ділянки, визначення точок відбору проб і навігації по цих точках. Для цього заздалегідь об'їжджається кожне поле і зберігається в пам'яті бортового комп'ютера польовий контур. Потім на отриманий контур накладається сітка, первинною коміркою якої є елементарна ділянка поля (площа елементарної ділянки 0,20-0,25 га). Автоматичним пробовідбірником, який переміщається по діагоналі ділянки, відбирається по 10 проб ґрунту з шару 0-30 см. З них складається об'єднана проба, яка використовується в агрохімічному аналізі. При взятті проб з кожної елементарної ділянки номеру проби привласнюється порядковий номер ділянки, географічні координати якої зафіксовані в пам'яті польового комп'ютера. Автоматичний пробовідбірник проводить відбір однорідних проб ґрунту на глибині до 30 см. Глибина може регулюватися від 10 до 30 см.

За 10-14 разів спеціальний зонд набирає необхідну для лабораторного аналізу кількість ґрунту (близько 300 грам). Зразки ґрунту автоматично поміщаються в бокс, який потім відправляється в лабораторію. Всіма операціями можна управляти з водійського сидіння. Комплекс може встановлюватися на різні автомобілі.

Після проведення агрохімічних аналізів в спеціалізованій ГІС будуються картограми забезпеченості ґрунту елементами живлення (рис), на підставі яких плануються заходи щодо поліпшення ґрунтів, зокрема завдяки диференційованому внесенню добрив. При повторному обстеженні, завдяки навігаційній системі, відбір проб ґрунту можна проводити з тих же точок. Це дозволяє відстежити динаміку зміни родючості даного поля за декілька років.

На основі подібних картограм по усіх елементах живлення будується карта-завдання на внесення добрив залежно від реального забезпечення.

Ще одним важливим компонентом системи точного землеробства є картування врожайності (рис). На основі карт врожайності можна у відповідній ГІС створити карти економічної ефективності кожного поля з розрахунком прибутків або збитків. Це дозволить відразу після збирання врожаю прорахувати різні сценарії збуту продукції, зіставити витрати і прибуток. При збиранні зерна з використанням датчика врожайності, поряд з основними даними (врожайність, вологість, збір продукції та ін.), створюється карта рельєфу та ерозійної небезпеки поля.

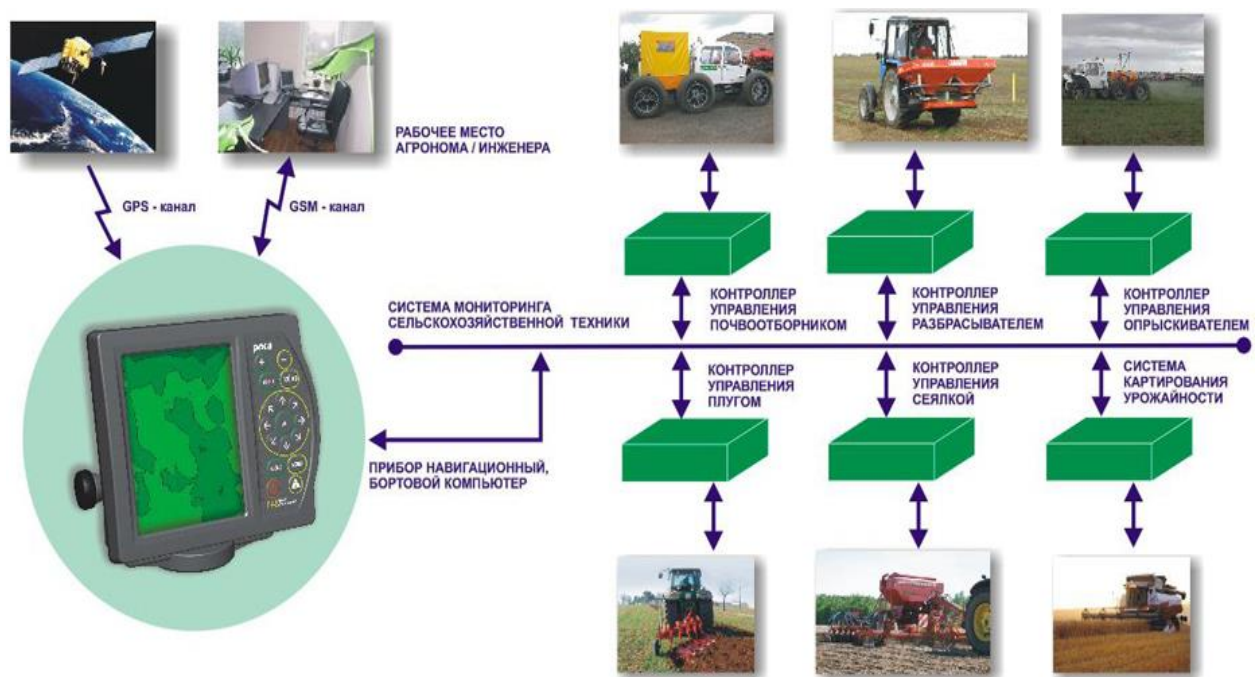
Але найбільш переконливими є переваги системи точного землеробства у режимі «*on-line*», коли з'являється можливість за допомогою спеціальних датчиків робити виміри стану рослин на мікролокальному рівні ділянки поля і одразу ж коригувати внесення агрохімікатів.

Зокрема, розроблені різні системи сенсорних датчиків, які встановлюються на трактор під час внесення добрива. Датчики визначають в реальному часі основні параметри стану ґрунтів, які необхідно враховувати для регулювання зростання рослин. За допомогою комп'ютера і відповідного програмного забезпечення відбувається обробка даних, визначається кількість добрив, необхідна для конкретної ділянки землі; потім дані передаються на агрегати, які вносять добрива.

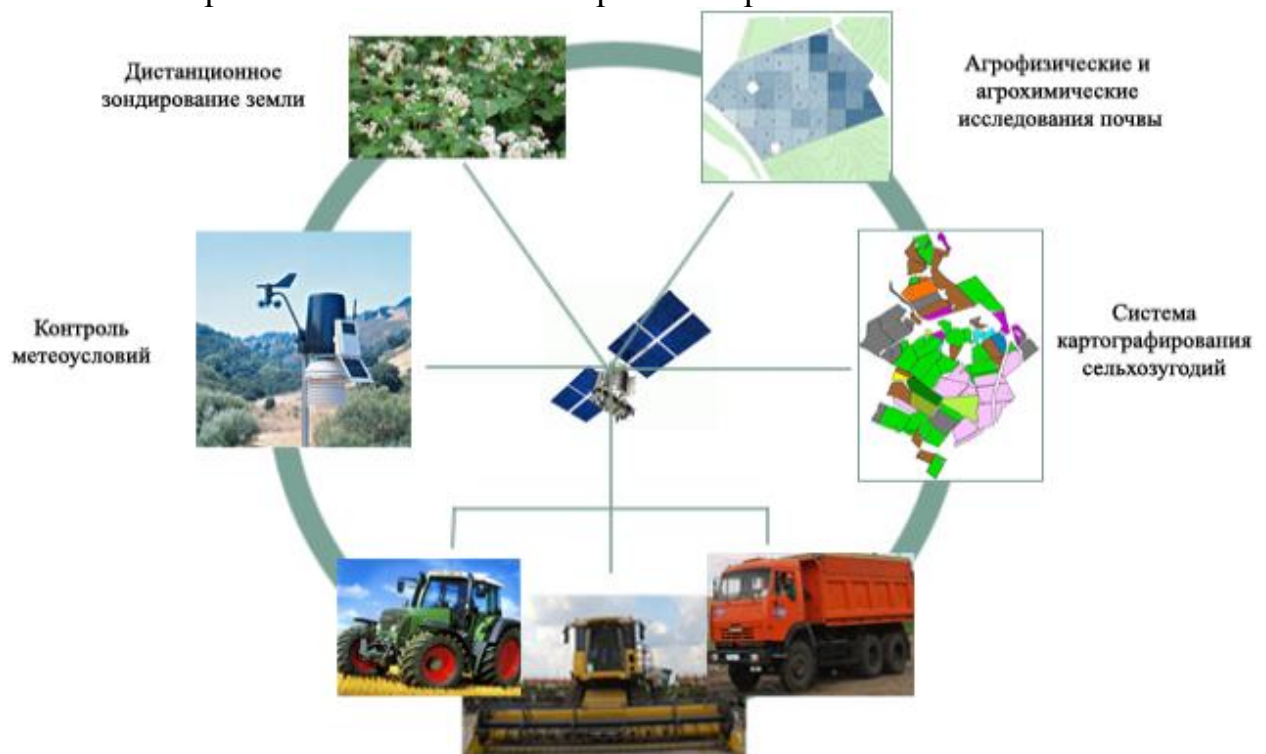
За допомогою датчиків подача добрив визначається взаємозалежністю: хлорофіл – біомаса – маса рослини. Сьогодні відомі чотири нові системи: Система Greenseeker, Система MiniVeg N, Система N-Sensor, Система Crop-Sensor. Усі системи сенсорних датчиків сумісні з системами позиціонування і уніфіковані за усіма міжнародними нормами і стандартами.

Диференціальне внесення мінеральних добрив один з найважливіших економічних і екологічних аспектів «точного землеробства». Застосування даної технології і устаткування дозволяє значно скоротити витрати на добрива, тобто вносити їх залежно від потреби ґрунту, а також забезпечує оптимальний вміст живильних речовин в ґрунті. Для цього під час проведення робіт, за умови наявності GPS-обладнання будується карта внесення добрива.

Точне землеробство: загальна схема роботи в режимі “*on-line*”



Точне землеробство: загальна схема роботи в режимі “off-line”



Використання вище перелічених сучасних приладів у поєднанні з системою точного позиціонування (GPS), використанням географічних інформаційних систем (GIS) та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є надійною передумовою ефективного ведення землеробства.

Тема 6. Основи роботи глобальних навігаційних систем.

Системи навігації

Навігація (лат. *navigatio*, від *navigo* – плисти на судні) – слово, яке прийшло з морського транспорту, де цей термін має ряд значень (мореплавання, судноплавство; період часу в році; основний розділ судноводіння), де розробляються теоретичні обґрунтування і практичні прийоми водіння судів. Існує також навігація повітря.

Супутникова система навігації ([англ.](#) *GNSS — Global Navigation Satellite System*) — комплексна електронно-технічна система, що складається з сукупності наземного та космічного обладнання та призначена для позиціонування в просторі (місцезнаходження в географічній системі координат) і в часі, а також визначення параметрів руху (швидкості, напрямку та ін.) для наземних, водних та повітряних об'єктів.

База сучасної навігації закладена на основі:

- винаходу магнітної стрілки для визначення курсу судна;
- складання топографічних карт в прямій рівнокутній циліндричній проекції;
- винаходу механічного лага;
- розвитку фізики і створення електронавігаційних приладів і радіотехнічних засобів судноводіння
- математичних і навігаційних наук.

Сьогодні спільною працею наукових установ створені Системи Реалізації Навігаційних Обчислень (СРНВ). Їх основною операцією є визначення просторово-часових координат, що передбачене концепцією незалежної навігації, згідно якої, визначення навігаційних параметрів повинне проводитися безпосередньо в апаратурі споживача. Це системи типу *GPS* або *ГЛОНАСС*, де перелік характеристик підсистем, структури і способи функціонування визначають:

- необхідна якість навігаційного забезпечення;
- вибрана концепція навігаційних вимірювань.

Такі властивості якості СРНВ, як безперервність і висока точність навігації вимагають від СРНВ обов'язкової наявності трьох складових:

- 1 – система космічних апаратів у вигляді мережі навігаційних супутників;
- 2 – система контролю і управління у вигляді наземних командно-вимірювальних комплексів;
- 3 – апаратура споживача або "приймача".

Тому СРНВ в цілому – це комплексна електронно-технічна система, що складається з сукупності наземного і космічного устаткування, призначена для визначення місцеположення (географічних координат та висоти) і точного часу, а також параметрів руху (швидкості та напрямку руху і так далі) для наземних, водних і повітряних об'єктів. Її основними елементами є (рис. 1):

- орбітальне угруповання, що складається з декількох (2...30од.) супутників, випромінюючих спеціальні радіосигнали (космічний сегмент):
- опціонально-наземна система радіомаяків, що дозволяє значно підвищити точність визначення координат:
- наземна система управління і контролю (контрольний сегмент), що включає блоки вимірювання поточного положення супутників і передачі на них отриманої інформації для корегування інформації про орбіти;
- опціонально-інформаційна радіосистема для передачі користувачам поправок, що дозволяють значно підвищити точність визначення координат.
- приймальне клієнтське обладнання ("супутникові навігатори"), що використовується для визначення координат, тобто сегмент призначений для користувача;

Базові елементи системи GPS

- Три різні сегменти:
- космічний сегмент
- контролюючий сегмент
- сегмент користувача

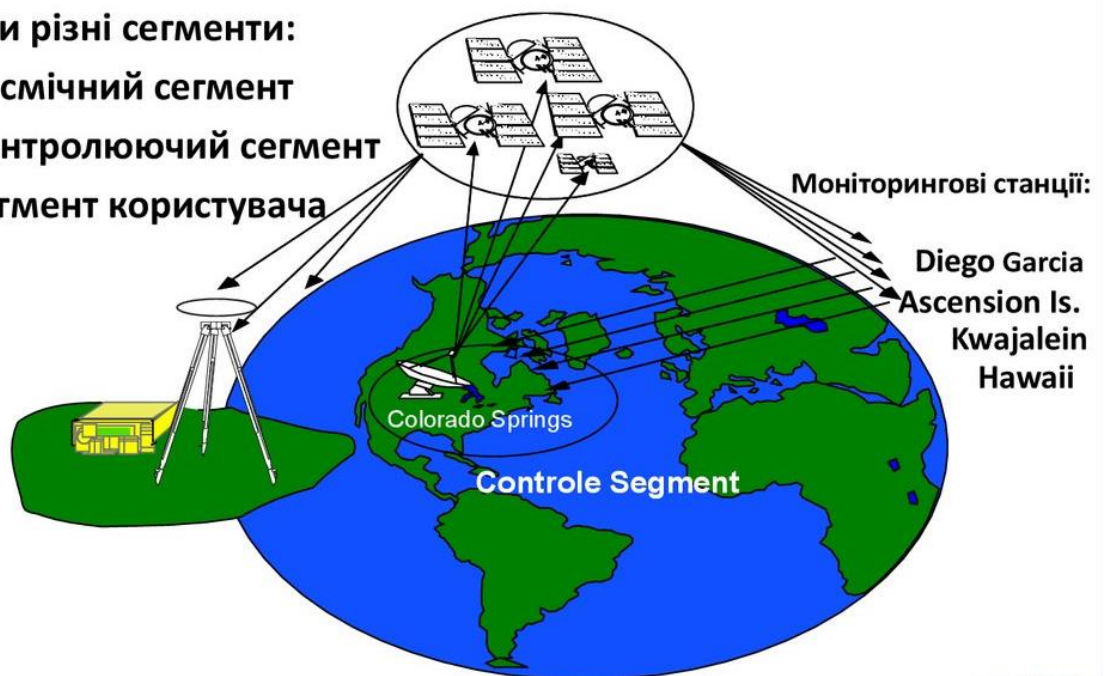


Рис. 1. Схема загальна структури супутникової системи навігації

Наприклад, система *GPS* (офіційна назва – *NAVSTAR*), має наступні характеристики основних складових:

1 – орбітальне угруповання з 24од. (+ 3од. резервних) супутників *Block I*, *Block II/II-A*, *Block II-R* і *Block II-M*., що обертаються на 6-ти орбітах з віддаленням від Землі на 17000км, де вага кожного супутника – 900кг, діаметр з розкритими сонячними батареями – 5м, а потужність передавача – 50Ват;

2 – наземний сегмент з 6-ти од. контрольних станцій відстежування, що належать національному управлінню картографії США (*NIMA*) і 5-ти од. контрольних станцій відстежування і головної станції управління, що належать Міністерству оборони США, розташованих в різних точках Землі;

З – апаратура користувача, яка має різну вартість, працює в смузі радіочастот L -діапазону від 390 до 1580 МГц і має в своєму розпорядженні сигнали двох частот ($L1$ – частота 1575,42 МГц; $L2$ – частота 1227,6 МГц).

На частоті $L2$ випромінюються сигнали високоточної інформації із захищеним військовим кодом P (*precision* – точний). На $L1$ – сигнали як з військовим кодом P , так і із загальнодоступним цивільним кодом (*civilian code*), який називають C/A (*Clear Acquisition*), – код вільного доступу.

Сучасний рівень електроніки, ПЗ і методів обробки навігаційної інформації на основі автоматичного наземного режиму диференціальної корекції (*differential positioning*) забезпечує точність визначення координат для споживача:

- від 2 до 5 м в системах цивільних;
- від 1 до 10 мм в системах військових.

Російсько навігаційна система ГЛОНАСС – аналогічна по своїй побудові американській, проте має вищу точність визначення координат споживача. Вона складається з 24 од. супутників, розташованих на орбітах, які нахилені під кутом $64,80^\circ$ і віддалені від Землі на відстані 19100 км. Вага супутників "ГЛОНАСС-М" – 1415 кг, а "ГЛОНАСС-К" – 850 кг.

Європейська система *Galileo* спочатку призначалася лише для цивільних цілей, але прийнята в 2008 р. резолюція Євросоюзу "Значення космосу для безпеки Європи" допускає використання супутникових сигналів для деяких військових операцій. Сьогодні це 27 од. (+3 од. резервних) супутників і три наземні центри управління.

Китайська система космічної радіонавігації *Beidou* також призначена для військових і цивільних цілей, а її відмінною особливістю є надання споживачам важливої комерційної послуги – обміну між собою невеликими текстовими повідомленнями. *Beidou* складається з 30 од. супутників, розташованих на похилих орбітах і 5-од. на орбіті геостаціонарній. Одним з перших глобальних транспортних проектів системи *Beidou* в цивільних цілях був контроль дорожнього руху під час проведення "Олімпіади-2008" в Пекіні.

Принцип роботи супутникових систем навігації заснований на вимірюванні відстані від антени на об'єкті (координати якого необхідно отримати) до супутників, положення яких відоме з великою точністю. Таблиця положень всіх супутників називається "альманахом", який має в своєму розпорядженні кожен супутниковий приймач до початку вимірювань. Приймач зберігає "альманах" в своїй пам'яті з часу свого останнього виключення і якщо "альманах" не застарів, то миттєво використовує його. Кожен супутник передає в своєму сигналі весь "альманах". Таким чином, знаючи відстані до декількох супутників системи, за допомогою звичайних геометричних побудов, на основі "альманаху", можна обчислити положення об'єкту в просторі.

Метод вимірювання відстані від супутника до антени приймача заснований на визначенні швидкості розповсюдження радіохвиль. Для

здійснення можливості вимірювання часу поширюваного радіосигналу кожен супутник навігаційної системи випромінює сигнали точного часу, використовуючи точно синхронізований з системним часом атомний годинник. При роботі супутникового приймача його годинник синхронізується з системним часом, і при подальшому прийомі сигналів обчислюється затримка між часом випромінювання, що міститься в самому сигналі, і часом прийому сигналу. Маючи в своєму розпорядженні цю інформацію, навігаційний приймач обчислює координати антени. Решта всіх параметрів руху (швидкість, курс, пройдена відстань) обчислюється на основі вимірювання часу, який об'єкт витратив на переміщення між двома або більш точками з певними координатами.

Робота системи навігації в реальності відбувається значно складніше, оскільки існують деякі проблеми, що вимагають спеціальних технічних прийомів по їх вирішенню. Основними проблемами є:

- неоднорідність гравітаційного поля Землі, що впливає на орбіти супутників;
- неоднорідність атмосфери, із-за якої швидкість і напрям розповсюдження радіохвиль може мінятися в деяких межах;
- віддзеркалення сигналів від наземних об'єктів, що особливо помітно в місті;
- неможливість розмістити на супутниках передавачі великої потужності, із-за чого прийом їх сигналів можливий тільки в прямій видимості на відкритому просторі;
- відсутність атомного годинника в більшості навігаційних приймачів, що зазвичай усувається отриманням інформації не менше чим з трьох (2-х мірна навігація при відомій висоті) або з чотирьох (3-х мірна навігація) супутників (за наявності сигналу хоч би з одного супутника можна визначити поточний час з хорошою точністю).

Тому в даний час йде розвиток систем геостаціонарного доповнення для всіх навігаційно-геодезичних систем, тобто систем *GPS* і ін. Системи доповнення називають широкодонними системами супутникової диференціальної навігації *SBAS (Satellite based Augmentation System)*. Вони дозволяють розширити зону, яку можна забезпечити диференціальними поправками (один геостаціонарний супутник може забезпечити поправками територію рівну за площею однієї третини від всієї поверхні Землі). У таких системах реалізовано принципово інший метод формування корекцій і передачі інформації всім користувачам через геостаціонарний супутник (рис. 2).

Новий підхід *SBAS* не вимагає будь-якого додаткового устаткування до судового приймача (наприклад, наявність радіомодему). Завдання вирішується шляхом зміни програмного коду. Наприклад, сьогодні створене самонавчальне ПЗ – *Navsop*, яке працює за допомогою звичайного супутникового приймача і супутникової антени.

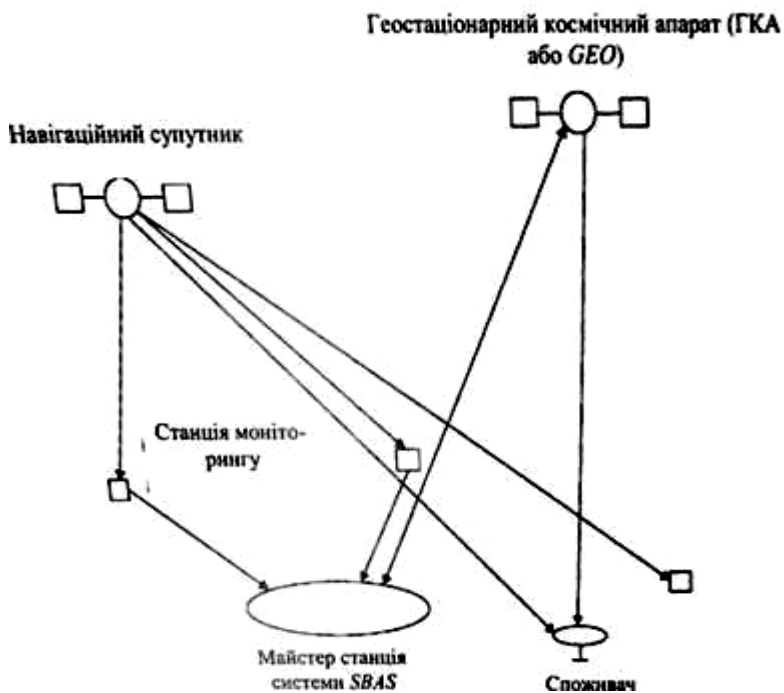


Рис. 2. Схема роботи супутникової системи навігації SBAS

По конструктивному виконанню антени GPS/ГЛОНАСС-приймачів бувають двох видів:

- внутрішня (вбудована) антена – знаходиться всередині корпусу навігатора;
- зовнішня антена – встановлюється зовні навігатора і з'єднується з ним кабелем.

При цьому, незалежно від конструктивного виконання, антени всіх приймачів розрізняються за принципом прийому радіосигналів і бувають двох типів: плоска (*Patch*) антена; спіралевидна (*Helix*) антена.

Проте якість прийому навігаційних сигналів залежить не тільки від типу і конструкції антени, але і чіпсету приймача.

Чіпсет (англ. *chipset*) – набір мікросхем, спроектованих для спільної роботи з метою виконання яких-небудь функцій.

Чіпсет визначає наступні характеристики приймачів (навігаторів):

- час пошуку супутників після вмикання;
- можливість обчислення координат навігатора по відбитих сигналах від супутників (в умовах високих гір і густої рослинності, туристичні навігатори роблять це гірше ніж автомобільні);
- можливість використання растрових карт великого розміру з високою деталізацією (що вимагають багато місця на диску);
- якість графіки на дисплеї;
- швидкодія, тобто використання карт пам'яті (для зберігання декількох навігаційних карт і пройдених маршрутів) і так далі

Тема 7. Системи картографування урожайності зернових культур

Існує два методи оцінювання врожайності. Перший — механічно зважити зібраний врожай після розвантаження зернозбирального комбайна, другий — вимірювання врожаю у реальному часі протягом всієї роботи комбайна за допомогою систем [GPS](#). Система картування врожайності -це сукупність обладнання та програмного забезпечення, за допомогою якого здійснюється облік кількості зібраної культури на кожній визначеній ділянці поля. Під час роботи у бортовому комп'ютері фіксується час роботи, назва поля із зазначенням культури, загальна зібрана площа, кількість витраченого пального, дані про техніку, оператора, який на ній працює, та господарство, в якому відбуваються жнива.

З давніх часів всі зусилля людини в рослинництві були направлені на головне — отримання урожаю. З часом розвивалася сільськогосподарська наука, з'являлися нові методи обробітку культур, нові машини і агротехніка, культури, сорти і так далі. Для випробування і впровадження нових розробок головним критерієм завжди служив показник кількості і якості урожаю. У експериментах з обмолочуваними культурами врожайність, як правило, вимірювалася за допомогою так званих «метрівок» — з квадратного метра уручну збирався урожай, вимірювалися врожайність і якість.

З появою сучасних технічних засобів, таких як Глобальні Системи Позиціонування (ГСП) ГЛОНАСС, GPS і інших бортових комп'ютерів і датчиків врожайності, що встановлюються на зернових комбайнах (рис. 1), а також спеціального програмного забезпечення, відкрилися по справжньому широкі можливості для оцінки врожайності. Причому на кожній елементарній ділянці, розмір якої залежить від функціональних можливостей використовуваної техніки.



Рисунок 1 – Схема розміщення датчиків системи картографування врожайності на комбайні CLAAS

Складання карт врожайності із застосуванням GPS-технологій – принципово новий підхід, що дозволяє контролювати не тільки кількість зібраного з поля урожаю, але і виявити нерівномірність врожайності в межах поля, щоб ухвалити правильні агротехнічні рішення.

Карти врожайності дають можливість ідентифікувати проблемні зони, цілеспрямовано дослідити причини зниження врожайності, таких як дефіцит живильних речовин, ущільнення ґрунту, відсутність дренажу, зараженість бур'янами. Окрім цього, на карті можна відобразити вологість зерна, швидкість і шлях руху комбайна та ін.

Загальний порядок вимірів врожайності виглядає таким чином: спочатку, на стаціонарному комп'ютері в програмному забезпеченні (ПО) AgroMap© готується завдання, де указуємо замовника (власника поля), культуру, що підлягає збиранню, ПІБ механізатора і деякі інші технічні деталі. Підготовлене завдання переносимо на носій інформації — чіп-карту, яку

передаємо комбайнеру, який збиратиме урожай. Чіп-карта вставляється в бортовий комп'ютер комбайна і завдання активується.

Перед збиранням в обов'язковому порядку для досягнення максимально точних вимірів необхідно відкалібрувати всі датчики. Датчик швидкості калібрується у режимі калібрування шляхом проїзду заздалегідь відміряних 100м. Датчик нахилу калібрується на рівній, горизонтальній ділянці. Датчик елеватора калібрується при включеному порожньому елеваторі протягом однієї хвилини. Також необхідно провести всі стандартні настройки зернового комбайна — молотарки, жнивarki і так далі.

Найважливіше калібрування — калібрування датчика врожайності. Для цього в режимі калібрування ми намолочуємо один або два бункери зерна, вивантажуємо на машину, зважуємо і вводимо набутого значення в бортовий комп'ютер. Також потрібно не забувати протягом робочого дня вимірювати так звану «натуру» зерна (г/л) і вводити значення в комп'ютер. Все це необхідно для досягнення максимальної точності вимірів врожайності.

Датчики вимірювання потоку зерна вмонтовуються в елеваторі комбайна (рис.2) і бувають двох видів: оптичні і такі, що працюють за принципом магнітного резонансу. У даному випадку використовувався оптичний датчик. Для визначення вологості зерна використовуються діелектричні датчики, що встановлюються в тракті руху зерна або в спеціальному відвідному каналі. Збиральна техніка комплектується подібними системами при замовленні або під час експлуатації.

Після проведення калібрування починаємо збирання. Комбайн, рухаючись по полю, постійно робить виміри врожайності і вологості кожні

5 секунд. Причому частоту замірів можна регулювати — робити виміри частіше або рідше. Вимір робиться таким чином: у бортовий комп'ютер комбайна поступають дані з датчиків врожайності і вологості. Комп'ютер записує ці дані у файл завдання, що виконується відповідно до координат, отриманих від GPS-приймача. У файлі значення врожайності в точці виміру матимуть елементарні ділянки, квадрати (рис.3), з розміром сторони, рівній ширині жнивarki, в центрі якого — відповідні виміру координати.

Врожай зібраний з певної площі вимірюється датчиком, розташований в зерновому елеваторі

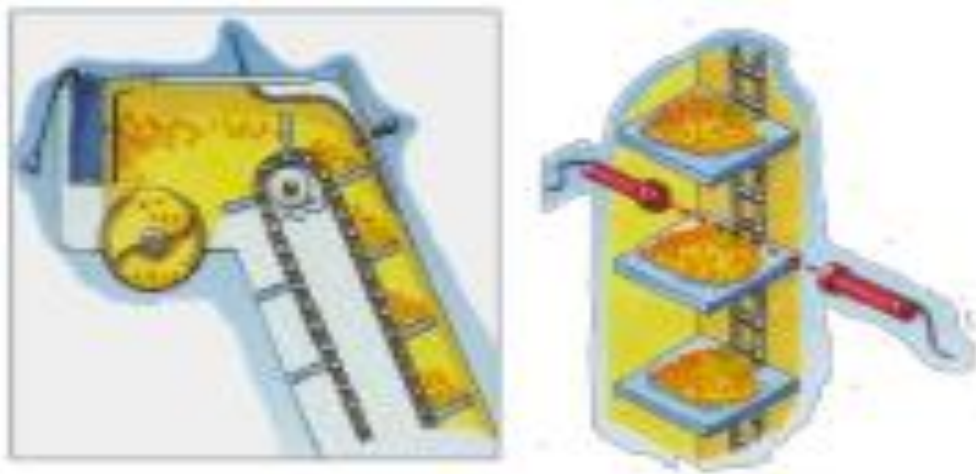


Рисунок 2 – Датчики вимірювання потоку зерна

Картографування урожайності - «вимірювання зібраного урожаю за певний період часу з визначеної площі та зображення результатів у графічній формі»

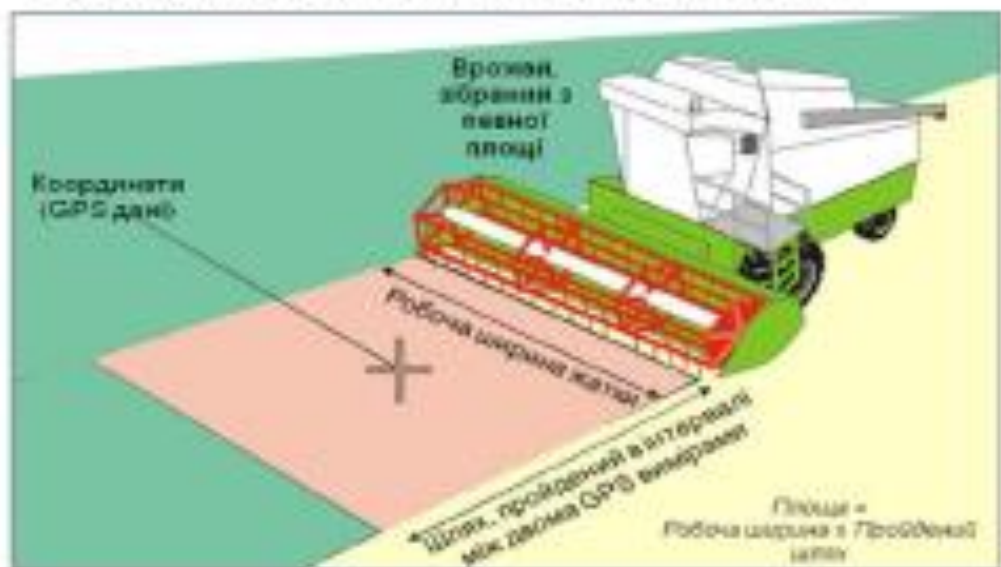


Рисунок 3 – Принцип картографування врожайності

В ході збирання бортовий комп'ютер виводить інформацію на екран про середню врожайність, оброблену площу, поточну врожайність і вологість, швидкість руху і іншу технічну інформацію. У разі втрати сигналу від GPS-приймача, комп'ютер сигналізуватиме про це. В цьому випадку дані вимірів не записуються у файл завдання. Після закінчення збирання завершуємо і зберігаємо на чіп-карті виконане завдання і виймаємо її з бортового комп'ютера. Наступним кроком для створення карти врожайності є обробка отриманих вимірів на стаціонарному комп'ютері в програмному забезпеченні AgroMap©. У цій програмі необхідно обробити отримані виміри - прибрати нульові значення, помилки і так далі. Програма дозволяє бачити всі шляхи пересування комбайна, простої, час роботи, зібраний урожай і т.ін. У настройках програми можна задати формулу приведення врожайності до стандартної вологості і потім отримати просторово-орієнтовані карти врожайності. Дані з програми AgroMap© можуть бути експортовані в інших ГІС (наприклад в SSToolBox©), де можуть бути використані для аналізу, створення планів по агрохімічному обстеженню, створення карт-завдань на диференційоване внесення меліорантів або в інших цілях.

Отримання подібних карт (рис. 4) є безперечним проривом в області землеробства, оскільки дозволяє визначати неоднорідність головного зі всіх показників — врожайності.

Виявивши ділянки з низькою врожайністю, ми можемо спробувати розібратися в причинах цього і врахувати це наступного року. Подібні карти відкривають для дослідницьких робіт нові горизонти — ми можемо тепер в спеціальному програмному забезпеченні (ГІС) накладати просторово-прив'язані ґрунтові карти, карти агрохімічного обстеження, карти рельєфу і багато що інше. Отримання карт врожайності - один з важливих етапів впровадження системи точного землеробства.

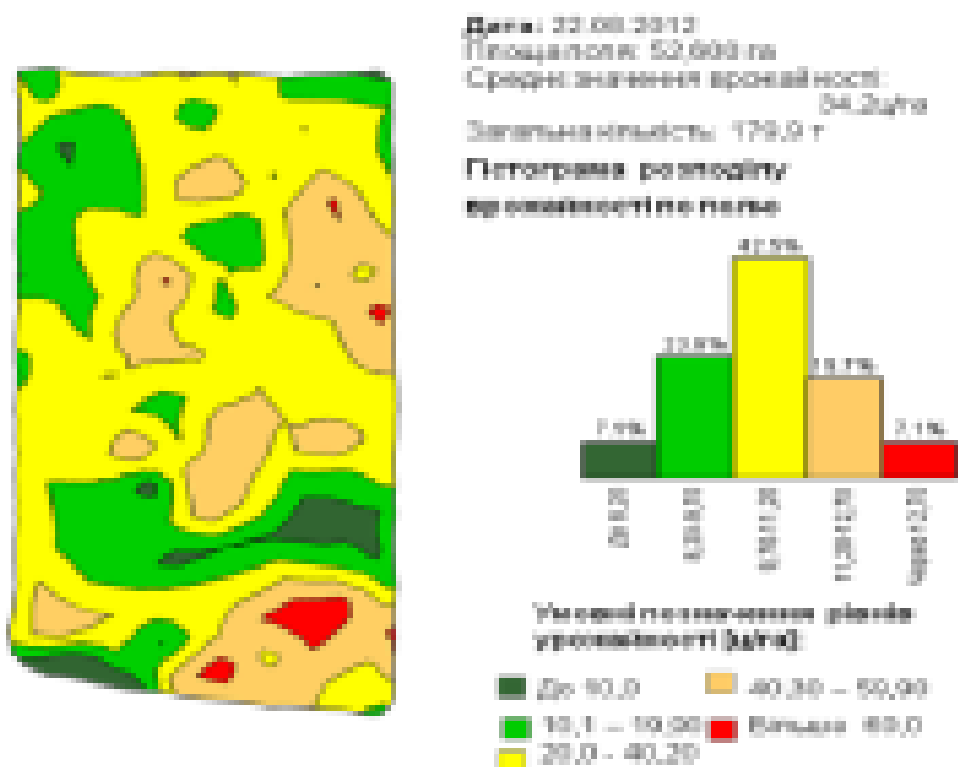


Рисунок 4 – Карта врожайності

Система картографування врожайності GreenStar Harvest Doc

Система GreenStar Harvest Doc дозволяє заміряти зміни рівнів вологості і врожайності на полях, нанести їх на електронну карту, виділивши в окремий шар, і використовувати для точного внесення насіння, добрив і засобів захисту рослин (ЗЗР), а також обліку робочого часу, польових робіт та електронного контролю і моніторингу виконання сільськогосподарських операцій. Система GreenStar Harvest Doc розроблена спеціально для комбайнів «John Deere».

У склад системи картографування врожайності входять:

1. Бортовий комплекс GreenStar Harvest Doc (встановлюється на комбайни):

- навігаційна система StarFire iTC з можливістю приймати безкоштовну поправку John Deere SF1 (точність водіння по сусідніх рядах – 30 см);
- дисплей, мобільний процесор, ключова карта, карта пам'яті (2 шт.);
- набір кріплення для комбайнів John Deere;
- кабелі для стиковки модулів системи з проводкою комбайна;
- проводка GreenStar (для техніки John Deere без стікера «GreenStar Ready» – опція);
- датчики маси і вологості зерна (для комбайнів John Deere без стікера «Harvest Doc Ready» - опція);
- бортовий принтер для роздруку чеків – опція;
- інструкція з експлуатації.

2. Настільне програмне забезпечення JD ReportsMAP:

- підготовка карт пам'яті до роботи із системою GreenStar;
- обмін даними з бортовим компонентом системи GreenStar;
- обробка даних, отриманих з датчиків врожайності комбайна, експорт даних в інші програми;
- створення карти врожайності;
- звіти про використання техніки, робочий час, документування сільгоспробіт (польовий журнал);
- читання, зберігання і робота з даними про переміщення техніки і межі полів, записані бортовим компонентом GreenStar з активованим додатком GreenStar Field Doc.

Принцип роботи системи картографування полягає в наступному. Приймач сигналів GPS із супутникового угруповання в реальному часі прив'язує показники датчиків врожайності до електронної карти. В результаті виходить цифрова карта врожайності, яка збирає в єдину базу дані зі всіх комбайнів, оснащених бортовим компонентом системи. Отримана цифрова карта врожайності разом з картою агрохімічного обстеження використовується для створення технологічної карти диференційованого внесення насіння, добрив і ЗЗР. З урахуванням інформації про те, яка ділянка поля принесе більший урожай, виходячи з оптимізації витрат і отримання максимального прибутку, ухвалюється рішення про диференційовану обробку полів. Можлива постановка протилежного завдання – зниження витрат відповідно до потенціалу урожаю на збіднених ділянках поля, включаючи ухвалення рішень про зміни сівозміни, конфігурацію полів і культур, що висіваються.

Тема 8. Системи паралельного та контурного водіння

Система паралельного водіння агрегатів

Розповідаючи про систему точного землеробства, розуміємо, що це – підвищення використання генетичного потенціалу рослин, раціональної експлуатації техніки.

Для досягнення даної мети необхідно впровадити такі складові, як систему паралельного водіння агрегатів, зондування ґрунту і картографування врожайності та диференційоване внесення добрив.

Зупинимося на системі паралельного водіння, що схематично зображено на рисунку 1.

Точне управління сільським господарством починається з точного управління с/г машинами

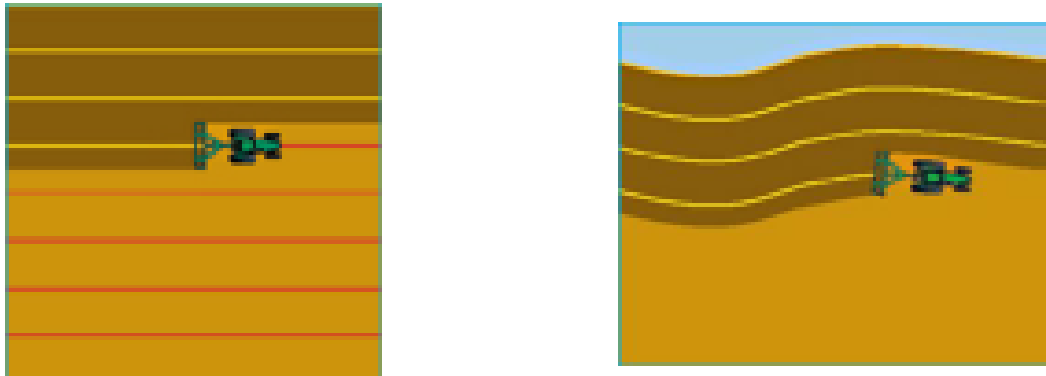


Рисунок 1 – Паралельний рух агрегату

Мабуть ніхто не буде перечити, що дані вирази мають право на життя.

Яскравим прикладом послужить операція внесення мінеральних добрив. На рисунку 2 зображено схему розподілу добрив по поверхні поля. Як бачимо, тільки вірно вибраний сміжний прохід дасть рівномірну норму внесення добрив. А відхилення від рівномірної норми внесення мінеральних добрив має значний вплив на врожайність запланованої культури.

Як відомо, при русі агрегату присутні перекриття і огріхи, звідси і відхилення від норми внесення.

Системи паралельного водіння призначені в першу чергу для високоточного водіння сільськогосподарської техніки по заданому маршруту в межах поля. Головна ідея полягає в тому, щоб звести до мінімуму перекриття й пропуски між сусідніми заїзками й при цьому зробити витрати тільки на обладнання й швидке навчання.



Рисунок 2 – Співвідношення між шириною захвату розкидача та шириною розкидання добрив

Завдання, які вирішують системи паралельного водіння:

- економія добрив, засобів захисту рослин, насіння, палива та інших засобів виробництва за рахунок скорочення ширини смуги подвійної обробки (смуга між двома суміжними проходами техніки);
- підвищення інтенсивності використання сільськогосподарської техніки, що є в господарстві (з'являється можливість високоякісної роботи в нічну зміну, в туман або дим) і продуктивності праці;
- паралельне водіння по приладах дозволяє поліпшити якість і оперативність виконання технологічних операцій;
- зниження втомлюваності механізатора.

За рахунок усіх вищеназваних чинників система паралельного водіння окупає себе при нормальному завантаженні трактора вже на першій технологічній операції, виконаної із застосуванням даного обладнання. Це є причиною великої популярності систем паралельного водіння останнім часом.

Як працює звичайна система паралельного водіння:

- встановлюється електронний маркер (його можна легко знімати і монтувати);
- механізатор виїжджає в поле;
- включається система паралельного водіння одним натисканням кнопки або перемиканням важеля;
- вводиться ширина захвату агрегату, встановленого на трактор (пам'ять курсопоказника дозволяє ввести цю інформацію один раз);
- електронний маркер збирає інформацію про розташування супутників (це може тривати 1-5 хвилин, якщо прилад вже включали в цій області або 5-20 хвилин, якщо засіб паралельного водіння (ЗПВ) вперше працює в даному регіоні. Як правило, про стан сигналу свідчать індикатори: червоний - занадто мало інформації, щоб визначити місце розташування і працювати, жовтий - прилад працює з точністю, що надається системою GPS, зелений - в роботі приладу враховується диференціальна поправка GPS даних. Після того, як загорівся зелений (гірше, якщо жовтий) індикатор, система паралельного водіння готова до роботи;

- механізатор фіксує точку початку руху (обробки), натиснувши на кнопку «А»;
- наприкінці гону або на відстані мінімум 30 метрів від точки «А» фіксується точка «Б»;
- комп'ютер системи паралельного водіння будує у своїй пам'яті лінію, що сполучає точки «А» і «Б». Відразу після цього електронний маркер створює в пам'яті маршрути, паралельні базовій лінії, на відстані ширини захвату агрегату (все це відбувається миттєво). Важливо зазначити, що маршрути можуть бути як кривими, так і криволінійними;
- тепер механізатор може обробляти все поле, орієнтуючись на лампочки чи карту, де фіксується напрямок і значущість відхилення трактора від маршруту, закладеного електронним маркером.

Список рекомендованої літератури

1. Самойленко В.М. Географічні інформаційні системи та технології: підручник / В.М. Самойленко. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 448 с
2. Дэн Эсс, Марк Морган. Руководство по точному земледелию (The Precision-Farming Guide for Agriculturist), John Deer Publishing, 2004, 159 с. (русский перевод А.Г. Тарика, В.А. Забалуев)
3. Інформаційні системи і технології в економіці: Посібник. За ред. д.е.н., проф. В.С. Пономаренка, К.: Видавничий центр “Академія”, 2002. – 544с.
4. Аніскевич Л.В. Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05. 05. 11 / Національний аграрний ун-т. – К., 2005. – 36 с.
5. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Гаврилюк Г.Р., Волянський М.С. Терміни точного землеробства // Техніка АПК. – 1999. - № 5. С. 29-30.
6. Шевчук О.В., Коломієць С.І. Точне землеробство: переваги й перспективи // Захист рослин. – 2001. - № 5. – С. 18-20.
7. Войтюк Д.Г., Мудрик О.С., Деркач О.П. Наукова школа академіка Василенка Петра Мефодійовича: Монографія 1 ДНСГБ, НАУ // Розробка науковою школою академіка П.М. Василенка технологій точного землеробства. – К.: Аграрна освіта, 2005. – С. 45-49.
8. Адамчук В.В., Мойсеєнко Землеробство майбутнього і техніка для нього // Вісник аграрної науки. – 2001. - № 11. – С. 55-60.
9. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р., Аніскевич Л.В., Волянський М.С. Побудова картограм поживних речовин у ґрунті з використанням супутникової навігаційної системи. - Збірник наукових праць НАУ ”Механізація сільськогосподарського виробництва”, Т. IX, К.: НАУ, 2000. – с. 37 – 39.
10. Бідолах Д.І., Панасенко В.М., Козак О.В. Використання деяких елементів нових технологій при картографуванні ґрунтів // Вісник аграрної науки. – 2005. - № 1. – С. 69-71.
11. Мельник Р.В. Параметри забезпечення ефективності застосування широкозахватних машинно-тракторних агрегатів у керованому землеробстві // Механізація та електрифікація с. – г.: Міжвід. темат. наук. зб. / УААН: ННЦ “ІМЕСГ”. – Глеваха, 2008. – Вип. 92. – С. 541 –547.

Саржанов Богдан Олександрович

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Методичні вказівки до виконання лабораторно- практичних занять

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.
