

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

72312 Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького, 18  
тел. (0619) 42-06-94

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Директор НДІ МЗПУ,

\_\_\_\_\_ В.Т. Надикто

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗВІТ**  
**про науково-дослідну роботу**  
(проміжний)

Програма: „Розробка наукових основ, систем, технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки південного регіону України”

Підпрограма: „Комп’ютерне моделювання явищ та процесів в АПК”

Завідувач відділу: \_\_\_\_\_ д.т.н. Надикто В.Т.

Завідувач лабораторії: \_\_\_\_\_ д.т.н. Малкіна В.М.

2019

Результати роботи розглянуто НТР,  
протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**СПИСОК АВТОРІВ**

Керівник проекту і відповідальний виконавець – завідувач лабораторії, д.т.н., проф.

Малкіна В.М.  
(реферат, вступ, розділи 1, 2, висновки, участь у 3.1, 3.2, 3.3, 3.4)

к.т.н. доц.

Строкань О.В.  
(участь у 3.6, 3.7)

к.т.н. доц.

Лубко Д.В.  
(участь у 3.5)

асист.

Мозговенко А.А.  
(участь у 3.8)

ст. викл.

Зінов'єва О.Г.  
(участь у 3.5)

к.т.н. доц.

Мацулевич О.Є.  
(участь у 3.9, 3.10)

к.т.н. доц.

Щербина В.М.  
(участь у 3.9, 3.10)

к.т.н. доц.

Гавриленко Є.А.  
(участь у 3.11, 3.12)

к.т.н.

Холодняк Ю.В.  
(участь у 3.11, 3.12)

к.т.н. доц.

Коломієць С.М.  
(участь у 3.9, 3.10)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 23 сторінки тексту, 12 джерел.

### Об'єкти досліджень:

Теоретичні і методологічні основи та інструментальні засоби створення і використання інформаційних технологій та систем (ICT) у галузях АПК та виробництва. Програмні засоби та інформаційні системи для автоматизації бізнес-процесів в АПК, виробництві та навчальному процесі.

### Мета роботи:

Побудова спеціальних комп'ютерних та математичних моделей, проектування та розробка автоматизованих та інформаційних систем, застосування сучасних інформаційних технологій, а саме:

- розробка математичних моделей та відповідного програмного забезпечення для проведення регресійно-кореляційного аналізу при дослідженні явищ та процесів в АПК при порушенні умов теореми Гауса-Маркова;

- розробка навчальних засобів, систем, програм на основі технології Drag-and-drop;

- використання технології платформи мікроконтролера Arduino для автоматизації системи поливу ґрунту;

- розробка спеціалізованого програмного забезпечення на базі операційної системи Android для моделювання мікроклімату закритого приміщення.

- проектування та розробка експертних систем діагностування несправностей транспортних засобів

- використанням технології нейронних мереж для побудови програмних модулів з класифікації навчальних текстів при викладанні дисциплін.

- розробка матричного способу конструювання еліптичних обводів із використанням параметричної форми завдання кривої;

- виявлення можливостей використання неперервного геометричного моделювання на основі спеціальної функції і призначення дотичних у вузлах вихідної ДПК при локальних методах згущення та глобальне призначення дотичних при методах згущення спіралеподібних та замкнених кривих ліній на основі спеціальної функції;

- розробка методу формування плоского одновимірного обводу із забезпеченням контролю максимальної абсолютної похибки інтерполяції;

- розробка методики формування робочої поверхні інструменту для розпушування ґрунту на основі формування каркаса, елементами якого є плоскі криві з закономірною зміною кривини.

- розробка методики корекції дискретно представлених кривих із застосуванням вагових коефіцієнтів при ДМНК – апроксимації.

### **Методи досліджень:**

Застосування фундаментальних та прикладних наук, математичного та комп'ютерного моделювання, професійних прикладних програм, сучасних мов програмування, інших суміжних галузей, у яких використовуються ІСТ.

### **В результаті проведених досліджень:**

- Розроблено математичну модель та відповідне програмне забезпечення для проведення регресійно-кореляційного аналізу при дослідженні явищ та процесів в АПК при порушенні умов теореми Гауса-Маркова (ефект мультиколінійності);

- Розроблено програмні модулі для створення навчальних засобів з використанням технології Drag-and-drop - комп'ютерну навчальну програму-тренажер для дисципліни «Дослідження операцій» з теми «Транспортна задача»

- Проаналізовано методи отримання та аналізу експертних даних при заповненні бази знань експертної системи. Виконано проектування та розробка експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів

- Побудована модель інформаційної системи мікроклімату закритого приміщення на базі операційної системи Android. Експериментально доказано, що переваги використання ємнісного датчика вологості досить значні. Рекомендується використовувати ємнісні датчики у автоматизованих системах для визначення вологості ґрунту.

- Програмна реалізація алгоритму роботи системи на базі мікроконтролеру Arduino для зчитування показників вологості ґрунту.

- Розроблено комп'ютерний програмний модуль з класифікації навчальних текстів дисциплін з використанням нейронних мереж.

- Розроблено матричний спосіб конструювання еліптичних обводів із використанням параметричної форми завдання кривої;

- Проаналізовано методи використання неперервного геометричного моделювання на основі спеціальної функції і призначення дотичних у вузлах вихідної ДПК при моделюванні методами згущення спіралеподібних та замкнених кривих ліній на основі спеціальної функції;

- Розроблено метод формування плоского одновимірного обводу із забезпеченням контролю мінімальної абсолютної похибки інтерполяції;

- Розроблено методику формування робочих поверхонь інструментів для розпушування ґрунту на основі формування каркаса, елементами якого є плоскі криві з закономірною зміною кривини.

- Розроблено метод корекції дискретно представлених кривих із застосуванням вагових коефіцієнтів при ДМНК – апроксимації.

**Ключові слова:**

ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ, РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ, МУЛЬТИКОЛЕ-  
НІАРНІСТЬ, DRAG-AND-DROP, МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК, ІНФОРМА-  
ЦІЙНА СИСТЕМА, АЕРОІОННИЙ РЕЖИМ, ПРОГРАМА-ТРЕНАЖЕР,  
МІКРОКОНТРОЛЕР ARDUINO, ЕКСПЕРНІ СИСТЕМИ, ГЕОМЕТРИЧНЕ  
МОДЕЛЮВАННЯ, ДИСКРЕТНА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ, СПРАЛЕПОДІБНА  
ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕНА КРИВА.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ .....	7
2 ОБ’ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	10
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	13
3.1 Методика побудови математичних моделей та відповідне програмне забезпечення для проведення регресійно-кореляційного аналізу при дослідженні та прогнозуванні показників урожайності сільськогосподарських культур в залежності від погодних факторів в умовах Південного Степу України.....	13
3.2 Програми-тренажеру для вивчення дисципліни «Дослідження операцій» з використанням технології Drag-and-drop.....	14
3.3 Аналіз методів отримання та аналізу експертних даних при заповненні бази знань експертної системи. Експертна системи діагностування несправностей транспортних засобів.....	14
3.4 Модель інформаційної системи мікроклімату закритого приміщення та розроблення програмного продукту на базі операційної системи Android.....	14
3.5 Програмна реалізація алгоритму роботи системи зчитування показників вологості ґрунту на базі мікроконтролера Arduino. ....	15
3.6 Програмний модуль з класифікації навчальних текстів дисциплін з використанням нейронних мереж.....	15
3.7 Спосіб матричного опису поверхні гондоли кривою, яка задана в параметричній формі .....	15
3.8 Спосіб побудови дотичних у вузлах спиралеподібних дискретно представлених кривих із використанням спеціальної функції.....	15
3.9 Метод формування плоского одновимірного обводу із забезпеченням контролю максимальної абсолютної похибки інтерполяції.....	16
3.10 Метод формування, за заданими умовами, плоских дискретно представлених кривих ліній на основі довільного точкового ряду, що дозволить забезпечити закономірну зміну кривини уздовж кривих.....	17
4 ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	

## ВСТУП

Комп'ютерне моделювання різноманітних явищ, процесів та конкретних прикладних завдань знаходить все більш широке та різнопланове застосування в багатьох областях науки і техніці для опису, дослідження та прогнозування процесів і явищ, як в цілому, так і аналізу, розрахунку та оптимізації окремих їхніх параметрів. Зростає кількість комп'ютерних моделей, спектр вивчаємих явищ та використаних в них сучасних науково-технічних ідей. Все більш в склад моделей, які відображають диференціальні та інтегральні явища входять комп'ютерні системи для створення, зміни, аналізу та оптимізації графічних проектів

Основною задачею комп'ютерного моделювання є дослідження та побудова моделей явищ і процесів в АПК та у виробництві для визначення їх динаміки і тому, як правило, моделі містять розробку алгоритмів, спроможних адекватно відобразити будь яку схему, або технологію протікання процесу. Іншими словами комп'ютерна модель містить аналітичну схему (професійне толкування взаємозв'язків факторів і параметрів процесів), математичний апарат і розрахункові алгоритми. Ускладнення досліду явища або процесу веде за собою ускладнення моделі і для формування її необхідні нові, більш прогресивні, методи комп'ютерного моделювання.

Одним з найбільш ефективних шляхів розв'язання поставлених задач є розвиток методів дистанційного контролю за поточним станом сільськогосподарських об'єктів шляхом оптимізації параметрів та розробки відповідного програмного забезпечення обробки і інтерпретації отриманої інформації. Дослідження в цьому напрямку проводяться вченими Мелітопольської наукової школи прикладної геометрії у ТДАТУ.

Таким чином актуальною є проблема комп'ютерного моделювання і дослідження питань, пов'язаних з впровадженням новітніх технологій в АПК, які дозволять будувати більш повні, точні, адекватні моделі, що відповідають реальним процесам і явищам.

Все це в сукупності дозволить знайти ефективні шляхи розв'язання багатьох прикладних та практичних задач.

## 1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

**1.1** Розробка математичних моделей та відповідного програмного забезпечення для проведення регресійно-кореляційного аналізу при дослідженні та прогнозуванні показників урожайності сільськогосподарських культур в залежності від погодних факторів в умовах Південного Степу України, зберігання якості сільськогосподарської продукції (показників клейковини, індексу деформації та ін.. пшениці) в залежності від умов зберігання при проявленні ефекту коленіарності факторів впливу.

**1.2** Розробка програма-тренажер для вивчення дисципліни «Дослідження операцій» з використанням технології Drag-and-drop.

**1.3** Проведено аналіз методів отримання та аналізу експертних даних при заповненні бази знань експертної системи. Виконано проектування та розробка експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів

**1.4** Побудова моделі інформаційної системи мікроклімату закритого приміщення, яка розширює можливості системи моделювання і забезпечує мобільність програмного продукту (використання на планшетах та мобільних телефонах) за рахунок розроблення програмного продукту на базі операційної системи Android. Алгоритм роботи запропонованого програмного продукту базується на використанні законів розподілу аероіонів на горизонтальній і нахиленій площині і містить: засоби введення вхідних параметрів приміщення і режиму іонізації; засоби відображення заданих параметрів приміщення, кількості і координат аероіонізаторів (план-екран); засоби моделювання аероіонного розподілу.

**1.5** Розробка програмної реалізації алгоритму роботи системи зчитування показників вологості ґрунту на базі мікроконтролеру Arduino. Розроблена система дозволяє виконувати автоматизований полив ґрунту без участі людини. Реалізація задачі автоматизованого поливу сільськогосподарських культур шляхом використати мікроконтролеру Arduino з використанням плати Arduino Uno, в якій як конвертер використовується контролер Atmega8 у SMD-корпусі. Порівняльний аналіз ємнісного датчику вологості з аналоговим (резистивним) датчиком вологості ґрунту – YL69. Для проведення експерименту використано сухий піщаний ґрунт.

**1.6** Розробки і реалізації комп'ютерного програмного модуля з класифікації навчальних текстів дисциплін з використанням нейронних мереж.

**1.7** Розробка матричного способу опису поверхні гондоли кривою, яка задана в параметричній формі.

**1.8** Використання методів неперервного геометричного моделювання на основі спеціальної функції і призначення дотичних у вузлах вихідної ДПК при локальних методах згущення та глобальне призначення дотичних при методах згущення спіралеподібних та замкнених кривих ліній на основі спеціальної функції.

**1.9** Розробка методу формування плоского одновимірного обводу із забезпеченням контролю максимальної абсолютної похибки інтерполяції.

**1.10** Розробка методу формування, за заданими умовами, плоских дискретно представлених кривих ліній (ДПК) на основі довільного точкового ряду, що дозволить забезпечити закономірну зміну кривини уздовж кривих.

## 2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

**2.1** Об'єктом дослідження виступають показники врожайності кісточкових культур (вишня, черешня) на протязі 2007-2019 років та показники якості пшениці (клейковина, індекс деформації клейковини пшениці) при зберіганні на протязі 24 тижнів. Методика дослідження – кореляційно-дисперсійний аналіз, методи діагностики ефекту коленіарності факторів впливу (кореляційні оцінки, VIF, статистичні тести); побудова і аналіз ступеня впливу кожного фактора окремо на показник врожайності культур методами LASSO, Рідж-регресії, гребеневої регресії.

**2.2** Об'єктом дослідження виступають сучасні інформаційні технології при використанні в навчальному процесі. Запропонована методика створення середовища розробки навчальних програмних систем на основі технології Drag-and-drop. Розроблений програмний продукт дозволяє створювати спеціальні елементи управління, які мають властивості «Drag-and-Drop». Напрямок подальших досліджень – розробка програмних модулів для створення нових елементів керування з властивостями Drag-and-drop, що дозволяє викладачам розширити можливості застосування сучасних інформаційних технологій в навчальному процесі. Методика досліджень - методи системного аналізу та дослідження операцій. При програмній реалізації використовувались методи об'єктно-орієнтованого проектування інформаційних систем, методи мов програмування, математичного моделювання та візуалізації.

**2.3** Об'єктами дослідження є методи експертного оцінювання несправності транспортних засобів та відповідні предметні експертні системи (наприкладі експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів). Методика досліджень: комп'ютерне моделювання, використання професійних прикладних програм та сучасних мов програмування при проектуванні експертних систем різної складності для різних прикладних задач.

**2.4** Об'єкт дослідження – мікроклімат закритого приміщення та методи моделювання мікроклімату закритого приміщення шляхом розробки спеціалізованого програмного забезпечення на базі операційної системи Android. Аналіз існуючих рішень поставленого завдання показав, що створення сприятливих умов праці здійснюється автоматизованими системами управління мікрокліматом, які діють під спеціалізованим програмним забезпеченням. Головним завданням таких систем є моделювання, регулювання і управління.

**2.5** Об'єкт дослідження - система поливу ґрунту та методи автоматизації систем поливу ґрунту на платформі мікроконтролера Arduino. Методика досліджень - вирішити питання раціонального поливу ґрунту можна за рахунок постійного моніторингу вологості ґрунту. Для цього пропонується застосування автоматизованих систем поливу. Для реалізації задачі автоматизованого поливу сільськогосподарських культур було

прийнято рішення використати мікроконтролер Arduino. Для розроблення автоматизованої системи поливу ґрунту використано плату Arduino Uno, в якій як конвертер використовується контролер Atmega8 у SMD-корпусі. Для оптимального вибору датчику вологості виконано порівняльний аналіз ємнісного датчику вологості з аналоговим (резистивним) датчиком вологості ґрунту – YL 69. Для проведення експерименту використано сухий піщаний ґрунт.

**2.6** Об'єктом дослідження є методи класифікації текстів у навчальному процесі зі застосування комп'ютерних програм. методика досліджень - методи об'єктно-орієнтованого проектування інформаційних систем, методи мов програмування, математичного моделювання, методи нейронних мереж та візуалізації.

**2.7** Поверхні сучасних гондол літальних апаратів являють собою плоскі перетини вздовж батоксу, що складається з дуг кіл. Аналіз математичного забезпечення розрахунку таких поверхонь вказує на громіздкість й ускладнення при визначенні на поверхні гондолої положення розрахункової точки, а також визначення диференціальних характеристик у ній. При побудові плоских обводів з дуг кіл, застосовуються аналітичні методи, які є громіздкими і малоефективними при визначенні розрахункової точки на обводі. Матричний спосіб завдання обводу дозволяє представити обвід у параметричній формі, що залежить від кута повороту. Це дозволяє використовувати стандартні програми сучасних комп'ютерів.

**2.8** Методи геометричного моделювання розділяють на неперервне та дискретне. Застосування неперервного моделювання особливо зручно при розв'язанні траєкторних задач у системах ЧПК, пошуку екстремуму і т. ін. При цьому в пам'яті ЕОМ зберігаються вихідні дані – точки, а точки масиву, що згущається, розраховуються в міру необхідності. Однак, відомі методи не дають повної гарантії відсутності осциляції, передбачити результат на кінцевих ділянках заданого точкового ряду неможливо, а отже, виникає необхідність у корегуванні коефіцієнтів і перерахуванні. Щоб уникнути громіздких обчислень і великих похибок доцільним є застосування локального методу моделювання з наступним переходом до глобальної системи координат..

**2.9** Точність, з якою сформована модель, представляє вихідний об'єкт, оцінюється як відхилення моделі від відомої функції, що інтерполіює той же точковий ряд. Існуючі способи оцінки похибки інтерполяції можуть застосовуватися при розв'язанні тестових прикладів із метою перевірки ефективності методу інтерполяції. При розв'язанні практичних задач більшість інтерполяційних поліномів виявляються нестійкими. Розроблені способи визначення області можливого розташування монотонної кривої лінії, що інтерполіює заданий точковий ряд, виходячи з її характеристик: відсутність осциляції, монотонна зміна значень кривини уздовж кривої, та формування одновимірних обводів, що інтерполіюють дискретну множину

точок та належать заданій області можливого розташування монотонної кривої лінії.

**2.10** Конструювання виробів, функціональним призначенням яких є взаємодія з середовищем (робочі органи сільськогосподарських машин, канали двигунів внутрішнього згоряння, лопатки турбін та ін.), вимагає розробки методів моделювання поверхонь за заданими умовами (проходження через заданий масив точок або ліній, регламентований характер зміни характеристик уздовж поверхні, тощо). Складні поверхні можуть бути сформовані на основі каркаса, елементами якого є плоскі криві лінії та взможі забезпечити задану динаміку зміни характеристик уздовж поверхонь, які обмежують робочі органи ґрунтообробних інструментів.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

**3.1** Виявлено вплив погодних факторів регіону на формування показників врожайності вишні та черешні в межах 2007-2019 років досліджень. Проведення кореляційного аналізу дозволило визначити десять погодних факторів, що мають помітний (значний) та сильний, як прямий, так і обернений лінійний кореляційний зв'язок з урожайністю вишні ( $r = 0,68 \dots - 0,86$ ). При аналізі впливу факторів погодних умов на урожайність вишні методами регресійного аналізу вкрай важливо враховувати ефект кореляції факторів. Несприятливий ефект мультиколінеарності негативно позначається на інтерпретації побудованої моделі, а саме при аналізі ступеня впливу кожного фактору на досліджуваний показник. Запропоновано модель, яка описує вплив гідротермічних факторів на врожайність вишні. При аналізі даних з допомогою парних коефіцієнтів кореляції і показника VIF був виявлений ефект мультиколінеарності. У цьому випадку використовувати метод найменших квадратів для побудови і аналізу регресійної моделі є неефективним. Запропонована регресійна модель, яка побудована на основі методу LASSO. Метод LASSO дозволяє побудувати достовірні оцінки параметрів регресії. На основі побудованої моделі проаналізовано чинники, що впливають на показник врожайності вишні і показано, що найбільш значущим є фактор): загальна кількість днів з опадами в період цвітіння, доба; гідротермічний коефіцієнт (ГТК) в період цвітіння; абсолютна мінімальна відносна вологість повітря в травні,%; середньомісячна сума опадів за серпень, мм;сума активних температур за вегетаційний період (до фази досягання плодів);сума ефективних температур в період цвітіння, °С;різниця між середньою максимальною та мінімальною температурами повітря в період цвітіння, °С; середня з максимальних значень температур повітря в період цвітіння; сума опадів в період цвітіння, мм; сума активних температур в період цвітіння, °С.

Визначено показники частки впливу кожного фактору на загальну дисперсію показника врожайності вишні. Доля впливу фактору складає – 9,90%, фактору – 5,56%, фактору – 1,95%, фактору – 8,22%, фактору – 14,83%, фактору – 10,12%, фактору – 12,12%, фактору – 3,81%, фактору – 27,96%, фактору – 5,54%.

Запропоновано модель, яка описує вплив показників зберігання зерна (температура зернової маси, вологість зерна, температура повітря в зерносховище, температура холодоагенту і обсяг подачі повітря на якісні характеристики зерна (клейковини). При аналізі даних за допомогою парних коефіцієнтів кореляції і показника VIF був виявлений ефект мультиколінеарності. У цьому випадку використовувати метод найменших квадратів неефективне. Була побудована регресійна модель на основі методу LASSO, який дозволяє побудувати ефективні. Проценка параметрів регресії. На основі побудованої моделі проаналізовано чинники, що впливають на показник клейковини і показано, що найбільш значущим є фактор «Середня

температура зерна в зерносховищі, 0С», потім - «Вологість зерна,%», «Температура повітря в зерносховище, 0С» , «температура холодоагенту, 0С» і «Об'ємна подача повітря, м<sup>3</sup> / ч». Визначено показники частки впливу кожного фактора на показник клейковини пшениці при зберіганні. частка фактора «Середня температура зерна в зерносховищі, 0С» становить 55%, частка фактора «Влажність зерна,% »-34%, частка фактора« Температура повітря в зерносховище, 0С »-18%, частка фактора« Температура холодоагенту, 0С »- 11% і частка фактора« Об'ємна подача повітря, м<sup>3</sup> / ч »становить 2,9 %.

**3.2** Створено навчальна програма-тренажер для вивчення теми «Транспортна задача» для студентів спеціальності 122- Комп'ютерні науки при вивченні дисципліни «Дослідження операцій» на основі технології Drag-and-drop. Особливість запропонованої навчальної програми-тренажера – можливість контролю дій користувача на кожному етапі розв'язання задачі. Тренажер розроблений у вигляді локального Windows-додатку, який не потребує спеціальних комп'ютерних ресурсів і може бути легко встановлений на персональному комп'ютері. Тренажер може функціонувати у двох режимах - тренування і контролю. Використовувати тренажер можливо і під час занять, і в процесі самостійної роботи. При створенні навчального тренажера використана інтерактивна модель з контролем дій користувача. Навчальна програма-тренажер передбачає багатократне проходження матеріалу на кожному окремому етапі, поки не буде отримано правильний розв'язок.

**3.3** Визначено, що достовірність групового оцінювання за методом експертного оцінювання залежить від ряду факторів, а саме: наявності у групі різних фахівців, числа експертів, що входять до групи, компетентності експертів. Як наслідок, експертне оцінювання передбачає принаймні вирішення двох великих завдань – вибір переліку експертів, що є фахівцями у наочній області, вибір із групи експертів найбільш оптимальних представників, що мають відповідну кваліфікацію. Слід зазначити, що від кількості експертів в групі залежить витрати на експертне оцінювання. Чим більше експертів-фахівців, тим більше достовірність та ефективність прийнятих рішень, тим більше витрат доводиться здійснювати.

Розроблена експертна система призначена для проведення діагностики транспортних засобів на основі якісних показників, введених у систему. Її використання надає можливість підвищити надійність і ефективність використання автомобіля шляхом оперативного контролю їх технічного стану, а також підвищити кваліфікацію персоналу, зменшити час та вартість процесу пошуку неполадок, особливо малокваліфікованим персоналом.

**3.4** Запропонована інформаційна система моделювання мікроклімату закритого приміщення, яка розширює можливості системи моделювання і забезпечує мобільність програмного продукту (використання на планшетах та мобільних телефонах) за рахунок розроблення програмного продукту на базі операційної системи Android. Алгоритм роботи запропонованого

програмного продукту базується на використанні законів розподілу аероіонів на горизонтальній і нахиленій площині і містить: засоби введення вхідних параметрів приміщення і режиму іонізації; засоби відображення заданих параметрів приміщення, кількості і координат аероіонізаторів (план-екран); засоби моделювання аероіонного розподілу.

**3.5** Експериментальні дослідження показали, що переваги використання ємнісного датчику вологості досить значні. Тому рекомендується використовувати ємнісні датчики у автоматизованих системах для визначення вологості ґрунту.

З метою автоматизації запропонованої системи здійснена програмна реалізація алгоритму роботи системи на базі мікроконтролера Arduino для зчитування показників вологості ґрунту. Розроблена система дозволяє виконувати автоматизований полив ґрунту без участі людини.

**3.6** В результаті проведеного дослідження була доведена доцільність розробки комп'ютерного програмного модуля з класифікації навчальних текстів дисциплін з використанням нейронних мереж. Особливість запропонованого програмного модуля з класифікації текстів – можливість використання різних нейронних моделей для класифікації різного тексту. Програмний модуль розроблений у вигляді локального Windows-додатку, який не потребує спеціальних комп'ютерних ресурсів і може бути легко встановлений на персональному комп'ютері. Програмний модуль може функціонувати у двох режимах - навчання і класифікації. Перед тим як класифікувати тексти в програмному модулі необхідно завантажити начену нейронну модель.

**3.7** Пропонується дослідження двох варіантів визначення поверхні гондоли:

Поверхня гондоли розглядається як однопараметрична множина плоских обводів, заданих просторовим центровим ключем. За початкову твірну поверхню гондоли приймаємо лінію верхнього батокса, точки якої описують відповідно до центрального ключа плоскі обводи, розташовані в площинах паралельних деякій заданій площині поверхні, яка задана рівнянням  $x = [D] X$  де  $[D]$  – матриця, що залежить від параметрів  $\varphi$  і  $x_I^{сеч}$ . Отже, координати будь-якої точки поверхні гондоли залежать від двох параметрів  $\varphi$  та  $x_I^{сеч}$  і відповідають визначеній точці на поверхні.

Якщо за початкову твірну поверхні гондоли прийняти коло, що належать деякій заданій площині, то поверхня може бути отримана як результат добутку миттєвих перетворень руху цього твірного кола на подобу з миттєвим коефіцієнтом і центром подоби.

Оскільки між образом і прообразом при перетворенні повинне бути встановлена взаємо-однозначна відповідність, то в даному випадку взаємо-однозначна відповідність між колом і замкнутим обводом з  $n$  - ділянок кіл встановлюється за запропонованим у роботі алгоритмом.

Для розрахунку координат точок поверхні гондоли був прийнятий

перший варіант завдання поверхні, а для розрахунку носових частин внутрішньої і зовнішньої гондол – другий варіант.

**3.8** Дослідження показали, що застосовуючи неперервну інтерполяцію, неможливо передбачити результат на кінцевих ділянках заданого точкового ряду, а отже виникає необхідність у корегуванні коефіцієнтів і перерахуванні. Щоб уникнути громіздких обчислень і великих помилок доцільним є, як зазначають автори, застосування локального методу моделювання з наступним переходом у глобальну систему координат. Дослідження, наведені в роботі, показали, що при інтерполяції спіралеподібних ДПК з орієнтацією на моделювання в системах ЧПК доцільно скористатися саме локальними наближеннями на кожній з ланок супровідної ламаної лінії (СЛЛ) у локальній системі координат, де вісь абсцис збігається з розглянутою ланкою, а початок координат – з початковою точкою ланки (СЛЛ).

**3.9** Формування моделі на основі дискретної множини точок виходячи із заданої абсолютної похибки інтерполяції вимагає визначення границь можливого розташування лінійних елементів моделі. Крива, яка формується, представлена упорядкованою множиною точок, що їй належать, та геометричними характеристиками кривої. Ці характеристики необхідно забезпечити в процесі моделювання. Таку криву будемо називати дискретно представленою кривою (ДПК). Крива формується на основі будь-якого точкового ряду по ділянкам, уздовж яких можливо забезпечити монотонну зміну значень кривини. Монотонні ділянки стикуються з заданим порядком гладкості. Крива формується згущенням, що передбачає визначення для вихідного точкового ряду проміжних точок. Точки згущення призначаються всередині області можливого розташування монотонної кривої. У процесі згущень точкового ряду область можливого розташування кривої послідовно локалізується. Після досягнення заданої точності вузли сформованого точкового ряду з'єднуються хордами. Остаточний розв'язок представлено у вигляді супровідної ламаної лінії, що складається з як завгодно великої кількості хорд, відстань від яких до кривої лінії з заданими геометричними характеристиками не перевищує заздалегідь задану скільки завгодно малу величину.

Геометрична модель формується виходячи з припущення: якщо існує крива лінія без особливих точок, яка інтерполірує точковий ряд, то особливі точки відсутні й у вихідного об'єкта. До таких точок відносяться: точки перегину, зміни напрямку зростання уздовж кривої значень кривини, скруту та ін. Вихідний точковий ряд розбивається на ділянки, які можливо інтерполювати кривою лінією, уздовж якої значення геометричних характеристик монотонно зростають або убують. Визначається область, всередині якої розташовуються всі криві лінії з заданими геометричними властивостями.

Оцінка точності інтерполяції виходячи з умови зростання або убубання значень кривини уздовж гладкої кривої можлива при моделюванні обводів

методами формування монотонних кривих. Серед відомих – методи, розроблені в рамках варіативного дискретного геометричного моделювання.

**3.10** Запропонована технологія формування комп'ютерних моделей поверхонь складних технічних виробів, заданих масивом точок. Основна вимога до поверхонь виробів, які взаємодіють із середовищем, - забезпечення заданого характеру їх обтікання. Функціональні якості поверхні забезпечуються її геометричними характеристиками. Ламінарний характер обтікання поверхонь можна забезпечити за рахунок монотонної зміни значень геометричних характеристик уздовж ліній, що входять у визначник поверхні. Вихідними даними для формування моделі поверхні є точковий масив, що представляє сімейство горизонтальних перетинів поверхні. Розроблено методи формування плоских та просторових кривих із закономірною зміною характеристик на основі будь-якого точкового ряду. Практичне застосування запропонованої технології продемонстровано на прикладі проектування робочої поверхні дискової фрези для розпушування ґрунту. Розроблена технологія проектування поверхонь складних технічних виробів включає створення геометричних моделей поверхонь та керуючих програм для їх обробки на верстатах з числовим програмним управлінням. Із вихідного масиву точок виділяються підмножини – точкові ряди, на основі яких формуються лінійні елементи каркасу поверхні. Комп'ютерна модель поверхні створюється на основі дискретного лінійного каркасу, представленого сімействами твірних та напрямних кривих ліній. Використання розробленої технології дозволяє зменшити час створення комп'ютерної моделі виробу та програми для обробки на верстатах з числовим програмним управлінням, поліпшити функціональні якості поверхонь, які обмежують виріб.

## 4 ВИСНОВКИ

**4.1** Розроблена математична модель та програмне забезпечення для проведення регресійного аналізу впливу факторів на досліджувану ознаку (урожайність, показники якості зберігання сільськогосподарських культур) при наявності порушення умови теореми Гауса-Маркова – некорельованості регресорів, побудована модель дозволяє виявити адекватний вплив оркмо кожного фактору на результуючу ознаку.

**4.2** Розроблена програма-тренажер на основі технології Drag-and-drop для вивчення тем з дисципліни Дослідження операцій для студентів спеціальності 122 - Комп'ютерні науки При створенні навчального тренажеру використана інтерактивна модель з контролем дій користувача. Навчальна програма-тренажер передбачає багатократне проходження матеріалу на кожному окремому етапі, поки не буде отримано правильний розв'язок. Запропонований навчальний тренажер для організації процесу інтерактивного навчання використовує технологію «Drag-and-drop» для виконання математичних розрахунків на різних етапах ітераційного алгоритму задачі та контролю правильності їх виконання в діалоговому режимі. Це дозволяє використовувати більш наглядні візуальні схеми алгоритму розв'язку задачі, та концентрує увагу студента на основних етапах алгоритму, а не на виконанні громіздких математичних розрахунків

**4.3** Виконано та проведено експертне оцінювання при наповненні бази знань експертної системи. Визначено основні показники, які відіграють значну роль при оцінюванні. Якість експертних даних залежить від фахової підготовки експертна, кількості експертів, узгодженій діяльності експерта та їх інженера знань, тощо. Показано, що завдання підбору експертів вирішуються краще, якщо експертне оцінювання проводилося неодноразово. Виявлено, що важливим критерієм вибору відповідного фахівця є його участь у попередніх проектах та ефективність його оцінок. Розроблена експертна система дозволяю проводити діагностику транспортних засобів на основі якісних показників, введених у систему. Її використання надає можливість підвищити надійність і ефективність використання автомобіля шляхом оперативного контролю їх технічного стану, а також підвищити кваліфікацію персоналу, зменшити час та вартість процесу пошуку неполадок, особливо малокваліфікованим персоналом. Можливість доповнення та розширення бази знань експертної системи забезпечать даним системам їх життєстійкість та широке розповсюдження. У подальших дослідженнях планується збільшити функціональність експертної системи за рахунок введення нових правил обробки експертних даних.

**4.4** Запропонована інформаційна система дозволяє ефективно автоматизувати процес розміщення аероіонізаційних приладів, внаслідок чого відбувається розміщення робочих місць в найбільш сприятливе місце для роботи. Перевагами запропонованої інформаційної системи є її мобільність,

що дозволяє її використання у будь-який час з будь-якого мобільного пристрою з встановленою ОС Android.

**4.5** Проаналізовано методи використання ємнісних датчиків вологості ґрунту та технологію обробки його експериментальних даних. Порівняльний аналіз ємнісного та резистивного датчиків вологості ґрунту виявив доцільність використання ємнісного датчику у схемі автоматизованого поливу для вимірювання питомого опору ґрунту. Розроблена система автоматизованого поливу ґрунту, яка дозволяє мінімізувати час, що витрачається на полив території в порівнянні з ручним способом поливу; зручно та комфортно виконувати полив території; здійснювати полив ґрунту потрібною кількістю води, в заданий (визначений) час для ефективного росту рослин; оптимізувати витрати.

**4.6** З метою розробки якісного програмного модуля з класифікації навчальних текстів дисциплін з використанням нейронних мереж проаналізовано закономірності процесу проектування та роботи нейронних мереж, які дозволяють ефективно використовувати їх у процесі класифікації тексту дисципліни. Розроблено та реалізовано програмний модуль з класифікації навчальних текстів дисциплін з використанням нейронних мереж, який забезпечує надання суб'єктам навчання можливості з класифікації текстів з дисциплін по категоріям.

Згідно запропонованої методики розроблено програмний модуль на клієнт-серверній архітектурі з використанням сокетів на мові програмування Python, який дозволяє проводити демонстрацію учбового матеріалу з комп'ютера викладача на комп'ютери студентів. Цей програмний модуль дозволить підвищити якість навчання, швидкість вивчення учбового матеріалу та глибину засвоювання матеріалу студентами.

**4.7** Пропонований матричний спосіб опису поверхні гондоли літального апарату дозволяє керувати формою кривої, заданої в параметричній формі і легко робити розрахунок і реалізацію розв'язку з використанням стандартних програм комп'ютера, а також розв'язувати зворотну задачу визначення центрових ключів плоских обводів за заданими точками.

**4.8** Приведений в роботі спосіб побудови дотичних у вузлах спіралеподібних дискретно представлених кривих із використанням спеціальної функції дозволяє використовувати локальні методи неперервної інтерполяції при згущенні ДПК на основі запропонованої інтерполюючої функції з призначенням дотичних в вузлових точках із побудованої смуги кутів суміжності  $\gamma_i$ , що забезпечує відсутність осциляції та неперервність перших похідних у точках стикування ділянок кривої, що моделюється, а також глобальне формування дотичних у вузлових точках.

**4.9** Розроблено спосіб визначення області можливого розташування монотонної кривої лінії, що інтерполює заданий точковий ряд. Спосіб оснований на визначенні ділянок точкового ряду, які можливо інтерполювати монотонною кривою лінією – кривою, уздовж якої значення кривини

монотонно зростають або убувають. Це дає можливість визначати вихідну криву лінію, як криву з мінімальною кількістю особливих точок – точок перегину та точок зміни напрямку зростання кривини. Спосіб дозволяє оцінювати максимальну абсолютну похибку інтерполяції величиною області можливого розташування монотонних кривих ліній. Оцінка точності дискретної інтерполяції на основі монотонної зміни кривини дозволила зменшити абсолютну похибку в 2–3 рази відносно оцінки точності виходячи з умови запобігання осциляції.

**4.10** В роботі запропонована методика формування комп'ютерної геометричної моделі функціональної поверхні інструменту для розпушування ґрунту. Вихідними даними є точковий масив, що представляє сімейство горизонтальних перетинів поверхні. Запропонована методика включає наступні етапи:

- розрахунок координат точок ДПК, які є елементом каркаса формованої поверхні, по заданим геометричним умовам;
- формування В-сплайну, який інтерполює отриманий точковий ряд;
- формування криволінійної поверхні на основі каркасу, що складається з сімейства горизонтальних перетинів тангентальної кривої.

Положення точок вихідного точкового масиву дозволяє зменшити змінання ґрунту під час поступово-обертального руху інструменту. Закономірна зміна кривини уздовж ліній, що представляють горизонтальні перетини робочої поверхні, сприяє зменшенню витрат енергії при обробці ґрунту. Розроблена методика може застосовуватися як при вирішенні задач зворотного інжинірингу, так і під час конструювання нових виробів.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Malkina V., Zinovieva O., Mozghovenko A. Realization of the " Transport task" simulation software using the " Drag-and-drop" technology //Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology. – 2019. – Т. 7. – №. 2. – С. 11-19.
2. Malkina V. et al. The Formation of Orthogonal Balanced Experiment Designs Based on Special Block Matrix Operations on the Example //Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations. – 2019. – С. 111.
3. Іванова, І. Є., Сердюк, М. Є., Малкіна, В. М., Шкіндер-Бармина, А. М., & Кривонос, І. А. (2019). Урожайність вишні залежно від кліматичних умов років вирощування.
4. Малкіна В. М. и др. Регресійний аналіз залежності урожайності вишні від гідротермічних факторів в умовах мультиколінеарності. – 2019.
5. Іванова, І. Є., Іванова, І. Е., Сердюк, М. Є., Сердюк, М. Е., Малкіна, В. М., & Малкіна, В. М. (2019). Оцінка впливу погодних чинників на урожайність кісточкових культур в контексті ефективного управління садівництвом в умовах Півдня Степової зони України.
6. Лубко Д. В., Зінов'єва О. Г., Шаров О. В. Проектування та розробка експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів //Системи обробки інформації. – 2019. – №. 1. – С. 15-21.
7. Строкань О. В. и др. Програмні рішення з підвищення ефективності управління параметрами мікроклімату у закритому приміщенні. – 2019.
8. Литвин Ю. О., Строкань О. В. Система поливу ґрунту на платформі мікроконтролера Arduino //Системи обробки інформації. – 2019. – №. 2. – С. 90-95.
9. Мозговенко А. А. ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ДЕМОНСТРАЦІЇ УЧБОВОГО МАТЕРІАЛУ //СУЧАСНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ НА ШЛЯХУ ДО ЄВРОІНТЕГРАЦІ. – 2019. – С. 76.
10. Мацулевич О.Є. Геометричне моделювання складних тривимірних поверхонь із застосуванням матричного рівняння еліптичного повороту / О.Є. Мацулевич, В.М. Щербина, С.М. Коломієць // Праці

Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання / ТДАТУ імені Дмитра Моторного. Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. Вип. 19, т. 2. – С. 294-300.

- 11.Щербина В.М. Спосіб побудови дотичних у вузлах спиралеподібних дискретно представлених кривих із використанням спеціальної функції / В.М. Щербина, О.Є. Мацулевич, С.М. Коломієць// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання / ТДАТУ імені Дмитра Моторного. Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. Вип. 19, т. 2. – С. 278-287.
- 12.Гавриленко Є.А. Моделювання одновимірних обводів із забезпеченням заданої точності інтерполяції / Є.А.Гавриленко, Ю.В. Холодняк, А.В. Найдиш // Вісник Херсонського національного технічного університету - Вестник Херсонского национального технического университета - Bulletin Kherson national technical university: наук. журнал / ХДТУ гол. ред. Ю. М. Барадчов. – Херсон, 2018. – № 3(66), Т.2. – С. 125-129.
- 13.Холодняк Ю.В. Технологія моделювання поверхонь складних технічних виробів за заданими умовами / Ю.В.Холодняк, Є.А.Гавриленко, О.В. Івженко, А.В. Найдиш// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання / ТДАТУ імені Дмитра Моторного. Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. Вип. 19, т. 2. – С. 257-263.