

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: **“ Інформаційно-аналітична система узгодження змісту
проектів збирання врожаю ”**

Виконав: ст. гр. ІТ-62

Спеціальності 126 – «Інформаційні системи та
технології»

(шифр і назва)

Михайлов Максим Євгенович

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Луб П.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

другий (магістерський) рівень вищої освіти
126 – «Інформаційні системи та технології»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____
д.т.н., проф. А.М. Тригуба
“ _____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Михайлову Максиму Євгеновичу

1. Тема роботи: «Інформаційно-аналітична система узгодження змісту проектів збирання врожаю»

Керівник роботи Луб Павло Миронович, к.т.н., доцент

Затверджені наказом по університету 12 вересня 2024 року № 616/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 06.12.2024 р.

3. Початкові дані до роботи: _____

1. Науково-технічна і довідкова література.

2. Методика системно-подієвого відображення технологічних процесів імітаційною моделлю. 3. Методика вартісного оцінення витрат на виконання робіт. 4. Методологія моделювання та функціонального програмування.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. *Аналіз завдань із розвитку інформаційних технологій для супроводу проектів виробничих систем*

2. *Структурування інформаційно-аналітичних систем прийняття рішень у виробництві*

3. *Інформаційно-аналітична система та імітаційна модель процесів збирання врожаю*

4. *Практичне використання імітаційної моделі для інформаційно-аналітичного супроводу рішень*

5. *Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.*

Висновки та пропозиції.

Бібліографічний список.

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: 1 та 2 – Тема, мета, завдання роботи; 3 – Послуги агросектору із застосуванням Іт-продуктів; 4 – Аналіз Іт-сервісів, що використовують агрохолдинги; 5 – Архітектури СППР; 6 – Аналіз популярності мов програмування; 7 – Аналіз предметної галузі та формування вимог до СППР; 8 – Графічна інтерпретація імітаційної моделі; 9 – Блок-схема алгоритму; 10 – Імітаційне моделювання та застосування ІАС; 11 та 12 – Опрацювання результатів моделювання.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 4	Луб П.М., доцент кафедри інформаційних технологій		
5	Городецький І.М., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		

7. Дата видачі завдання 12 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Написання першого розділу та означення головних завдань роботи	12.09 - 01.10.24	
2.	Виконання другого розділу та формування головних показників для розрахунків	12.09 - 01.10.24	
3.	Виконання третього розділу, розрахунків та розробка листів	01.10 - 01.11.24	
4.	Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	01.10 - 01.11.24	
5.	Вартісне оцінення ефективності пропозицій роботи	01.11 - 01.12.24	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів графічної частини	01.11 - 01.12.24	
7.	Завершення роботи в цілому	01-10.12.24	

Студент _____ Михайлов М.Є.
(підпис)

Керівник роботи _____ Луб П.М.
(підпис)

УДК: 004.4:631.3

Кваліфікаційна робота: 74 с. текст. част., 24 рис., 7 табл., 13 слайдів, 25 джерел.

Інформаційно-аналітична система узгодження змісту проектів збирання врожаю. Михайлов М.Є. Кафедра ІТ. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Виконано аналіз завдань із розвитку інформаційних технологій для супроводу проектів виробничих систем. Зокрема, проаналізовано ІТ-сервіси що використовують сьогодні в агробізнесі України. Також описано доцільність застосування систем підтримки прийняття рішень, проаналізовано архітектуру систем підтримки рішень та місце інформаційно-аналітичних систем у ній.

Наведено структурування інформаційно-аналітичних систем прийняття рішень у виробництві. Означено особливості використання мов програмування, стратегії розвитку інформаційно-аналітичних систем для підтримки рішень. Описано предметної галузі та вимоги до інформаційно-аналітичної системи.

Описано інформаційно-аналітичну систему та імітаційну модель процесів збирання врожаю. Наведено методику відображення імітаційною моделлю технологічних процесів збирання врожаю культури, розробку блок-схеми алгоритму імітаційної моделі для ІАС, а також методику вартісного оцінення витрат на технологічні процеси збирання врожаю.

Наведено приклад практичного використання імітаційної моделі для інформаційно-аналітичного супроводу рішень. Зокрема, наведено фрагмент коду на мові C# та головні елементи імітаційної моделі реалізованої в інтегрованому середовищі розробки Visual Studio. Результати імітаційного моделювання робіт у технологічній системі. Результати імітаційного моделювання та узгодження змісту проектів збирання врожаю.

Ключові слова: Інформаційна система, аналітика, зміст проектів, узгодження, моделювання, C#, Visual Studio, процеси збирання, врожай.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ ЗАВДАНЬ ІЗ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СУПРОВОДУ ПРОЕКТІВ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ.....	10
1.1. Аналіз ІТ-сервісів в агробізнесі України.....	10
1.2. Аналіз доцільності застосування систем підтримки прийняття рішень.....	14
1.3. Аналіз архітектури СППР та місце інформаційно-аналітичних систем.....	18
РОЗДІЛ 2	
СТРУКТУРУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ВИРОБНИЦТВІ.....	22
2.1. Особливості використання мов програмування.....	22
2.2. Стратегії розвитку інформаційно-аналітичних систем для підтримки рішень.....	27
2.3. Опис предметної галузі та вимоги до інформаційно- аналітичної системи.....	32
РОЗДІЛ 3	
ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ТА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ	36
3.1. Методика відображення імітаційною моделлю технологічних процесів збирання врожаю культури	36
3.2. Розробка блок-схеми алгоритму імітаційної моделі для ІАС....	41
3.3. Методика вартісного оцінення витрат на технологічні процеси збирання врожаю.....	46
РОЗДІЛ 4	
ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО СУПРОВОДУ РІШЕНЬ.....	48
4.1. Фрагмент коду на мові С# та головні елементи імітаційної моделі реалізованої в інтегрованому середовищі розробки Visual Studio.	48
4.2. Результати імітаційного моделювання робіт у технологічній системі.....	52
4.3. Результати імітаційного моделювання та узгодження змісту	55

проектів збирання врожаю.....	
РОЗДІЛ 5	
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	58
5.1. Розробка логіко-імітаційної моделі виникнення травм і аварій..	58
5.2. Планування заходів із покращення умов праці.....	60
5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	61
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	62
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	64
ДОДАТКИ.....	67

ВСТУП

Задачі інформаційно-аналітичного супроводу рішень у виробництві постійно виникають і розв'язуються, а також у різних галузях народного господарства що нас оточують – зокрема на предметному рівні у біологічних, екологічних, соціальних і економічних системах, різноманітних процесах та явищах тощо [9].

Інформаційно-аналітична система (ІАС) – це комп'ютерна система, яка дозволяє отримувати інформацію, виконувати її узагальнення та аналіз. ІАС доповнюються системами підтримки прийняття рішень (СППР) (англ. Decision Support System – DSS) – інтерактивна комп'ютерна автоматизована система (програмний комплекс), що призначена для допомоги та підтримки різних видів діяльності людини при прийнятті рішень стосовно розв'язання структурованих або неструктурованих проблем у виробництві.

Серед сучасних напрямів розробки ІАС – системи автоматичного керування, експертні системи та системи підтримки прийняття рішень є пріоритетними та актуальними з різних міркувань. Найбільш придатними для розв'язання багатьох задач, зокрема задачі розподілу ресурсів, планування робочих та технологічних процесів в аграрному секторі лежать в площині завдань СППР [4]. Саме за допомогою СППР є можливість використовувати інформаційні технології (ІТ) та виконувати обчислювальні процеси, проектувати, порівнювати та обґрунтовувати альтернативні рішення щодо планування проектів аграрного виробництва [22].

За цих умов, цілком очевидним буде пояснення причин широкого впровадження інформаційних систем та технологій (ІСТ), оскільки їх роль зростає практично в кожній галузі суспільства. Однак розгляд практичних завдань галузі рільництва щодо планування проектів технічних систем (ТС) та технологічних процесів дає підстави стверджувати те, що сьогодні також потрібно розвивати СППР на рівні елементарних технологічних систем «поле – технічний засіб – фонд часу».

Мета роботи – підвищення ефективності технологічних систем збирання врожаю завдяки розробці та використанню інформаційно-аналітичних систем, що дають змогу виконувати імітаційне моделювання робіт та підтримку рішень.

Завдання роботи:

- проаналізувати ІТ-сервіси, що використовують в агробізнесі України та архітектуру систем підтримки рішень;
- розкрити стратегії розвитку інформаційно-аналітичних систем для підтримки рішень у виробництві;
- описати імітаційну модель процесів збирання врожаю в складі інформаційно-аналітичної системи;
- навести приклад та результати практичного використання інформаційно-аналітичної системи для супроводу рішень із узгодження змісту проектів збирання врожаю.

Об'єктом роботи є інформаційно-аналітична система, технологічні процеси збирання врожаю, системи підтримки прийняття рішень.

Предметом роботи є структура інформаційно-аналітичної системи, інформація про своєчасність робіт у технологічній системі, головні елементи програмного коду.

Новизна роботи:

- проаналізовано архітектуру систем підтримки рішень та місце інформаційно-аналітичних систем у ній;
- розроблено інформаційно-аналітичну систему, що передбачає застосування імітаційної моделі процесів збирання врожаю;
- отримано результати імітаційного моделювання та узгодження змісту проектів збирання врожаю.

Методи дослідження. У кваліфікаційній роботі використані методи: системного аналізу, побудови інформаційних систем, імітаційного моделювання на ПК, узагальнення отриманих результатів, побудови закономірностей зміни головних показників ефективності функціонування

технологічних систем збирання врожаю.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати дають змогу узгодити зміст проектів збирання врожаю сільськогосподарських культур, встановити статистичні характеристики та закономірності показників своєчасності виконання збиральних робіт в залежності від обсягів робіт та заданого технічного оснащення. Підвищити рівень достовірності прийнятих рішень щодо узгодження термінів початку, обсягів робіт та параметрів технічного забезпечення проектів збирання врожаю.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЗАВДАНЬ ІЗ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СУПРОВОДУ ПРОЕКТІВ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

1.1. Аналіз ІТ-сервісів в агробізнесі України

Кожна прогресивна країна світу (а яка має статус аграрної – і поготів) запроваджує у сільському господарстві так званий принцип «точного землеробства», тобто, управління кожним квадратним метром землі. Обробіток поля, посів, внесення добрив, боротьба із бур'янами та шкідниками – все це відбувається автоматично, заощаджується кількість посівного матеріалу, добрив, засобів захисту рослин тощо. Передумови комп'ютеризації, яку переживає аграрний сектор, аналогічні іншим ринкам: оптимізація затрат фінансів та часу, підвищення точності розрахунків та планування. Крім того, почали з'являтися програмні комплекси та устаткування для високої швидкості впровадження новацій. Аграрії пізніше за всіх розпочали, але наздоганяють фінансову, промислову та інші галузі економіки [23]. То ж які ІТ-сервіси сьогодні пропонують в Україні?

AgriChain – це багатомодульна платформа, яка об'єднує рішення для автоматизації бізнес-процесів та ефективного управління всіма напрямками діяльності агропідприємства: управління земельним банком, виробництвом, моніторингом посівів, управління складом, закупівлями і поставками ТМЦ, контроль роботи техніки і ремонтів, логістики ТМЦ і готової продукції.

Agri Chain вирішує завдання: 1) аудит та управління земельним банком; 2) моніторинг стану посівів; 3) погода, вологість та хімічний аналіз ґрунту; 4) сезонне планування та бюджетування операцій; 5) оперативний облік та планування робіт; 6) ремонти техніки та транспорту; 7) складські операції; 8) формування первинної документації; 9) відображення операцій в 1С; 10) конструктор бізнес-процесів та звітів.



Рис. 1.1. Система AgriChain та структура IT-рішень [5]

Компанія **Soft-Farm** створює – комплексне IT-рішення для агровиробників. Об'єднаємо дані з інших систем у єдиний формат та створимо прозору аналітичну систему сільгоспдіяльності для прийняття зважених управлінських рішень [20].



Рис. 1.2. IT-інструменти Soft-Farm

Сфери діяльності: 1) супутниковий моніторинг; 2) техніка точного висіву та диференційованого внесення; 3) Big Data; 4) автоматизація управлінського обліку; 5) датчики для сільського господарства; 6) агроIT.

Hummingbird Technologies — компанія надає аналітичну інформацію, засновану на даних дистанційного зондування. Обробка даних здійснюється із застосуванням штучного інтелекту і запатентованих алгоритмів обробки зображень. Фірмова експертиза дозволяє нашим клієнтам досягти: підвищення врожайності, оптимізації внесення добрив і систем захисту рослин, більш успішному веденню сільського господарства і прийняття обміркованих рішень на ранніх етапах [23].



Рис. 1.3. Дистанційне зондування в ІТ-послугах Hummingbird Technologies

Сфери діяльності компанії Hummingbird Technologies: 1) БПЛА; 2) супутниковий моніторинг; 3) техніка точного висіву та диференційованого внесення; 4) Big Data. Просування такої діяльності да змогу забезпечувати наступні послуги: 1) оцінення сходів; 2) виявлення бур'янів; 3) планування та корегування норм внесення регуляторів росту рослин, азоту та гербіцидів тощо; 4) картографування ризиків; 5) планування осушувальних робіт.

SAS – сучасні технології для аграрних підприємств, що перетворюють підприємство в сучасний технологічний бізнес [24]. Зокрема забезпечуються такі моніторингові ресурси: 1) структура посівних площ; 2)

моніторинг полів; 3) інформація про поле; 4) журнал агронома; 5) прогноз врожайності; 6) облік земельного банку; 7) пересування техніки; 8) контроль пального; 9) сповіщення про порушення; 10) додаткове обладнання; 11) статус робіт.

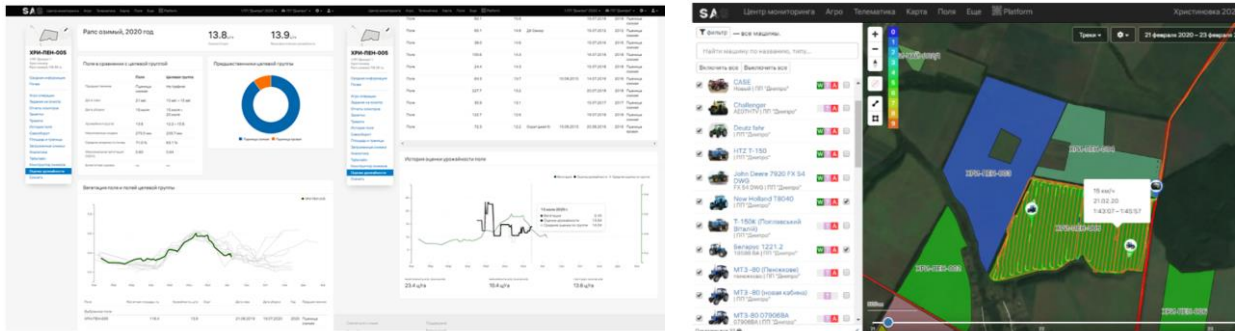


Рис. 1.4. SAS-технології для аграрних підприємств

Сфери діяльності: 1) БПЛА; 2) супутниковий моніторинг; 3) аналіз ґрунту; 4) датчики для сільського господарства; 5) агро-консалтинг; 6) агроІТ. Послуги які надає ІТ-сервіс: 1) автоматизація бізнесу; 2) інтеграція програмних продуктів; 3) послуги агро-консалтингу.

DroneUA – це найбільший системний інтегратор безпілотних рішень в Україні [21]. У структурі компанії функціонують власні інженерні та виробничі підрозділи, відкритий центр з обробки даних. DroneUA виступає імпортером і дистриб'ютором найбільш популярних торгових марок в світі дронів.

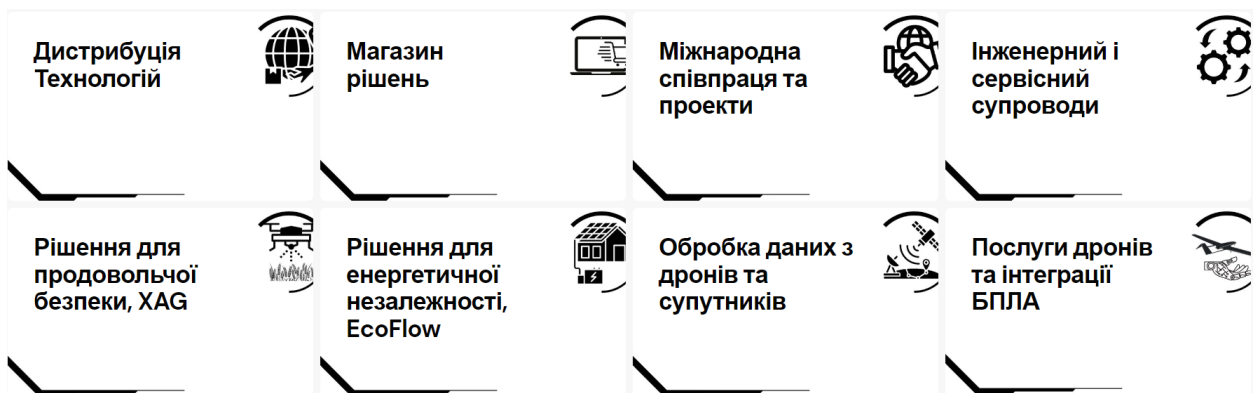


Рис. 1.5. Система ІТ-послуг DroneUA

Сфери діяльності: 1) БПЛА; 2) супутниковий моніторинг; 3) Big Data;

4) АгроІТ. Послуги які надає ІТ-сервіс – безпілотні технології і комплекси рішень для точного землеробства.

1.2. Аналіз доцільності застосування систем підтримки прийняття рішень

СППР являє собою взаємодіючу з іншими системами комп'ютеризовану систему для надання допомоги менеджерам у процесі прийняття рішень. СППР допомагає менеджерам знаходити, обчислювати і аналізувати дані, що відносяться до рішення, яке приймається. Системи підтримки прийняття рішень (*Decision Support Systems — DSS*), належать до інформаційних систем нового покоління, головне призначення яких полягає в забезпеченні комп'ютерною підтримкою прийняття рішень зі слабоструктурованих та неструктурованих проблем організаційного управління на різних етапах підготовки рішень і моніторингу [22]. Незважаючи на те, що на даний час у світі розроблено сотні типів СППР, такі системи в Україні практично не використовуються.

Розмаїття пропонованих означень систем підтримки прийняття рішень відбиває широкий діапазон різних форм, розмірів та типів СППР. Але практично всі види цих комп'ютерних систем характеризуються чіткою структурою, яка містить три головні компоненти: 1) підсистему інтерфейсу користувача; 2) підсистему керування базою даних; 3) підсистему керування базою моделей (рис. 1.1).

В класичному розумінні СППР є інформаційною системою, котра має такі компоненти, які зображені на рис. 1.2: інтерфейс користувача, систему керування базами даних (СКБД), систему керування базами моделей (СКБМ), систему керування повідомленнями (СКП), причому підсистема СКП з'явилася лише останніми роками. Ця структура може бути основою для ідентифікації наявних СППР.

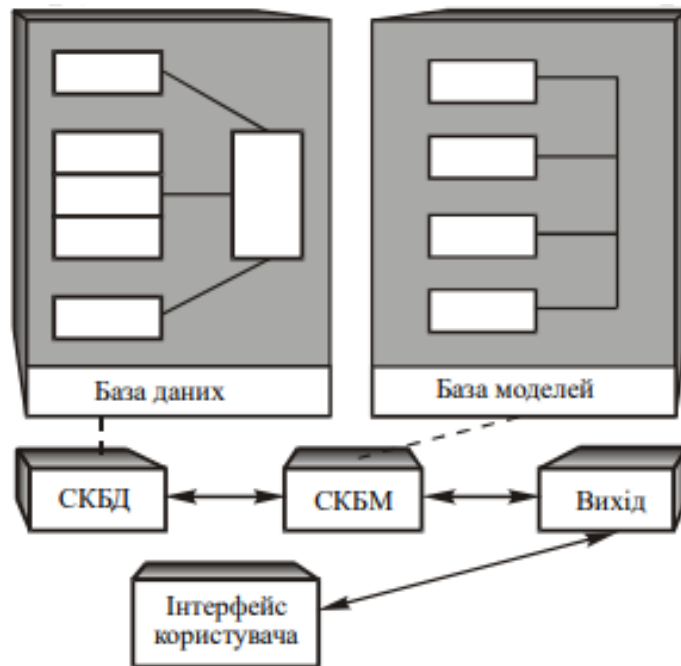


Рис. 1.1. – Класична структура СППР: СКБД — система керування базою даних; СКБМ — система керування базою моделей

Ці три підсистеми утворюють основу класичної структури СППР, завдяки якій останні відрізняються від інших типів інформаційних систем. Останнім часом з розвитком глобальної мережі Інтернет, корпоративних (Інтранет) та міжорганізаційних (Ентернет) мереж до СППР додають нову підсистему – систему керування повідомленнями (комунікаціями або зв’язком) – СКП. Окремі компоненти цих підсистем зображені на рис. 1.3.

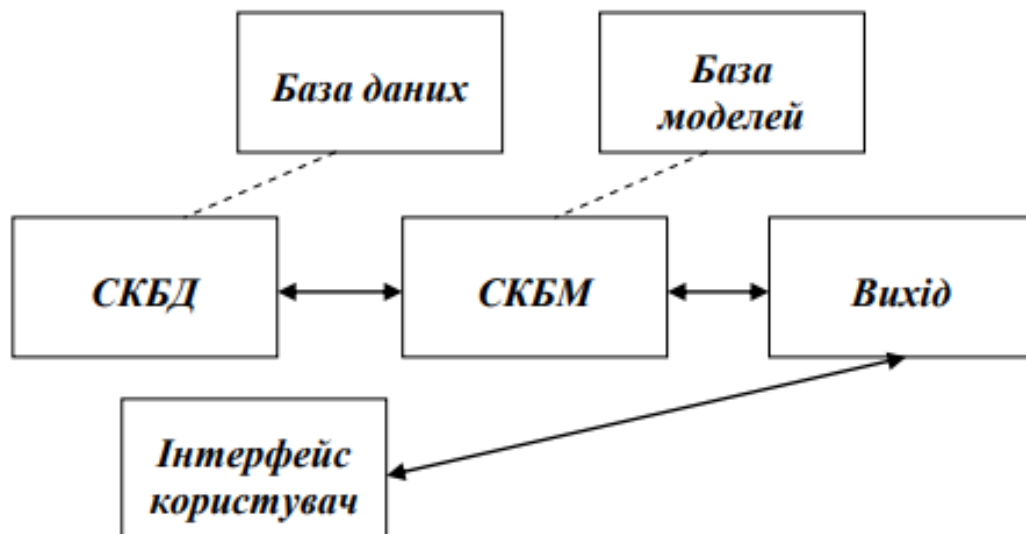


Рис. 1.2. – Класична структура СППР: СКБД – система керування базою даних; СКБМ – система керування базою моделей

Компоненти СППР відображають скоріше функціональний, а не формальний поділ системи на окремі підсистеми з погляду її проектування, тобто на перший план виступає питання стосовно того, що буде робити дана СППР, зокрема, використовуючи поняття її архітектури, передусім База даних, База моделей, СКБД, СКБМ, Вихід, Інтерфейс, користувач, а створюють користувацький інтерфейс, систему керування даними і систему керування моделями.

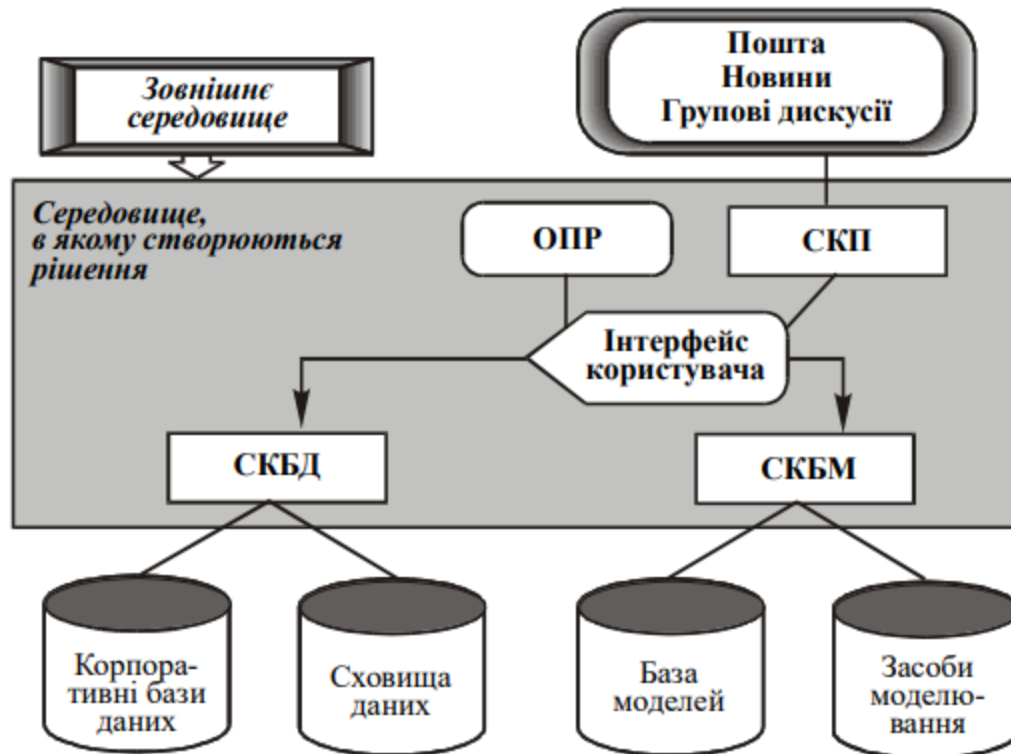


Рис. 1.3. – Сучасна структура системи підтримки прийняття рішень

Аналіз різних поглядів на розроблення і застосування комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень, на способи одержання, подання і структуризації інформації, на специфічні відмінності СППР від інших типів інформаційних систем дає змогу виділити для класифікації СППР ряд класифікаційних ознак-підходів для поділу всієї сукупності систем на класифікаційні групи (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. – Класифікація СППР

Категорії класифікації	Ознака (основа) класифікації	Класифікаційні групи (типи систем)
1	2	3
Концептуальна модель	Інформаційний підхід	Концептуальна модель Спрага Модель еволюціонуючої СППР
	Підхід, оснований на знаннях	Орієнтовані на знання СППР Орієнтовані на правила СППР
	Інструментальний підхід	Спеціалізовані (прикладні) СППР СППР-генератори СППР -інструментарії
Користувачі	Ієрархічний рівень управління	Вища ланка управління (виконавчі інформаційні системи) Середня ланка управління Нижча ланка управління
	Спосіб взаємодії користувача з системою	Термінальний режим Режим клерка Режим посередника Автоматизований режим
	Ступінь залежності осіб у процесі прийняття рішення	Персональна підтримка (персональні СППР) Групова підтримка (групові СППР) Організаційна підтримка (багатокористувацькі, інтер-організаційні, інтра-організаційні СППР)
Завдання, що потребує прийняття рішень	Новизна завдання	Унікальні проблеми (СППР на даний випадок (ad hoc)) Повторювані проблеми (інституціональні СППР)
	Характер опису проблеми	Цілісний вибір Багатокритеріальний вибір (наприклад, СППР Decision Grid)
	Тип моделі	Об'єктивна модель Суб'єктивна модель
	Діапазон підтримуваних функцій	Функціонально-специфічні СППР СППР загального призначення
Забезпечуючі засоби	Рівень підтримки прийняття рішень	СППР, орієнтовані на дані СППР, орієнтовані на моделі СППР, орієнтовані на документи СППР, орієнтовані на комунікації Web-орієнтовані СППР
	Рівень мов користувацького інтерфейсу	Процедурні мови Командні мови Непроцедурні мови Природні мови
Галузі застосування	Професійна сфера	Мікроекономіка Макроекономіка Конторська діяльність (офісні СППР) Оцінювання розповсюдження технологій Юриспруденція Медицина і т. ін.

Продовження табл. 1.1.

1	2	3
	Часовий горизонт	Стратегічне управління (довгострокові рішення) Тактичне управління (середньострокові рішення) Операційне управління (короткострокові рішення)

Інформаційний простір сучасних джерел переконує в тому, що СППР допомагають обирати маршрути, управляти портфелями акцій, вибирати напрямки інвестування, планувати подорожі. Перелік найвідоміших «комерційних» СППР містить сотні назв. Загальний обсяг продажу на ринку СППР перевищує 10 мільярдів доларів [17].

1.3. Аналіз архітектури СППР та місце інформаційно-аналітичних систем

Підвищена увага представників виробничої та ІТ галузі до методів розробки і впровадження СППР зумовила необхідність розробки програмних інструментів для створення СППР. Це вплинуло на появу нової концепції класифікації СППР – інструментального підходу. В залежності від специфіки розв'язуваних задач і використовуваних технологічних засобів процесу створення систем можна виділити три рівні СППР:

- спеціалізовані (прикладні) СППР;
- генератори СППР (СППР-генератори);
- інструментарій СППР (СППР-інструментарій).

Загалом, СППР розвиваються ще з початку 70-х років і містять в собі:

- мовну систему (МС), що забезпечує функції взаємодії користувача з системою;
- базу знань та даних (БЗД), яка складається з текстових файлів, що представляють собою інформацію для особи, яка приймає рішення (ОПР) – так звана електронна документація;

- систему обробки даних та генерування результатів (СОДГР), яка виконує різноманітні маніпуляції над текстовою документацією і включає програмне забезпечення (ПЗ), що полегшує користувачеві складання запитів;
- систему представлення результатів (СПР), яка складає всі можливі формати представлення текстової, табличної і графічної інформації та повідомлення, які полегшують користувачеві спілкування з СППР.

Текстова СППР (рис. 1.4) для інженера технолога. Якщо необхідно розпочати виробництво технічно складної деталі або вузла, то при цьому виникає необхідність прийняти множину рішень.



Рис. 1.4. – Структура текстової СППР

СППР, які орієнтовані на використання бази даних. Найбільш поширені – це реляційні бази даних, тобто в цьому випадку йде обробка строго структурованих знань у вигляді числових і описових даних (рис. 1.5).

В такій системі СОДГР є три типи програмного забезпечення (ПЗ):

- ПЗ для СУБД;
- інтерактивне ПЗ для обробки запитів;
- спеціальне ПЗ, яке створюється для задоволення потреб користувача (включає, як правило, деяку логіку стосовно аналізу даних і формування відповідей на запити, а також необхідні обчислення: статистичні



Рис. 1.5 – Структура СППР на основі БД

розрахунки, оцінювання параметрів моделей і прогнозів, порівняння отриманих результатів).

СППР на основі алгоритмічних процедур для розв'язання задач. Це може бути, наприклад, СППР для розв'язання задачі оптимізації інвестицій, або максимізації прибутку для конкретного виду виробництва, оптимального розміщення централізованих складів для торгової мережі і т.д. СППР такого типу містить множину алгоритмів для розв'язання вибраного класу задач.

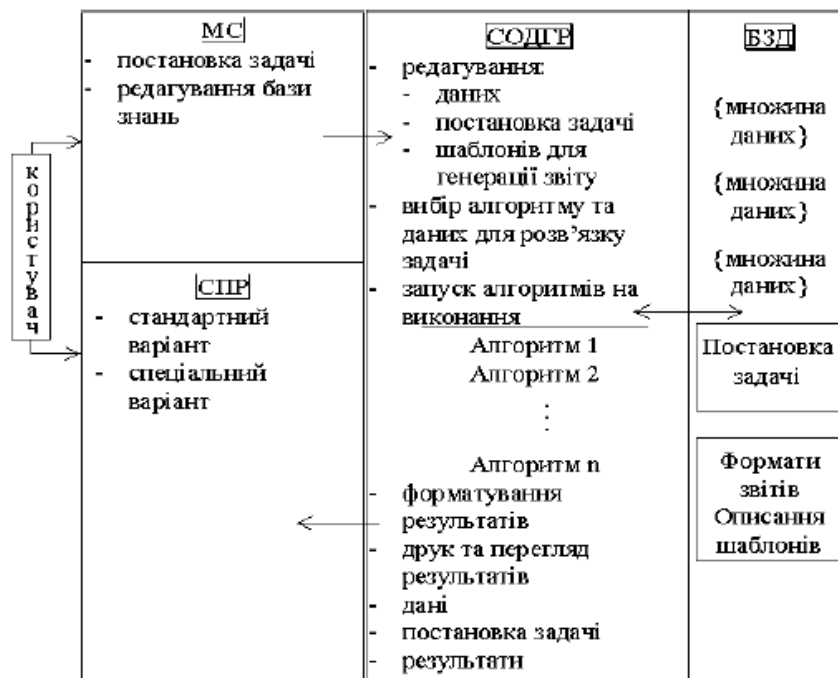


Рис. 1.6. – Структура СППР з фіксованим використанням алгоритмів

Набори алгоритмів для розв'язання конкретних задач фокусуються на задачах таких класів:

- аналіз фінансово-економічних процесів;
- прогнозування процесів довільної природи;
- планування (оперативне, тактичне і стратегічне);
- статистичний аналіз даних в різних галузях;
- розв'язування статистичних і динамічних оптимізаційних задач.

Гібридні СППР. Якщо об'єднати кілька типів СППР в одну, то отримаємо гібридну систем. Часто об'єднують системи на основі БД та алгоритмічних процедур. Структура такої СППР наведена на рис. 1.7.

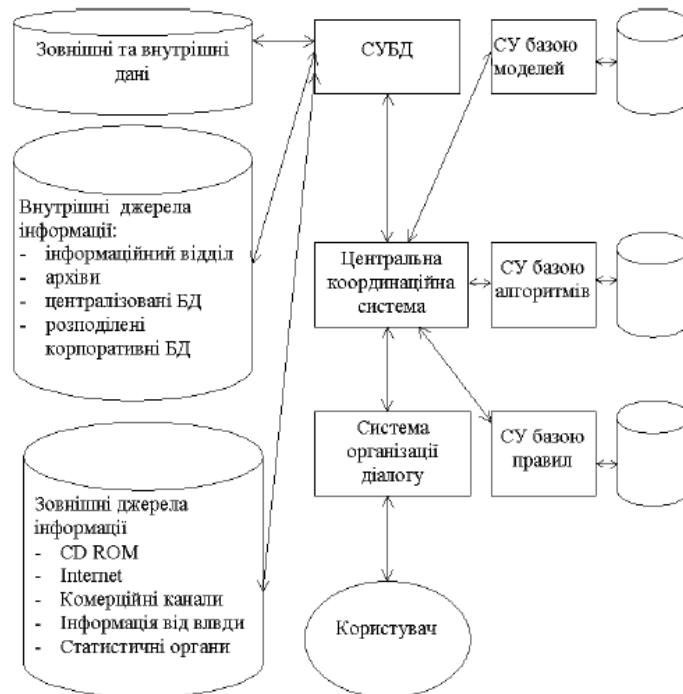


Рис. 1.7. – Узагальнена архітектура гібридної СППР

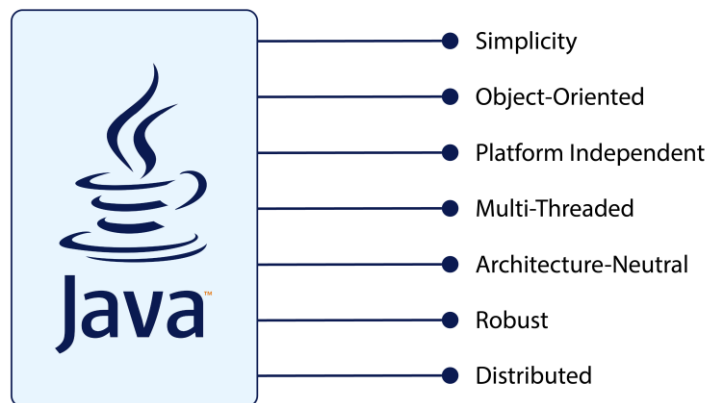
Очевидно, що такі системи є функціонально універсальнішими і дають більше можливостей з точки зору запитів і отримуваних результатів. При цьому СППР може сама приймати рішення про те, який метод обробки знань вибирати.

РОЗДІЛ 2

СТРУКТУРУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ВИРОБНИЦТВІ

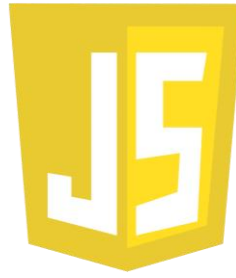
2.1. Особливості використання мов програмування

За останні декілька років професія програміста стала однією з найбільш затребуваних та популярних в Україні. Кількість ІТ компаній, яким потрібні нові розробники зростає з кожним днем. Це призводить до великого попиту на ІТ спеціалістів та росту заробітної плати в даній сфері [10, 18]. Освітній центр “YOLO” пропонує перелік 5-ти найпопулярніших мов програмування, на які потрібно звернути увагу.



Надзвичайно поширена мова, адже 90% компаній, що входять в список Fortune (500 найбільших корпорацій світу), так чи інакше використовують в своїх розробках Java. До речі її використовують при розробці операційної системи Android, яка на даний час є найбільш мобільною платформою в світі. Мова була розроблена ще в 1995 році, компанією Oracle і досі залишається на вершині. Її використовують для розробки десктопних додатків, операційних систем, “back end” систем та багато іншого. Основна її перевага це кросплатформеність.

JavaScript



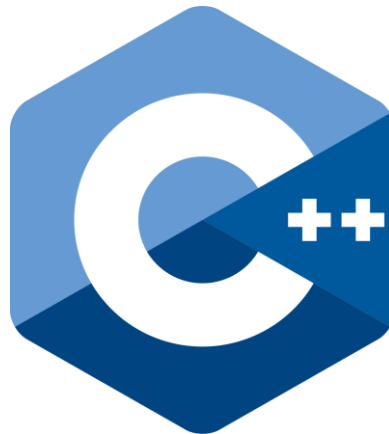
Хоч і назва цієї мови схожа з попередньою мовою Javascript, це зовсім інша мова програмування. Згідно з сайтом Stackoverflow, Javascript – це найпопулярніша мова програмування серед розробників. Ця мова використовується як одна з основних технологій для створення інтерактивних сайтів разом з HTML та CSS. Адже більшість браузерів використовують саме ці три основні технології. Також, використовуючи її, можна створювати мобільні додатки, ігри та десктопні програми. Тому, якщо ви плануєте розвиватись саме в цих сферах, варто спробувати починати саме з цієї мови програмування [24].



HTML та CSS – це не зовсім мови програмування, і досвідчені програмісти вважають, якщо людина знає лише HTML та CSS, вона не може називати себе програмістом. Проте, ці технології використовуються практично на кожному сайті. Адже саме через них прописується візуальний стиль сайтів, кнопки, іконки та ефекти кожної сторінки. Тому ці мови корисно знати не лише програмістам, але і веб дизайнерам. Тому якщо ви хочете почати свій розвиток в веб розробці чи дизайні, тоді вам в першу чергу варто звернути увагу саме на ці технології.



Популярність цієї мови програмування пов'язана з тим, що її використовують в найпоширенішій платформі для створення сайтів Wordpress, а 80% найбільш відвідуваних сайтів в світі використовують мову PHP тим чи іншим способом. Вона вважається однією з базових та найпростіших мов програмування, яку має знати кожен, хто називає себе програмістом. Не важливо, чи створюєте ви сайти, складні інтернет магазини чи серверні рішення, вам точно стане в нагоді PHP [11].



Мова, яку розробили ще у 1983 році і на якій створені Microsoft Windows і Google Chrome. Завдяки широкому набору інструментів мова легко адаптується для застосування в різноманітних сферах життя, будь то банківська сфера, розробка ігор, торгівля чи інше. Тому саме на цій мові можна створювати складні комерційні системи з багатьма елементами, так і розробляти прості застосунки та програми. І якщо ви шукаєте мову з широким інструментарієм та функцією, тоді C++ саме для вас.

Об'єктно-орієнтована мова програмування з безпечною системою типізації для платформи .NET. Розроблена Андерсом Гейлсбергом, Скотом Вілтанутом та Пітером Гольде під егідою Microsoft Research (належить Microsoft).



Синтаксис *C#* близький до *C++* і *Java*. Мова має строгу статичну типізацію, підтримує поліморфізм, перевантаження операторів, вказівники на функції-члени класів, атрибути, події, властивості, винятки, коментарі у форматі XML. Переїнявши багато від своїх попередників — мов *C++*, *Object Pascal*, і *Smalltalk* — *C#*, спираючись на практику їхнього використання, виключає деякі моделі, що зарекомендували себе як проблематичні при розробці програмних систем, наприклад, мова *C#*, на відміну від *C++*, не передбачає множинне успадкування класів.

Для побудови програми у *Microsoft Visual Studio* широко використовують засоби, які надає система. Є дві частини побудови: перша — проектування інтерфейсу з використанням стандартних елементів (компонент) та маніпулювання їхніми розмірами й розташуванням; друга — написання фрагментів програмного коду для виконання завдання. *Visual Studio* самостійно записує деякі частини програми без зовнішнього втручання, розробникові треба кодувати лише суто свою задачу. Крім того, *Visual Studio* формує для майбутньої програми потрібну інформацію в файлах.

Microsoft Visual Studio — серія продуктів фірми Майкрософт, які включають інтегроване середовище розробки програмного забезпечення та низку інших інструментальних засобів. Ці продукти дозволяють розробляти як консольні програми, так і програми з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології *Windows Forms*, а також веб-сайти, веб-застосунки, веб-служби як в рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ, що

підтримуються Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows Phone, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework та Microsoft Silverlight.

Visual Studio включає один або декілька з наступних компонентів:

- ***Visual Basic .NET, а до його появи – Visual Basic;***
- ***Visual C++;***
- ***Visual C#;***
- ***Visual F# (входить до складу Visual Studio 2022);***
- ***Visual Studio Debugger.***

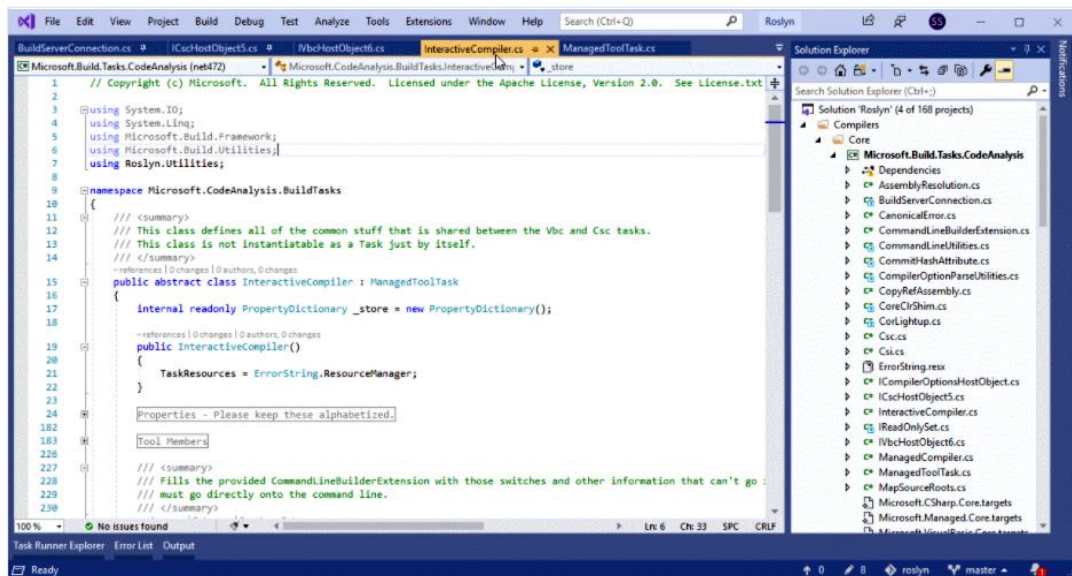


Рис. 2.1. – Інтерфейс вікна Visual Studio з інструментами мови C#

Багато варіантів постачання також включають – Microsoft SQL Server або MSDE Visual Source Safe – файл-серверна система управління версіями.

У минулому, до складу Visual Studio також входили продукти:

- ***Visual InterDev;***
- ***Visual J++;***
- ***Visual J#;***
- ***Visual FoxPro.***

Visual Source Safe – файл-серверна система управління версіями.

Для початку, треба підготувати папку (каталог), де будуть зберігатися всі файли майбутньої програми. Це ліпше робити до запуску Visual Studio. Нову папку створити за звичайними правилами операційної системи Windows. Наприклад, запустити інструмент Мій комп'ютер (MyComputer), розташований на робочому столі системи, відшукати потрібний диск та вже наявну папку, відкрити її, після чого через меню вибрати команди Файл→Створити→Папка.

2.2. Стратегії розвитку інформаційно-аналітичних систем для підтримки рішень

Загальні стратегії, які використовують СППР для прийняття рішень [17, 19, 20]: 1) оптимізаційна; 2) перша прийнятна; 3) стратегія аспектного виключення; 4) інкрементна; 5) змішане сканування (перегляд); 6) аналітико-ієрархічний підхід.

Оптимізаційна стратегія передбачає використання математичних моделей і критерію оптимізації в явному вигляді. Особа, що приймає рішення, обирає ту альтернативу, яка є найкращою за деякого критерію: 1) оптимізація функції вигідності при різних варіантах розподілу ресурсів на споживання та розвиток виробництва; 2) оптимальне управління інфляцією шляхом регулювання грошової маси в обігу (оптимум грошової маси); 3) оптимальний вибір місця для розміщення складів постачання мережі магазинів (мінімізація витрат на перевезення); 4) оптимальне управління процесом трансформування власності.

Вибір першої прийнятної стратегії. В даному випадку приймають першу стратегію, яка дає суттєве покращення у порівнянні з існуючою ситуацією, або покращення за деяким нескладним критерієм. Ідея полягає в тому, щоб знайти будь-яку голку в копиці сіна, а не в тому щоб знайти саму гостру голку.

Альтернативи порівнюють (та відхиляють) у відповідності із визначеним правилом. Наприклад, якщо приймається рішення стосовно зміни місця роботи, то можуть бути такі прості критерії:

- неприйнятна відстань до місця роботи;
- неприйнятний час, необхідний для того щоб дістатися до місця.

Стратегія аспектного виключення. За цією стратегією кількість альтернативних варіантів рішень скорочують за рахунок їх виключення за деяким одним аспектом, потім виключають за другим аспектом і т.д.

Наприклад, при розміщенні нових підприємств на території України необхідно враховувати: 1) наявність трудових] ресурсів (кваліфікованих та некваліфікованих); 2) потреби в сировині та водопостачанні; 3) вплив підприємства на навколишнє середовище; 4) розв'язання проблеми транспортування і збуту готової продукції.

Інкрементна стратегія. Ця стратегія полягає у тому, що ОПР послідовно порівнює альтернативні шляхи розв'язання задачі по відношенню до поточної ситуації.

Задача прийняття рішення полягає у тому, щоб виключити знайдені поточні недоліки функціонування підприємства, установи і т.д. При цьому кожне нове рішення в більшій мірі є реакцією на попереднє.

Стратегія змішаного сканування (перегляду). Перегляд відноситься до збору, обробки, оцінювання та порівняльного аналізу інформації, яка відноситься до поставленої задачі. Спочатку збирають список можливих альтернатив і в результаті їх прискореного аналізу виключають ті, що явно не підходять. Ті, що залишились розглядають докладно та знову виключають неприйнятні за простими зрозумілими критеріями. І так до тих пір, поки не залишиться одна альтернатива.

Аналітико-ієрархічна стратегія полягає у декомпозиції загальної цілі рішення, що приймається, в ієрархічну структуру критеріїв, підкритеріїв та альтернатив. В результаті отримують матрицю результатів порівняння підкритеріїв. Для кожної матриці попарних порівнянь математичними

методами отримують шкалу відносних значень, що виражені через пріоритетні одиниці. Аналітико-ієрархічна стратегія надає можливість включити в критерії, що розглядаються, якісні критерії.

2.3. Структура моделей та критерії для їх оцінення

Існує декілька умов, що визначають необхідність використання моделі процесу. Очевидною умовою є те, що рішення повинне безпосередньо ґрунтуватися на первинному процесі, що аналізується. По-друге, поведження процесу необхідно прогнозувати в сильному або слабкому змісті. Процес розглядається як прогнозований у сильному змісті, якщо його внутрішня динаміка відома й описана математично. При цьому модель процесу може бути використана для його прогнозування поза межами встановлених «нормальних» умов функціонування. Поведження процесів, для яких неможливо створити точний математичний опис, також можна прогнозувати (екстраполювати) на основі спостережень, якщо вони є у достатньому обсязі.

Такі процеси називають прогнозованими в «слабкому» змісті, тому що прогнозоване значення достовірне тільки для тих умов, що відповідають конкретному наборові даних. Як приклад «слабко прогнозованого» процесу можна навести процеси на товарному ринку. Економетричний аналіз свідчить, що агреговане поведження великого числа товарних транзакцій можна прогнозувати (екстраполювати) статистичними методами на основі минулих і поточних даних, не створюючи при цьому складних моделей динаміки.

Наступною передумовою використання моделі процесу є те, що необхідно мати дані, що характеризують його поведження в минулому. Відсутність цих даних можна замінити, в деякій мірі, експертними оцінками. Тобто при розробці моделі необхідно скористатися як знаннями експерта, так

і числовими даними, якщо вони є в наявності. Правила вибору конкретної моделі процесу представлені на рис. 2.2.

Вибір конкретної моделі процесу ґрунтується на деяких додаткових характеристиках. Ці характеристики можна отримати за допомогою даних, зібраних на етапі декомпозиції задачі. Першою такою характеристикою є присутність невизначеностей (невизначеностей у вихідних даних, в динаміці або в даних на виході). Якщо невизначеності мають місце, то необхідно вибирати стохастичну модель. Якщо ж невизначеності не грають істотної ролі, то процес можна розглядати як детермінований. Прикладами стохастичних процесів можуть бути процеси, зв'язані з навколишнім середовищем. Наступною характеристикою є бачення реального процесу з погляду особи, що приймає рішення (ОПР).

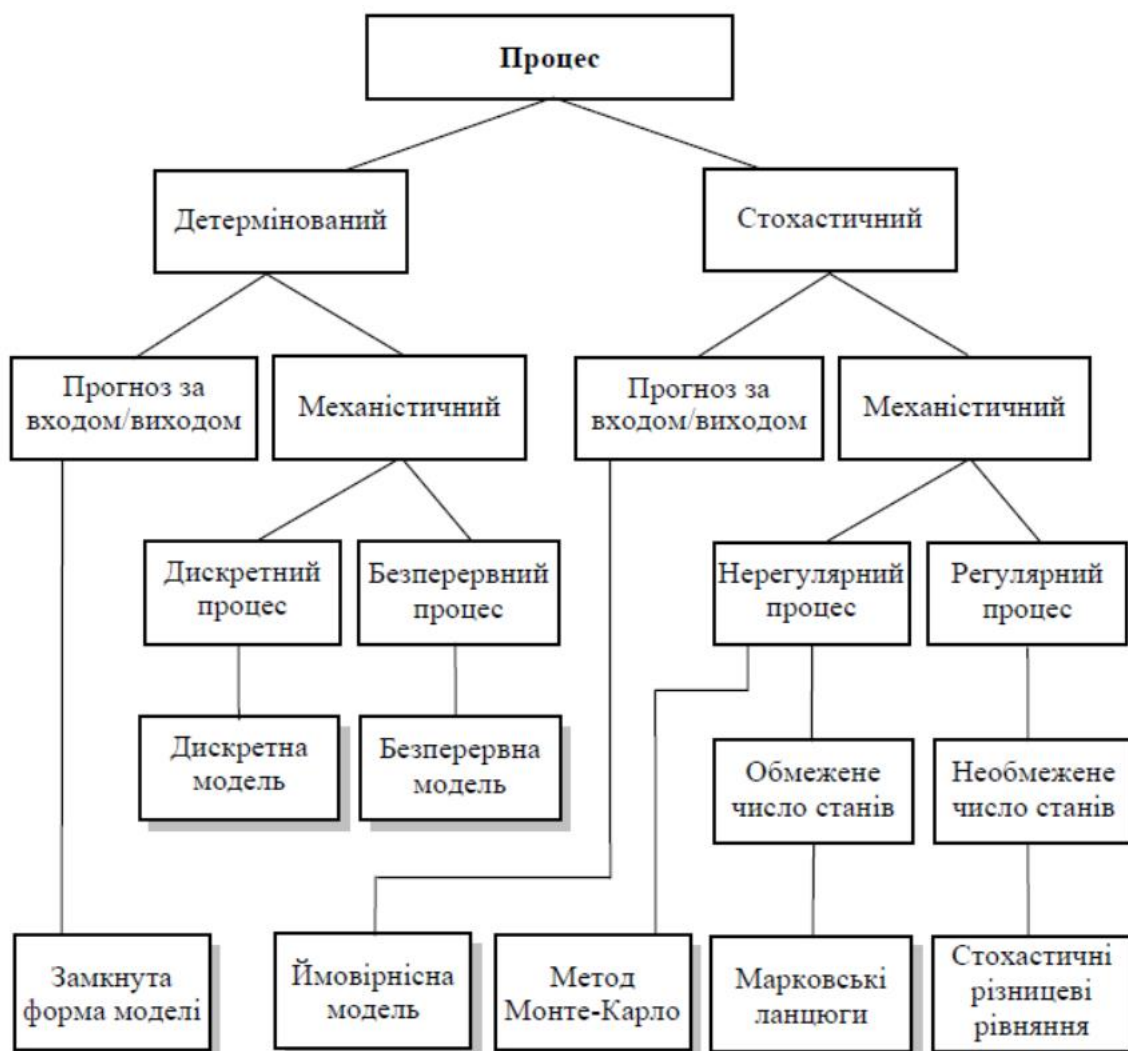


Рис. 2.2 – Структура моделей процесу під час проектування СППР

ОПР має своє представлення про те, як необхідно прогнозувати процес. Якщо ОПР зацікавлена тільки в початковому положенні і кінцевому результаті, то таке прогнозування називають прогнозуванням на основі відношення вхід-вихід. Якщо ж ОПР бачить необхідність контролювати цілком протікання процесу (включаючи початкові умови і кінцеве положення), то таке прогнозування називають механістичним. Для детермінованого процесу і прогнозу на основі відношення вихід-вхід необхідно використовувати так звані замкнуті форми аналітичних моделей. Якщо ж процес стохастичний і використовується прогноз на основі відношення вихід-вхід то під час проектування СППР необхідно скористатися ймовірнісною моделлю процесу. У цьому випадку зв'язок між вхідними і вихідними змінними процесу встановлюється на основі результатів теорії ймовірностей і статистики.

Крім розглянутих характеристик необхідно визначити яку модель використовувати з погляду врахування протікання часу, тобто дискретну або неперервну. Очевидно, що більше труднощів пов'язано з аналізом стохастичних процесів. Якщо процес адекватно описується за допомогою 20-и або менше станів, то його вважають процесом з обмеженою кількістю станів. Ще однією характеристикою є регулярність процесу. Процес вважається регулярним, якщо він переходить з одного стану в інший через однакові інтервали часу. Інакше його класифікують як нерегулярний.

Якщо процес класифікується як стохастичний з обмеженим числом станів і регулярний, а форма прогнозування механістична, то під час проектування необхідно вибрати модель на основі Марковських ланцюгів і т.д. Підхід до моделювання на основі методу Монте-Карло (*імітаційне моделювання*) розглядають як «останню» можливість. У даному випадку вважається, що зовсім немає можливості вивчити процес або зібрати обсяг даних, необхідний для побудови адекватної математичної моделі, але вважається, що є достатній обсяг обчислювальних ресурсів і часу для побудови подібної моделі.

2.3. Опис предметної галузі та вимоги до інформаційно-аналітичної системи

Аналіз предметної галузі збирання врожаю цукрових буряків переконує в тому, що СГП зацікавлені починати технологічні процеси (ТП) збирання врожаю цукрових буряків (ЗЦБ) у пізні календарні терміни за яких середня маса (m) коренеплодів цукрових буряків є максимальною – $m \rightarrow max$, а також збирати врожай цієї культури за якомога коротший термін. Однак, зміщення $\tau_{пз}$ у пізні календарні терміни підвищує вірогідність запізнення із збиранням, ураження коренеплодів заморозками, а відтак зниження ефективності ТП. З іншого боку, скорочення тривалості ($t_{зб}$) збирання коренеплодів потребує потужного парку комбайнів та призводить до значних експлуатаційних витрат [11, 13]. Для вирішення цього завдання необхідно узгоджувати $\tau_{пз}$ ТП ЗЦБ та обсяг виробничої площі цукрових буряків із параметрами їх технічного забезпечення.

Для забезпеченні відповідності між фактичною тривалістю ($t_{зб}$) ТП ЗЦБ та природно дозволеним фондом часу ($t_{пд}$) за якого цей ТП виконуватиметься вчасно необхідно врахувати сукупний вплив ймовірнісних складових. До цих ймовірнісних складових відносимо тривалість погожих ($t_{пг}$) та непогожих ($t_{нп}$) проміжків, час виникнення заморозків (τ^5), що уражають коренеплоди, час завершення ($\tau_{ф}^3$) фізичної стиглості, добовий природно дозволений фонд часу ($t_{пд,д}$) на роботу бурякозбиральних комбайнів, поточну врожайність коренеплодів ($U_{п}$) та керованих складових – часу початку збирання ($\tau_{пз}$) коренеплодів, площа збирання (S) культури і годинна продуктивність ($W_{год}$) комбайна на своєчасність ТП ЗЦБ, що дасть змогу забезпечити мінімальні обсяги біологічних ($Q_б$) та технологічних ($Q_т$) втрат.

Зазначені некеровані складові відображають вплив агрометеорологічної та біологічно-предметної складових на своєчасність та функціональні показники ефективності цих ТП. Зокрема, за незмінної $t_{зб}$ (коли $S = const$ і

$W_{\text{год}} = \text{const}$) та різного часу початку $\tau_{\text{ПЗ}}$ ($\tau_{\text{ПЗ}} = \text{var}$) ТП ЗЦБ функціональні показники ефективності їх виконання формуватимуться по різному (рис. 2.3):

$$\begin{aligned} \tau_{\text{ПЗ}1} &< \tau_{\text{ПЗ}2} < \tau_{\text{ПЗ}3}; \\ t_{361} &= t_{362} = t_{363}; \\ m_1 &< m_2 < m_3; \\ Q_{61} &> Q_{62} > Q_{63}; \\ Q_{\text{T}1} &< Q_{\text{T}2} < Q_{\text{T}3}. \end{aligned} \quad (2.1)$$

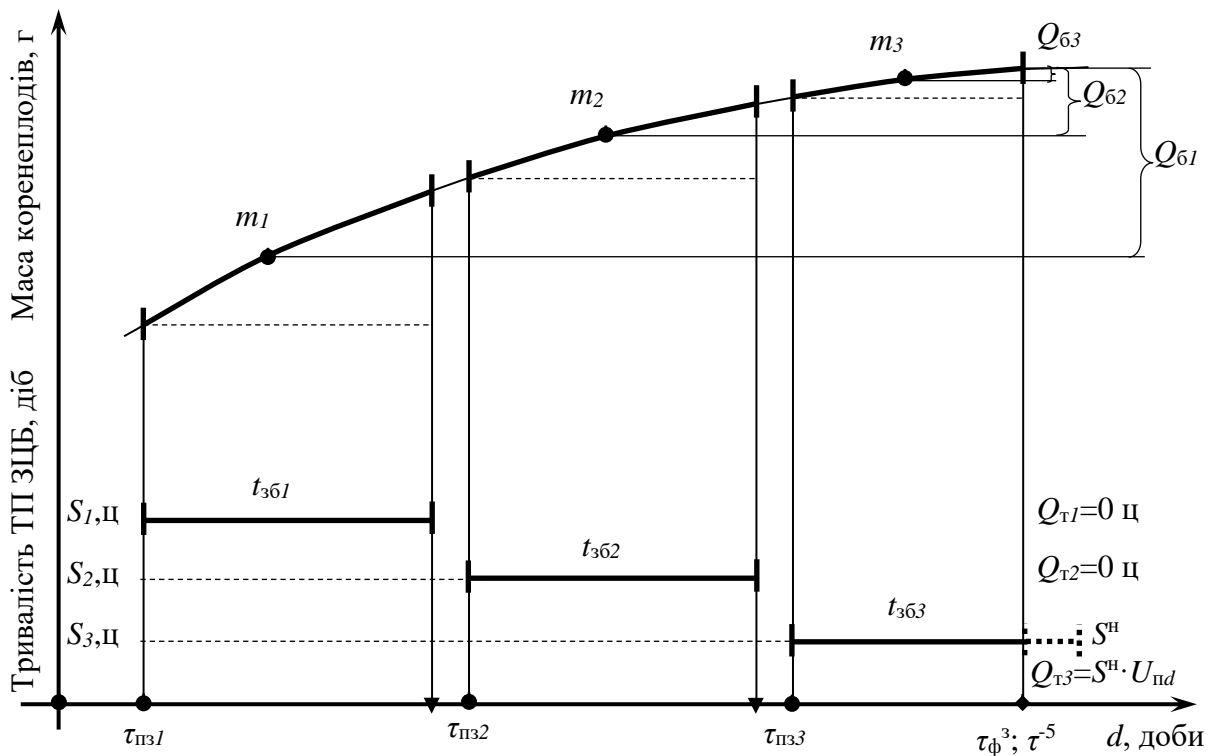


Рис. 2.3. Вплив часу початку ТП ЗЦБ на обсяги біологічних та технологічних втрат врожаю коренеплодів

Аналогічно, за незмінного $\tau_{\text{ПЗ}}$ ($\tau_{\text{ПЗ}} = \text{const}$) та різної тривалості t_{36} (за $S = \text{var}$ або $W_{\text{год}} = \text{var}$) виникатимуть різні функціональні показники ефективності ТП ЗЦБ (рис. 2.8):

$$\begin{aligned} \tau_{\text{ПЗ}1} &= \tau_{\text{ПЗ}2} = \tau_{\text{ПЗ}3}; \\ t_{361} &< t_{362} < t_{363}; \\ m_1 &< m_2 < m_3; \\ Q_{61} &> Q_{62} > Q_{63}; \\ Q_{\text{T}1} &< Q_{\text{T}2} < Q_{\text{T}3}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Відповідно до рис. 2.3 та рис. 2.4, обсяг технологічних втрат Q_T відображає обсяг втраченого врожаю коренеплодів внаслідок невиконання ТП ЗЦБ до моменту настання заморозків нижче -5°C (τ^5), або до завершення фізичної стиглості (τ_ϕ^3) ґрунту в осінній період:

$$Q_T = f(S, W_{\text{доб}}, t_{\text{пл}}, U_{\text{цб}}), \quad (2.3)$$

де $W_{\text{доб}}$ – добова продуктивність технічного забезпечення ТП, га/добу;
 $U_{\text{цб}}$ – середня урожайність цукрових буряків, ц/га.

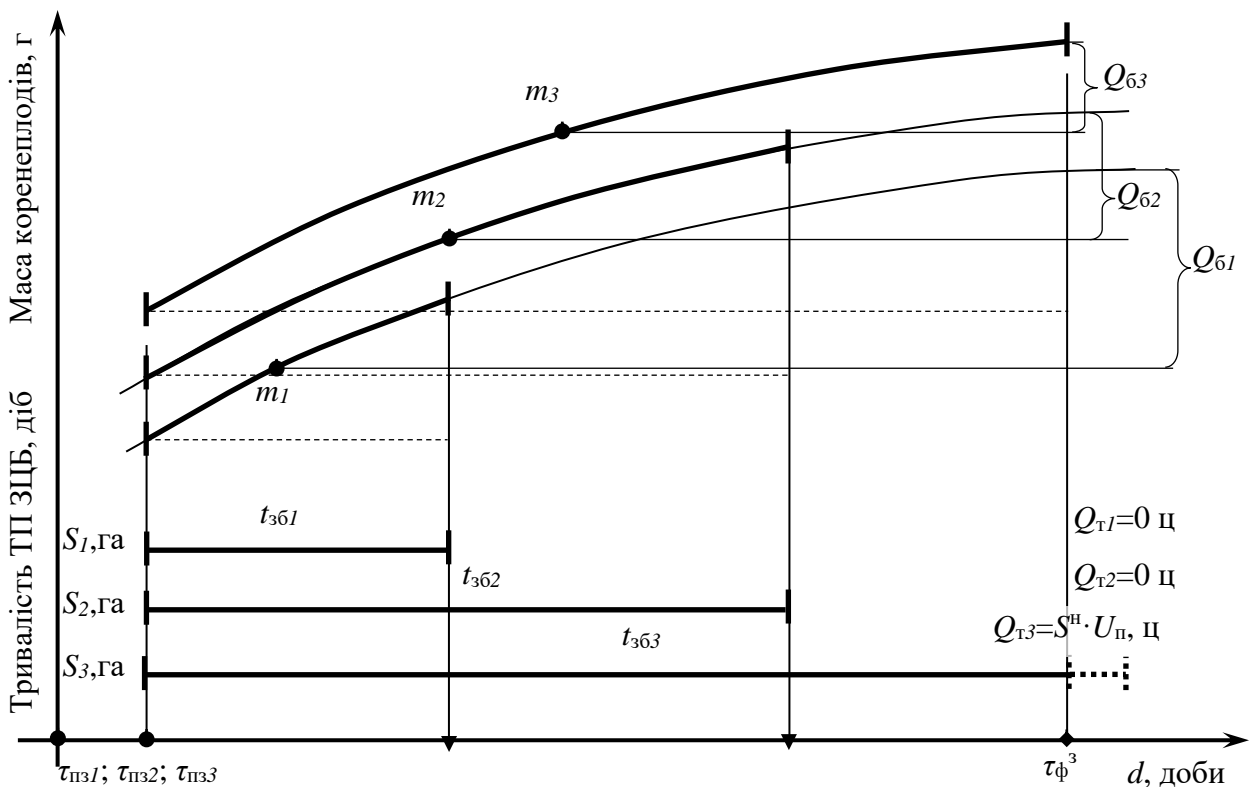


Рис. 2.4. Вплив тривалості ТП ЗЦБ на обсяги біологічних та технологічних втрат врожаю коренеплодів

Обсяг біологічних втрат Q_b , як уже зазначалося, відображає обсяг втрат потенційного врожаю через збирання коренеплодів у яких ще відбувається приріст маси:

$$Q_b = f(S, W_{\text{доб}}, U_{\text{нд}}, U^{\text{max}}), \quad (2.4)$$

де U^{max} – максимальна урожайність коренеплодів в межах окремого сезону виконання ТП, ц/га.

Узагальнюючи ці положення з позиції загальної теорії систем [11, 13] та розгляду ТП ЗЦБ як елементарної замкнутої системи приходимо до висновку, що задача аналізу зводиться до встановлення залежності показників ефективності (E) від керованих складованих:

$$E = f(\tau_{пз}, S, П_k), \quad (2.5)$$

Задача синтезу ж зводиться до визначення оптимальних параметрів елементарної системи, за яких $\{E\}$ сягатимуть екстремуму своїх значень – $\{\tau_{пз}, S, П_k\} \rightarrow opt$, за умови $\{\tau_{пз}\}, \{S\} = var, П_k = const$ та $E \rightarrow extr$.

Виконання комп'ютерного моделювання та встановлення закономірностей зміни $Q_б$ та $Q_т$ за різних $\tau_{пз}$, S і $W_{доб}$ дає змогу знайти поєднання таких їх значень за яких використання технічного забезпечення ТП ЗЦБ, із заданими параметрами, дасть змогу досягнути мінімальне значення критерію ефективності – B , грн/га.

РОЗДІЛ 3

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ТА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ

3.1. Методика відображення імітаційною моделлю технологічних процесів збирання врожаю культури

Відображення ТП ЗЦБ в імітаційній моделі та розроблення програмного додатку моделі дає змогу врахувати вплив агрометеорологічних умов та процеси досягання врожаю культури в розрізі певного календарного періоду. Методика відображення моделлю впливу цих природно процесів ґрунтується на загальновідомому підході генерування потоку вимог [1-3] на виконання відповідних технологічних операцій та його обслуговування заданим технічним оснащенням ТП ЗЦБ.

Зокрема, відображення ТП ЗЦБ передбачає відтворення часових характеристик настання базових та наслідкових подій на календарній осі часу, приріст маси коренеплодів та врожаю культури загалом, роботу бурякозбиральних комбайнів на заданих обсягах площ та втрати врожаю через невідповідність часу початку і тривалості ТП природно зумовленому фондові часу на їх виконання. Це здійснюється завдяки відомим статистичним закономірностям (табл. 3.1) [1-3], які відображають часові характеристики настання агрометеорологічно та біологічно зумовлених подій ТП ЗЦ.

Для того, щоб сформувавши у чисельному виразі календарну вісь на якій зазначено базові події виконували генерування псевдовипадкових величин в кожній із N_p ітерацій статистичної імітаційної моделі. Зокрема, для генерування цих імовірнісних подій у статистичній імітаційній моделі використано стандартний для програмного середовища MS Visual Studio 2022 C# [4] генератор псевдовипадкових величин від 0 до 1 та оберненої функції відповідних теоретичних розподілів:

$$\text{- Вейбулла-Гніденка: } x = c + a \cdot \exp \left[\left(\frac{1}{b} \right) \cdot (\ln(-\ln(\text{rnd}))) \right], \quad (3.1)$$

- нормального закону:

$$x = \sqrt{-2 \cdot \ln(\text{rnd}) \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \text{rnd})} \cdot \sigma[x] + \bar{M}[x], \quad (3.2)$$

де a, b, c – відповідно параметри мірила, форми та зміщення теоретичного розподілу випадкової величини x ; rnd – рівномірно розподілені на інтервалі $0, \dots, 1$ псевдовипадкові числа; $\sigma[x], \bar{M}[x]$ – відповідно середньоквадратичне відхилення та математичне сподівання випадкової величини x .

Таблиця 3.1. Статистичні закономірності природно зумовлених подій у ТП ЗЦБ (умови Вол.-Волинського р-ну, Волинської обл.) [11, 13]

№ п/п	Назва показника	Диференціальна функція та рівняння закономірності
1	Розподіл тривалості погожих ($t_{\text{пг}}$) проміжків осіннього періоду (Вейбулла)	$f(t_{\text{пг}}) = 0,23 \cdot \left(\frac{t_{\text{пг}} - 1}{5,665} \right)^{0,148} \cdot \exp \left[- \left(\frac{t_{\text{пг}} - 1}{5,665} \right)^{1,148} \right]$
2	Розподіл тривалості не погожих ($t_{\text{нп}}$) проміжків осіннього періоду (Вейбулла)	$f(t_{\text{нп}}) = 0,427 \cdot \left(\frac{t_{\text{нп}} - 1}{2,531} \right)^{0,08} \cdot \exp \left[- \left(\frac{t_{\text{нп}} - 1}{2,531} \right)^{1,08} \right]$
3	Розподіл часу початку (τ^{-5}) заморозків (Вейбулла)	$f(\tau^{-5}) = 0,06 \cdot \left(\frac{\tau^{-5} - 286}{33,796} \right)^{1,033} \cdot \exp \left[- \left(\frac{\tau^{-5} - 286}{33,796} \right)^{2,033} \right]$
4	Розподіл часу завершення (τ_{ϕ}^3) фізичної стиглості ґрунту (Нормальний)	$f(\tau_{\phi}^3) = 0,024 \cdot \exp \left[- \frac{(\tau_{\phi}^3 - 319,452)^2}{539,002} \right]$

Відповідно до сформованої календарної осі часу та зафіксованих на ній базових подій (рис. 3.1, а) наступними відображалися початкова маса коренеплодів $m_{\text{пк}}$ та їх приріст $\Delta m_{\text{к}}$ в розрізі осіннього періоду. Це дає змогу визначати поточну врожайність $U_{\text{п}}$ коренеплодів та виконати моделювання роботи бурякозбиральних комбайнів на площі S [11, 13].

Початкові дані формувалися для перевалочної технології збирання коренеплодів: 1) площу цукрових буряків S , на якій необхідно виконати ТП; 2) тип та технічні характеристики бурякозбирального комбайна; 3) кількість операторів (трактористів та комбайнерів).

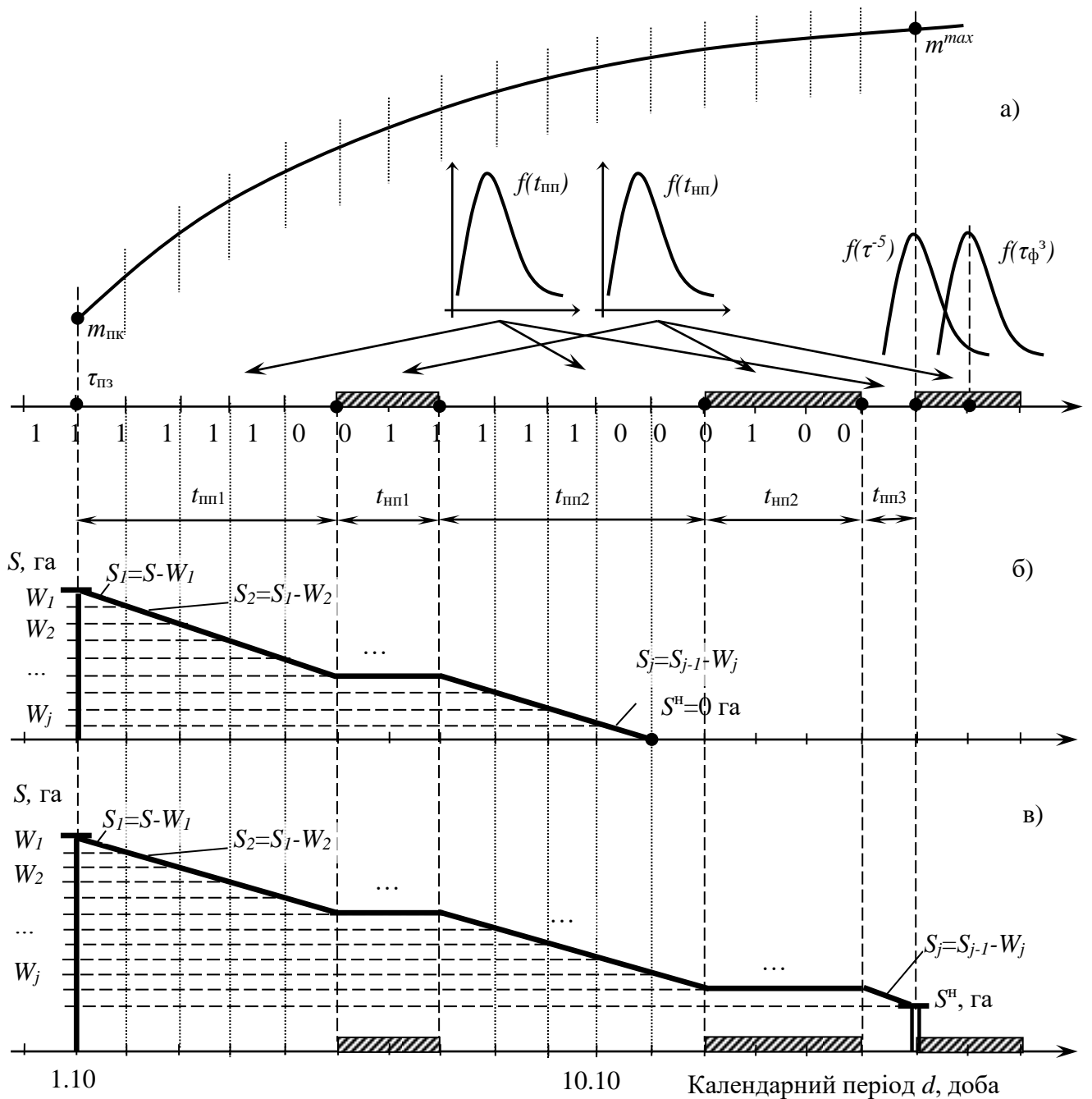


Рис. 3.1. Графічна інтерпретація відображення технологічного процесу збирання цукрових буряків імітаційною моделлю: а – біологічно та агрометеорологічно зумовлені події (відображають процеси досягання коренеплодів та зміну стану ґрунту); б – ТП ЗЦБ, що виконуються вчасно; в – ТП ЗЦБ, що виконуються несвоєчасно; $m_{\text{пк}}$ – початкова середня маса коренеплодів, г; $\tau_{\text{пз}}$ – час початку ТП ЗЦБ, доба; $t_{\text{пп}}, t_{\text{нп}}$ – відповідно тривалість погожих та непогожих проміжків; m^{max} – максимальна маса коренеплодів, г; τ^5, τ_{ϕ^3} – відповідно час виникнення заморозків та завершення фізичної стиглості ґрунту, доба

Відображення у статистичній імітаційній моделі процесу обслуговування потоку замовлень на збирання врожаю коренеплодів відбувається із моменту настання відповідної події – часу початку $\tau_{пз}$ ТП. Зокрема, обсяг площі яку зібрано комбайном в j -ту добу відповідає його добовій продуктивності – $S_j = W_{добр}^j$, тоді площа, яка залишилася незібраною на кінець i -ї доби визначалась:

$$S_j^H = S_{j-1}^H - W_{добр}^j, \quad (3.3)$$

де S_{j-1}^H – площа, яка залишилась незібраною в попередню $j-1$ добу, га.

Незібрана площа S_j^H залишається на наступну $j+1$ добу і т.д. У разі виникнення непогожих проміжків ТП ЗЦБ призупиняють, тоді $S_j^H = S_{j-1}^H$. Аналогічні кроки в імітаційній моделі виконують до моменту збирання усієї площі цукрових буряків – $S = 0$ га.

Методика визначення продуктивності ($W_{добр}$) бурякозбиральних комбайнів відома. Зокрема, моделювання ТП ЗЦБ у кваліфікаційній роботі виконано для технічного забезпечення (одиночного комплексу машин), який сформовано із комбайна (дод. табл. Б.1), що обслуговується відповідним тракторним причепом-перевантажувачем (дод. табл. Б.2).

Визначення добової продуктивності ($W_{добр}$) бурякозбирального комбайна у статистичній імітаційній моделі ТП ЗЦБ виконували із врахуванням поточної врожайності (U_n) культури, типу полів [11] та природно зумовленого добового фонду часу $t_{пдд}$ на виконання цих ТП:

$$W_{добр} = W_{год} \cdot t_{пдд}. \quad (3.4)$$

Зокрема, годинну продуктивність $W_{год}$ бурякозбирального комбайна визначали із врахуванням приросту поточної врожайності U_n коренеплодів цукрових буряків для тої чи іншої d -ї календарної доби осіннього періоду (рис. 3.2).

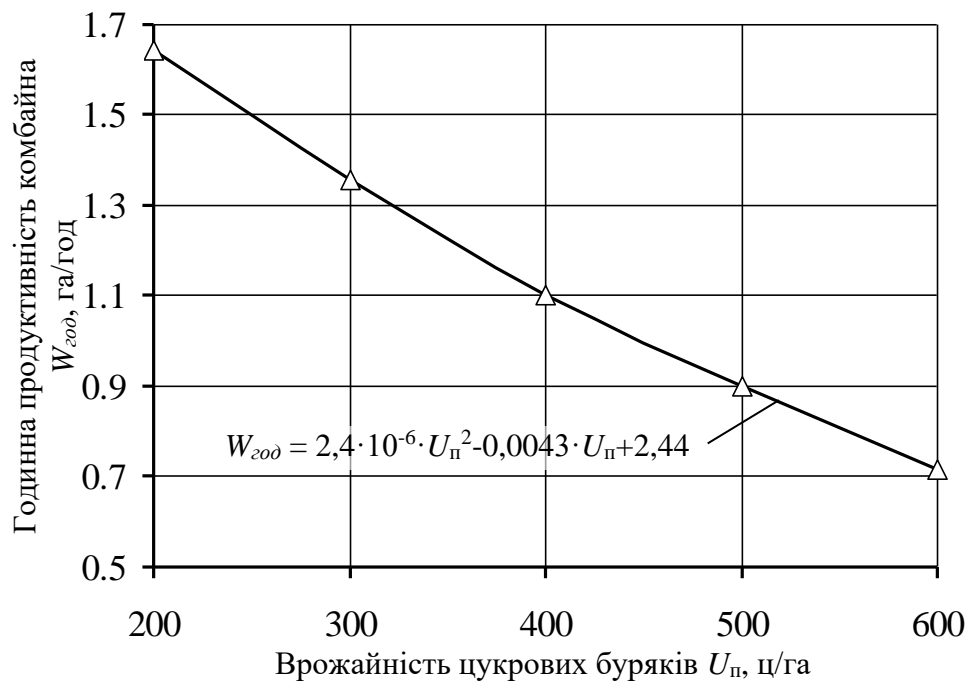


Рис. 3.2. Залежність годинної продуктивності бурякозбирального комбайна СКС-624 «Палессе BS624-1» від врожайності цукрових буряків

Для визначення обсягів біологічних (Q_b) та технологічних втрат (Q_t) коренеплодів використано відому методику [13]. Зокрема, обсяг технологічних втрат у ТП ЗЦБ оцінюють відповідно до незібраної площі культури – S^H :

$$Q_t = U_p \cdot S^H, \quad (3.5)$$

де U_p – поточна урожайність коренеплодів цукрових буряків на момент виникнення S^H , ц/га.

Для визначення Q_b та Q_t , а також їх закономірностей зміни за різного $\tau_{пз}$ ТП ЗЦБ та S необхідно виконати комп'ютерне моделювання із відповідною статистичною імітаційною моделлю. Комп'ютерне моделювання включало підготовчі етапи, аналіз та математичне опрацювання результатів моделювання [13]: 1) сформулювати початкові дані та статистичні закономірності для відображення базових подій в імітаційній моделі; 2) розробити блок-схему алгоритму статистичної імітаційної моделі та її програмний код для ПК; 3) виконати попереднє моделювання ТП, валідацію моделі та перевірку її адекватності; 4) встановити мінімально потрібну

кількість ітерацій моделі для відтворення впливу імовірнісних чинників ТП ЗЦБ; 5) виконати комп'ютерні експерименти із цією статистичною імітаційною моделлю; 6) опрацювати результати, встановити закономірності зміни функціональних показників ефективності та їх статистичні характеристики.

3.2. Розробка блок-схеми алгоритму імітаційної моделі для ІАС

З метою виконання вищеописаних етапів моделювання нами розроблено блок-схему алгоритму статистичної імітаційної моделі ТП ЗЦБ, який складається із 20 блоків (рис. 3.3). На підставі цього алгоритму створено комп'ютерну програму (див. дод. А) у середовищі MS Visual Studio 2022 C# [4], яка складається із 330 рядків та займає 380 кБ фізичної пам'яті.

Перший елемент блок-схеми алгоритму імітаційної моделі призначений для її запуску із завданням процедури резервування місця в оперативній пам'яті для змінних та масивів, означення констант, формування масивів та їх типів, змінних, а також компіляції стандартних і розроблених процедур та функцій. Цей блок також ініціює введення початкових даних і присвоєння кількісних значень відповідним змінним у пам'яті ПК.

Другий блок запускає зовнішній цикл із приросту виробничої площі (S) цукрових буряків для якої необхідно змоделювати ТП ЗЦБ. Приріст площі S відбувається із кроком 20 га в межах від 60 до 300 га. Для кожного значення S в моделі передбачено визначення оцінок статистичних характеристик функціональних показників ефективності ТП. Це дає змогу побудувати їх залежності від виробничої площі цукрових буряків.

Третій та четвертий блоки також запускають вкладені цикли для Np^r реалізацій моделі ТП ЗЦБ та Np^r варіантів часу початку $\tau_{пз}$ ТП ЗЦБ.

Блок 5 призначений для запуску внутрішніх процедур з генерування та визначення початкових даних моделювання, які заносять у пам'ять ПК та

викликають у наступних блоках.

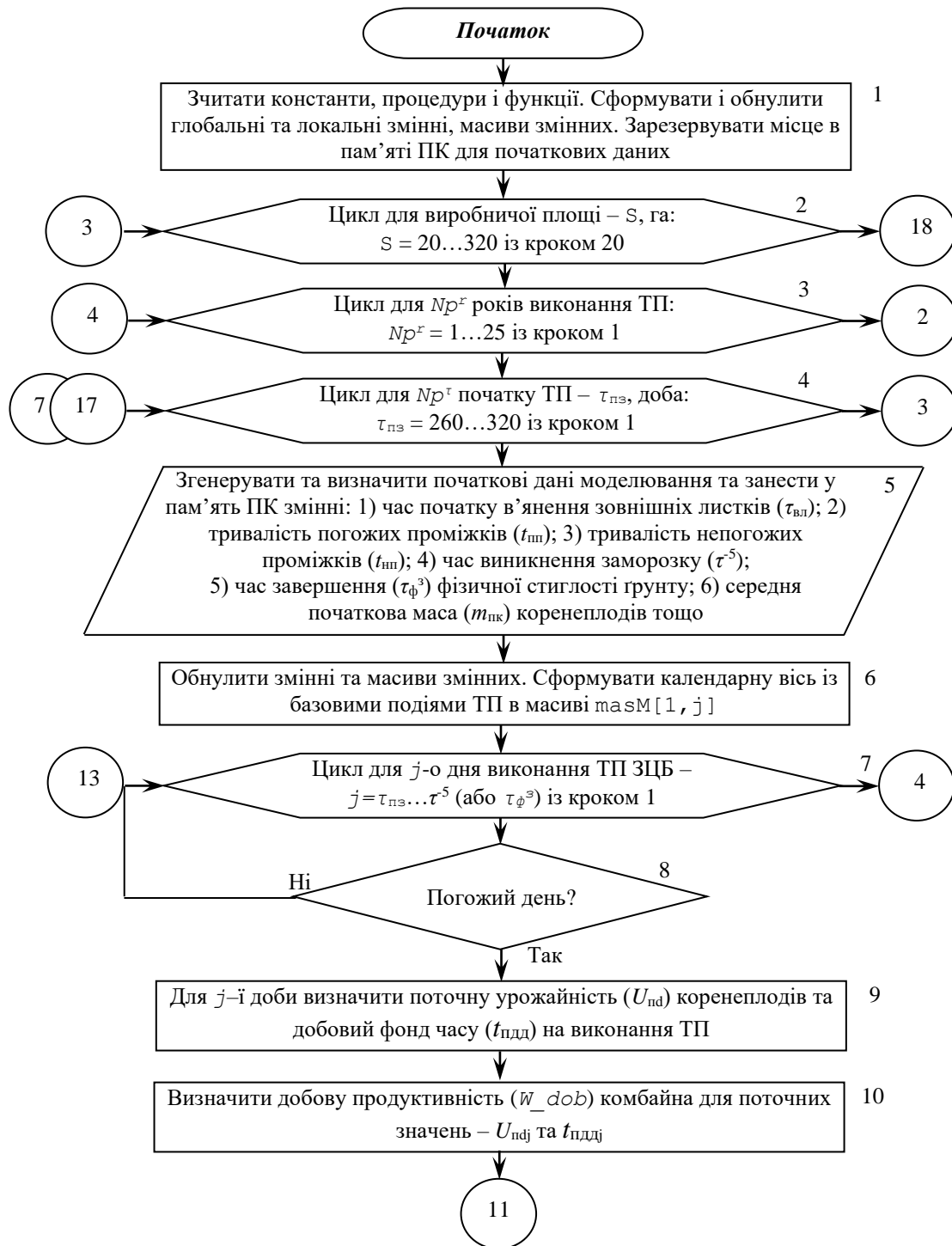


Рис. 3.3. Блок-схема алгоритму статистичної імітаційної моделі технологічних процесів збирання врожаю цукрових буряків

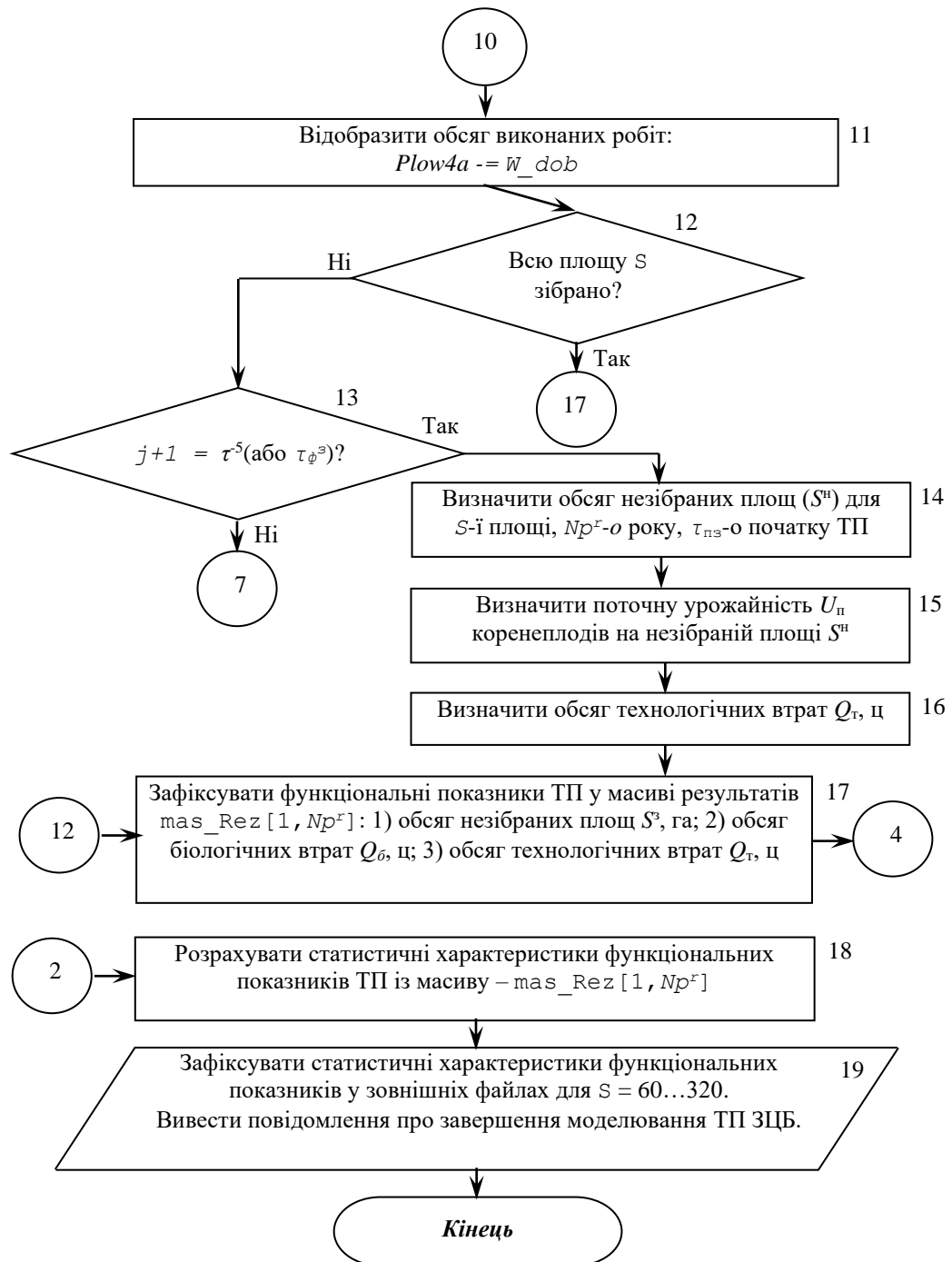


Рис. 3.3. Блок-схема алгоритму статистичної імітаційної моделі технологічних процесів збирання врожаю цукрових буряків (продовження)

Блок 6 призначений для обнулення масивів та змінних, що використовують у тілах циклів. Обнулення відповідних величин призначене для усунення можливих похибок між Np ітераціями. У цьому ж блоці

формується масив $masM[1, j]$, який використовує процедури формування календарної осі із означеними в п. 2.3 базовими подіями ТП ЗЦБ.

Блок 7 запускає внутрішній цикл для виконання ТП впродовж кожної j -ї доби осіннього календарного періоду. Передбачено, що ТП ЗЦБ можуть виконуватися в таких часових рамках – $j = \tau_{пз} \dots \tau^5$ (або τ_{ϕ^3} залежно від того яка подія настане швидше).

У блоці 8 виконується перевірка чи поточна j -а доба є погожою. Якщо "так" то компілятор переходить до 9 блоку. У разі коли умова не виконується ініціюється наступний крок циклу для наступної $j+1$ доби виконання відповідних ТП.

У блоці 9 для кожної j -ї доби визначають поточну урожайність ($U_{п}$) коренеплодів та добовий фонд часу ($t_{пдд}$) на виконання ТП (відповідно до методики описаної в п. 3.2).

Блок 10 призначений для визначення добової продуктивності (W_{dob}) комбайна відповідно до попередньо згенерованих значень – $U_{пj}$ та $t_{пддj}$. Це здійснюється завдяки генератору псевдовипадкових величин, що разом із оберненими функціями відповідних розподілів (див. табл. 3.4) дає змогу відобразити вплив природних складових (агрометеорологічної та біологічно-предметної) на W_{dob} і зафіксувати отримане значення в основному масиві статистичної імітаційної моделі – $masM[1, j]$.

У блоці 11 відображаються обсяги виконаних робіт в j -у добу – $Plow4a$ $-= W_{dob}$.

Блок 12 перевіряє умову, чи всю виробничу площу цукрових буряків зібрано? Якщо збирання площі S завершено то переходять до блоку 17 для запису функціональних показників ТП у масив результатів моделювання $mas_Rez[1, Np^r]$. Якщо умова не виконується то компілятор переходить до наступного блоку 13.

У цьому блоці відбувається перевірка умови – " $j+1 = \tau^5$ (або τ_{ϕ^3})?" чи наступний день не відповідає календарному дню виникнення заморозків

нижче -5°C , або дню завершення фізичної стиглості ґрунту після якого починається зимовий період. Якщо умова не виконується то компілятор переходить до блоку 7, який ініціює моделювання ТП ЗЦБ для наступного календарного дня. Коли умова блоку 13 виконується то компілятор послідовно виконує блоки 14, 15 та 16. В результаті цього у чисельному виразі визначаються функціональні показники ефективності – обсяг незібраних площ (S^H) для S -ї площі, Np^x -о року, $\tau_{пз}$ -о початку ТП, поточна урожайність $U_{п}$ коренеплодів на незібраній площі S^H та обсяг технологічних втрат $Q_{т}$.

Блок 17 призначений для запису функціональних показників ТП ЗЦБ масиві результатів $mas_Rez[1, Np^x]$: 1) обсяг незібраних площ S^3 , га; 2) обсяг біологічних втрат $Q_{б}$, ц; 3) обсяг технологічних втрат $Q_{т}$, ц. Виконання цього блоку є завершальним для циклу Np^x варіантів початку ТП, що зумовлює перехід до наступного Np^x і т.д. Коли буде виконано Np^x циклів для відповідних меж $\tau_{пз} = 260 \dots 320$ із кроком 1 то компілятор повернеться до блоку 3 і т.д.

Аналогічно для завершення циклів у блоках 3 та 2. Останній блок переводить компілятор до блоку 18 в якому запускаються процедури розрахунку статистичних характеристик функціональних показників ТП із масиву – $mas_Rez[1, Np^x]$.

Останнім виконується блок 19, яким фіксуються статистичні характеристики функціональних показників ефективності ТП ЗЦБ у зовнішніх файлах для $S = 60 \dots 320$ га. Наступним на екран монітору виводиться повідомлення про завершення моделювання.

3.3. Методика вартісного оцінення витрат на технологічні процеси збирання врожаю

Узгодження часу початку збирання, виробничої площі та технічного забезпечення (бурякозбиральних комбайнів) ТП ЗЦБ здійснюється на підставі вартісного критерію ефективності (E) – мінімальних питомих сукупних витрат коштів (B) на виконання ТП ЗЦБ:

$$E = f(B) \rightarrow \min. \quad (3.6)$$

Мінімальні питомі сукупні витрати коштів (B) ТП визначають із відомої формули [11]:

$$B = B_{\text{тн}} + B_{\text{тл}}, \quad (3.7)$$

де $B_{\text{тн}}$ - питомі експлуатаційні витрати, грн/га; $B_{\text{тл}}$ - питомі технологічні витрати, грн/га.

Визначення $B_{\text{тн}}$ та $B_{\text{тл}}$ здійснюється на підставі відповідних початкових даних (табл. 3.2), а також обсягів технологічних витрат ($Q_{\text{т}}$).

Питомі експлуатаційні витрати ($B_{\text{тн}}$, грн./га) на виконання ТП визначають із формули:

$$B_{\text{тн}} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (3.8)$$

де C_1 – оплата праці оператора (комбайнера, тракториста), грн/га; C_2 – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн/га; C_3 – відрахування на амортизацію технічного забезпечення, грн/га; C_4 – відрахування на поточний ремонт і то, грн/га.

Питомі технологічні витрати ($B_{\text{тл}}$, грн./га) коштів через підмороження коренеплодів визначимо із наступних формул:

$$B_{\text{тл}} = \frac{Q_m \cdot V_k}{S}, \quad (3.9)$$

$$Q_{\text{т}} = U_{nd} \cdot S^n, \quad (3.10)$$

де U_{nd} – поточна врожайність коренеплодів в d -у добу виникнення S^n , ц/га; V_k – ринкова вартість коренеплодів, грн/ц; S – виробнича площа цукрових буряків, га.

Таблиця 3.2. – Початкові дані для вартісного оцінення питомих сукупних витрат коштів у ТП ЗЦБ (станом на вересень 2024 р.)

Назва показника	СКС-624 «Палессе BS624-1»
Вартість комбайна (B), грн	5850000
Коефіцієнт амортизаційних відрахувань (a) на реновацію	0,10
Коефіцієнт відрахувань (p) на ТО і поточний ремонт	0,12
Годинна оплата праці ($З$) комбайнера, грн/год	350
Нормативне річне напрацювання (T_n), год	180
Середня годинна продуктивність комбайна ($W_{год}$), га/год	1,22
Витрата ПММ (C_n), кг/га	31
Вартість пального ($Ц_n$), грн/кг	56
Ринкова вартість врожаю, грн/ц	110,5

Встановлення цих показників дає змогу розробляти рекомендації щодо прийняття рішень стосовно термінів бурякозбиральних робіт, доцільності використання того чи іншого комбайна на відповідній площі із достиглим врожаєм.

РОЗДІЛ 4

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО СУПРОВОДУ РІШЕНЬ

4.1. Фрагмент коду на мові C# та головні елементи імітаційної моделі реалізованої в інтегрованому середовищі розробки *Visual Studio*

Як уже зазначалося в п. 2.1 інтегроване середовище розробки Visual Studio це потужний засіб для розробника програмного забезпечення, який можна використовувати для виконання всього циклу розробки в одному місці. Це комплексне інтегроване середовище розробки (IDE), яке можна використовувати для запису, редагування, налагодження та складання коду. А також виконання ключового етапу – розгортання програми. Visual Studio включає компілятори, засоби завершення коду, керування версіями, розширення та багато інших функцій для покращення кожного етапу процесу розробки програмного забезпечення.

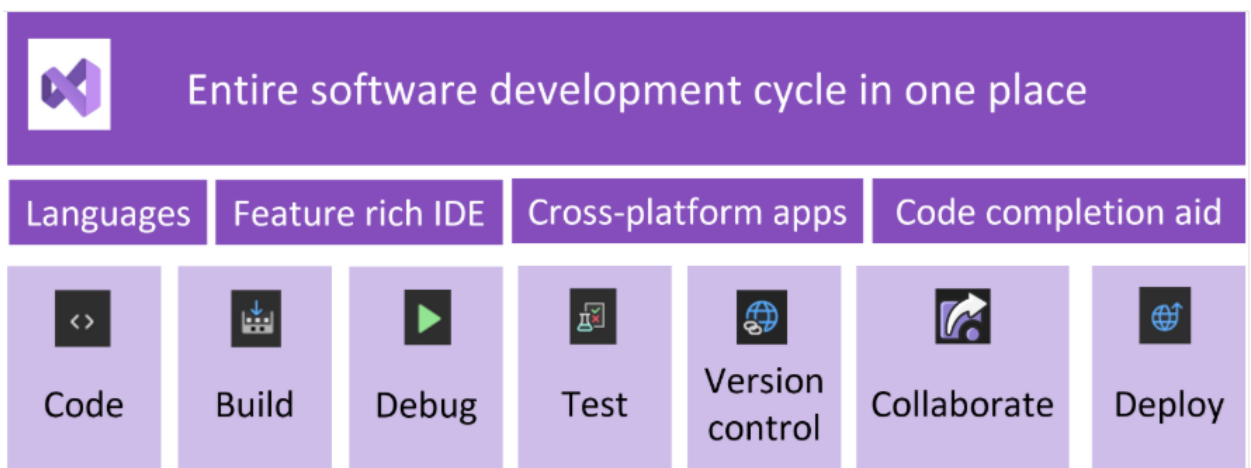


Рис. 4.1. Концепція «весь цикл розробки програмного забезпечення в одному місці» реалізована у Visual Studio

Інтегроване середовище розробки Visual Studio надає безліч функцій, що спрощують написання коду та керування ними. Наприклад, код швидко та точно компілюється за допомогою засобів розробки, а також штучного

інтелекту. До цих засобів відносяться GitHub Copilot та IntelliCode. Внесення швидких корективів у код за допомогою лампочок, які пропонують дії, розгортають або згортають блоки коду за допомогою структурування тощо. Упорядкування та вивчення коду за допомогою *Оглядача рішень*, що включає код, впорядкований за файлами, або представлення класів, який показує код, впорядкований за класами і т.д.

Зокрема, нами використано мову програмування C# та інтегроване середовище Visual Studio 2022 для написання коду програми імітаційної моделі проектів збирання врожаю цукрових буряків. Ця модель входить до складу інформаційно-аналітичної системи узгодження складових відповідних проектів аграрного виробництва.

Отже, фрагмент коду на мові C# наведений нижче:

```
namespace PDF_for_SB
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        Random rd = new Random();
        public int Start_pl = 120, start_Day = 260, end_Day = 350, i = 0,
        realiz = 10;
        StreamWriter rez_J, rez_4, rez_2, rez_Validation;

        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        //Процедури та функції // розподіл Вейбула
        public double veyb(double a, double b, double c, int min, int max)
        {
            double temp;
            do
            {
                temp = 0;
                temp = (c + a * Math.Exp((1 / b) * (Math.Log(-
(Math.Log(rd.NextDouble())))))));
            } while (temp < min || temp > max);
            return temp;
        }

        public double norm(double matemSpodiv, double sigma, double MIN,
double MAX)
        {
            double temp, r1, r2;
            do
```

```

    {
        temp = 0;
        r1 = rd.NextDouble();
        r2 = rd.NextDouble();
        temp = Math.Sqrt(-2 * Math.Log(r1)) * Math.Cos(2 * Math.PI *
r2) * sigma + matemSpodiv;
        if (temp >= MIN && temp <= MAX) break;
    } while (true);
    return (int)Math.Round(temp);
}

// формування ряду погожих і непогожих днів
int[] FormPogodu(int[] pogogiDni, int[] nepogogiDni, int zamoroz)
{
    //int start_Day = 258;
    int[] rez = new int[zamoroz]; // фонд часу між поч.робіт та
заморозком
    int position = 0;
    int temp;
    for (int j = 0; j < pogogiDni.Length && position < rez.Length;
j++)
    {
        temp = 0;
        while (temp < pogogiDni[j])
        {
            if (position == rez.Length) break;
            rez[position] = 1;
            temp++;
            position++;
        }
        temp = 0;
        while (temp < nepogogiDni[j])
        {
            if (position == rez.Length) break;
            rez[position] = 0;
            temp++;
            position++;
        }
    }
    return rez;
}
}

```

Продовження в дод. А.

Слід зазначити, що для реалізації програми використано набір бібліотек:

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;

```

```
using System.Windows.Forms;
using System.IO.
```

Кожна із них сукупно формує ресурси для коректної роботи імітаційної моделі (табл. 4.1).

Таблиця 4.1. Структура бібліотек C# що підтримують компіляцію імітаційної моделі проектів збирання цукрових буряків

№ п/п	Бібліотека	Призначення
1	2	3
1	System;	Містить основні класи та базові класи, що визначають часто використовувані значення та типи даних посилення, події та обробники подій, інтерфейси, атрибути та виключення обробки.
2	System.Collections.Generic;	Містить інтерфейси та класи, що визначають універсальні колекції, які дозволяють користувачам створювати строго типізовані колекції, що забезпечують кращу безпеку типів та продуктивність, ніж універсальні строго типізовані колекції.
3	System.ComponentModel;	Надає класи, що використовуються для реалізації поведінки компонентів та елементів керування під час розробки та виконання. Цей простір імен містить базові класи та інтерфейси для реалізації атрибутів та перетворювачів типів, прив'язки до джерел даних та ліцензування компонентів.
4	System.Data;	Надає доступ до класів, які представляють архітектуру ADO.NET. ADO.NET дозволяє створювати компоненти, що ефективно управляють даними з кількох джерел даних.

Продовження табл. 4.1.

1	2	3
5	System.Drawing;	Надає доступ до основних графічних функцій GDI+. Простір System.Drawing.Drawing2D імен , System.Drawing.Imaging та System.Drawing.Text надають більш розширені функціональні можливості. Обмеження див. у розділі Примітки.
6	System.Text;	Містить класи, які представляють кодування ASCII та Юнікоду; абстрактні базові класи для перетворення блоків знаків на блоки байтів і назад; допоміжний клас, який обробляє та форматує об'єкти String , не створюючи проміжні екземпляри String .
7	System.Windows.Forms;	Містить класи для створення програм Windows, які дозволяють найбільш ефективно використовувати розширені можливості інтерфейсу користувача, доступні в операційній системі Microsoft Windows.
8	System.IO;	Містить типи, що дозволяють читати і записувати файли та потоки даних, а також типи для базової підтримки файлів і папок.

Таким чином, використання програмного коду імітаційної моделі дає змогу виконати комп'ютерні експерименти та встановити закономірності головних функціональних показників у відповідних проектах.

4.2. Результати імітаційного моделювання робіт у технологічній системі

Використання розробленої статистичної імітаційної моделі ТП ЗЦБ здійснювалося за певною послідовністю, що лежить в основі розроблення рекомендацій у СППР для ефективного виконання робіт у технологічній

системі. За допомогою моделі отримано множину функціональних показників ефективності ТП.

Багаторазова реалізація (ітерація) комп'ютерної програми та опрацювання результатів дали змогу побудувати закономірності зміни функціональних показників ТП ЗЦБ, що є підставою для узгодження часу їх початку, виробничої площі культури та параметрів технічного забезпечення. На цій підставі СППР реалізовує свої головні функції щодо інформаційного супроводу рішень під час управління проектами виробничих систем.

Для встановлення впливу часу початку $\tau_{пз}$ ТП ЗЦБ на відповідні функціональні показники ефективності імітаційне моделювання виконано для різних варіантів часу початку цих ТП (від 260 до 300 доби, тобто 18 вересня – 28 жовтня), виробничої площі цукрових буряків (в межах 60-300 га із кроком приросту 20 га) та технічного забезпечення (див. дод. Б).

Опрацювання результатів моделювання ТП ЗЦБ (для $Np=50$ ітерацій моделі) дало змогу встановити вплив $\tau_{пз}$ на закономірності зміни наступних показників: 1) ймовірності виникнення технологічних (p/Q_T) втрат (рис. 4.2); 1) питомих обсягів технологічних втрат (Q_T) (рис. 4.3).

У кваліфікаційній роботі нами отримано закономірності для варіанту використання бурякозбирального комбайна – СКС-624 «Палессе BS624-1» і агрегату тракторна із причепом-перевантажувачем – ХТЗ-243К.20+Hawe Ruw 2500T (див. дод. Б) на площі – $S = 120$ га. Встановлення цих нелінійних залежностей (табл. 4.2) виконано за методами кореляційно-регресійного аналізу.

Як видно із встановлених закономірностей, для будь-якого $\tau_{пз}$ в ТП ЗЦБ виникатимуть втрати із відповідною ймовірністю (рис. 4.2), що є підставою використання вартісного критерію для узгодження відповідних складових ТС. Це також підтверджує цінність розробки інформаційної системи – СППР для узгодження $\tau_{пз}$ та виробничої площі S цукрових буряків із технічним забезпеченням за якого питомі сукупні витрати коштів ТП будуть мінімальними.

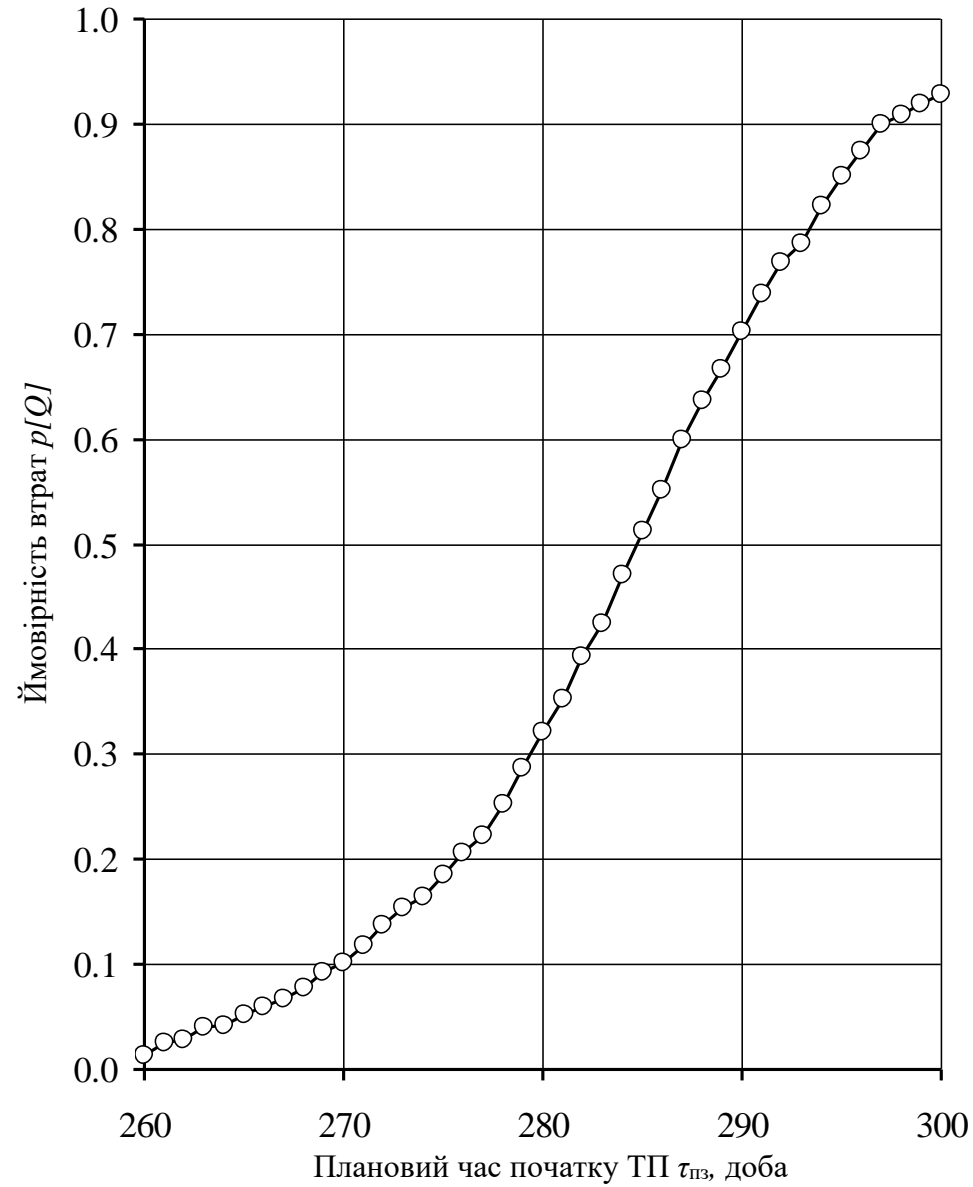


Рис. 4.2. Залежність ймовірності технологічних втраг цукрових буряків від часу початку ТП ЗЦБ

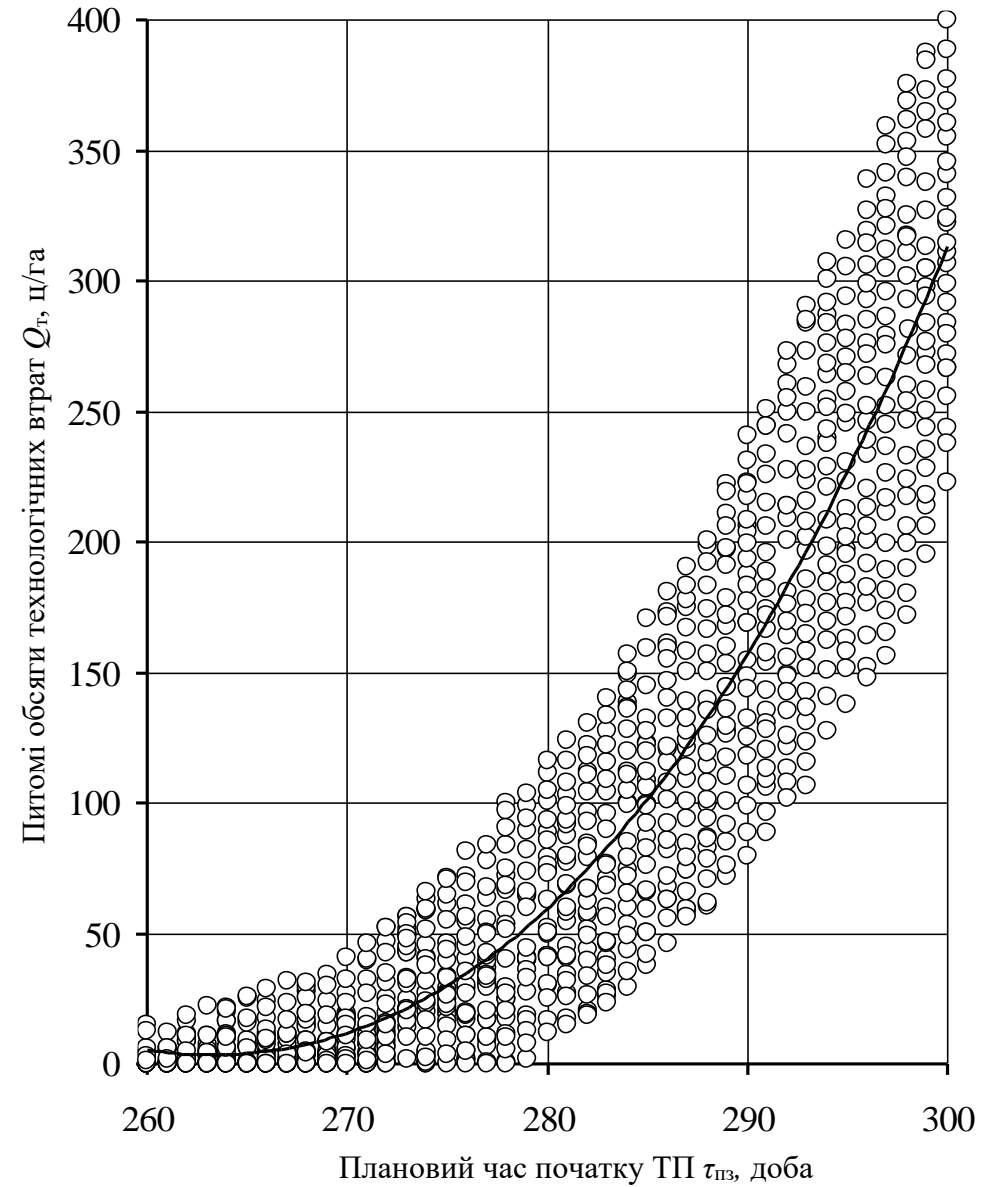


Рис. 4.3. Залежність питомих обсягів технологічних втраг цукрових буряків від часу початку ТП ЗЦБ

Таблиця 4.2. Рівняння залежності функціональних показників ТП ЗЦБ (СКС-624 «Палессе BS624-1»+ХТЗ-243К.20+Hawe Ruw 2500Т, виробнича площа – $S=120$ га)

Функціональний показник	Рівняння залежності	Кореляц. віднош-ня, n
Питомі обсяги технологічних втрат, ц/га	$Q_T = 8,826 \cdot 10^{-4} \cdot \tau_{ПЗ}^3 - 0,4756 \cdot \tau_{ПЗ}^2 + 66,256 \cdot \tau_{ПЗ} - 580,87$	0,872

Відповідно до отриманих залежностей, початок ТП у більш пізні терміни зумовлює збирання врожаю коренеплодів цукрових буряків із порівняно більшою їх масою, однак характеризується високою вірогідністю виникнення технологічних втрат. Ця вірогідність спричинена скороченням природно дозволеного фонду часу на виконання ТП, а також впливом агрометеорологічної складової.

Таким чином, моделювання робіт у проектах на підставі розробленої статистичної імітаційної моделі ТП ЗЦБ та опрацювання їх результатів дає змогу встановити статистичні закономірності зміни функціональних показників ефективності цих ТП. На цій підставі, виконується вартісне оцінення робіт та досягається наша мета – узгодити час початку та виробничу площу культури із технічним забезпеченням ТП ЗЦБ.

4.3. Результати імітаційного моделювання та узгодження змісту проектів збирання врожаю

Критерієм узгодження складових ТП є питомі сукупні витрати коштів. Для визначення цих вартісних показників встановлюються закономірності зміни функціональних показників ТП ЗЦБ за різного часу початку збирання, обсягів виробничої площі культури та технічного забезпечення. Ці закономірності отримано на підставі відповідних початкових даних (див. табл. 3.2) та

моделювання робіт завдяки розробленій статистичній імітаційній моделі. Такий підхід дає змогу визначити час початку $\tau_{пз}$ ТП та площу S культури для того чи іншого бурякозбирального комбайна.

Імітаційне моделювання виконано для заданого варіанту технічного забезпечення ТП ЗЦБ (див. дод. Б) бурякозбирального комбайна – СКС-624 «Палессе BS624-1», який обслуговується тракторним причепом-перевантажувачем ХТЗ-243К.20+НАВЕ RUW 2500Т.

Отже, встановлення функціональних показників ТП ЗЦБ та використання відомих методик їх вартісного оцінювання дало змогу визначити питомі сукупні витрати B , встановити раціональні значення $\tau_{пз}$, S та технічного забезпечення ТП ЗЦБ.

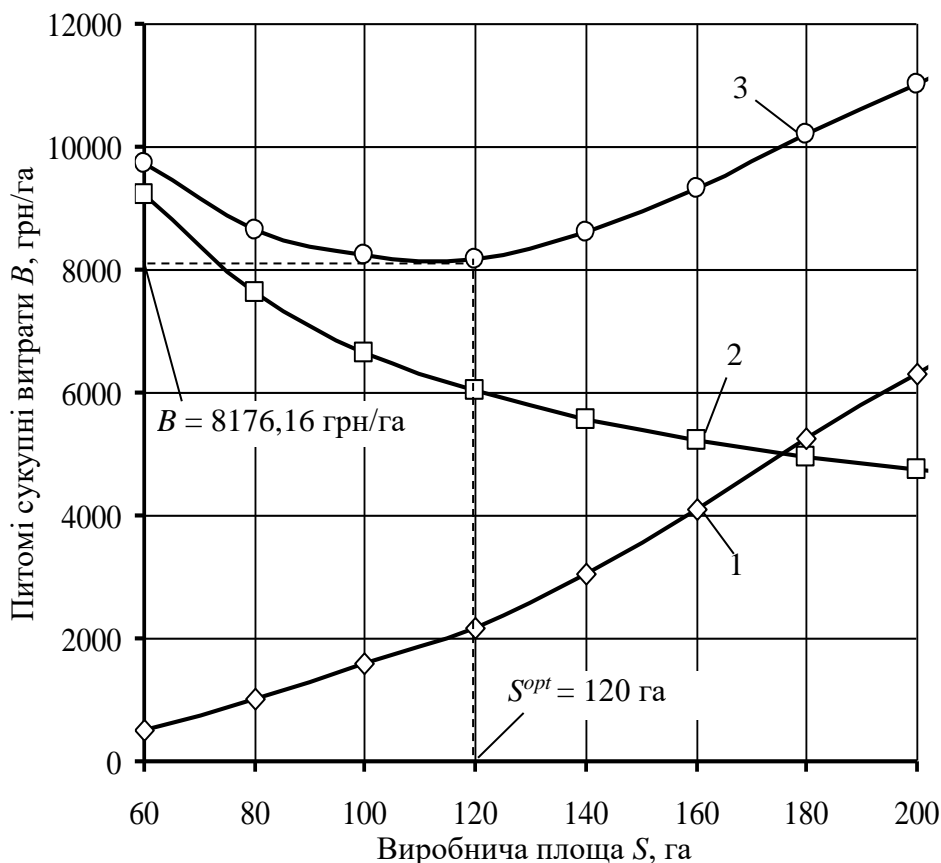


Рис. 4.4. Обґрунтування оптимальної виробничої площі цукрових буряків для комбайна СКС-624 «Палессе BS624-1» (час початку робіт – $\tau_{пз}=275$ доба):
 1 – питомі технологічні втрати врожаю; 2 – питомі експлуатаційні витрати;
 3 – питомі сукупні витрати

Розрахунки виконувалися на підставі чисельного методу, яким передбачалося для кожного значення аргумента (виробничої площі цукрових буряків – S , га) розрахунок питомих експлуатаційних витрат ($B_{\text{тн}}$, грн./га) та питомих технологічних витрат ($B_{\text{тл}}$, грн./га) ТП ЗЦБ (рис. 4.4).

Оптимальну виробничу площу для відповідного технічного забезпечення ТП визначено графоаналітичним методом: 1) графічно відображали залежності питомих експлуатаційних витрат $B_{\text{тн}}$, питомих технологічних витрат $B_{\text{тл}}$ та питомих сукупних витрат B коштів; 2) визначали площі за яких досягаються мінімальні значення функції питомих сукупних витрат B^{min} ; 3) визначали оптимальне значення (S^{opt}) виробничої площі культури для відповідного часу початку $\tau_{\text{пз}}$ ТП та технічного забезпечення.

Таблиця 4.2. Результати узгодження змісту проектів ЗЦБ

Технічне забезпечення ТП	Час початку ТП ЗЦБ $\tau_{\text{пз}}$, доба	Оптимальна виробнича площа S^{opt} , га	Питомі сукупні витрати коштів B , грн/га
СКС-624 «Палессе BS624-1»+ + ХТЗ-243К.20 + +Hawe Ruw 2500T	3 жовтня (275 доба)	120	8176,16

Отримані результати показують практичну можливість такого узгодження часу початку $\tau_{\text{пз}}$ ТП ЗЦБ, виробничої площі цукрових буряків S та параметрів технічного забезпечення за якого забезпечуються мінімальні питомі сукупні витрати коштів (табл. 4.2).

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Розробка логіко-імітаційної моделі виникнення травм і аварій

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня небезпеки для конкретного об'єкта [7]. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від явища, що досліджується.

Для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі створення мікрокліматичних умов у приміщенні оцінюють відповідні небезпечні події. Кожній із них присвоїмо ймовірність виникнення:

Шифр	Назва події	Ймовірність
P ₁	Відсутність захисного заземлення	0,02
P ₂	Пошкодження захисного заземлення	0,04
P ₃	Спрацювання складових захисту	0,1
P ₄	Неправильна експлуатація захисту	0,02
P ₅	Відсутність профілактичних заходів	0,2
P ₆	Відсутність захисного щита	0,12
P ₇	Недотримання правил вибору взуття	0,15
P ₈	Незнання правил техніки безпеки	0,1
P ₉	Відсутність засобів індивідуального захисту	0,2
P ₁₀	Легковажність	0,08

На основі наведених подій будемо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічна інтерпретація якої зображено на рис. 5.1.

Розрахуємо ймовірності виникнення подій, що формують логіко-імітаційну модель процесів створення мікрокліматичних умов. Розглянемо травмонебезпечну ситуацію, що виникає за умови роботи працівників із

електробезпекою.

Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу, отримаємо ймовірність події 13: $P_{13} = 0,2 + 0,4 - 0,2 \cdot 0,4 = 0,0592$.

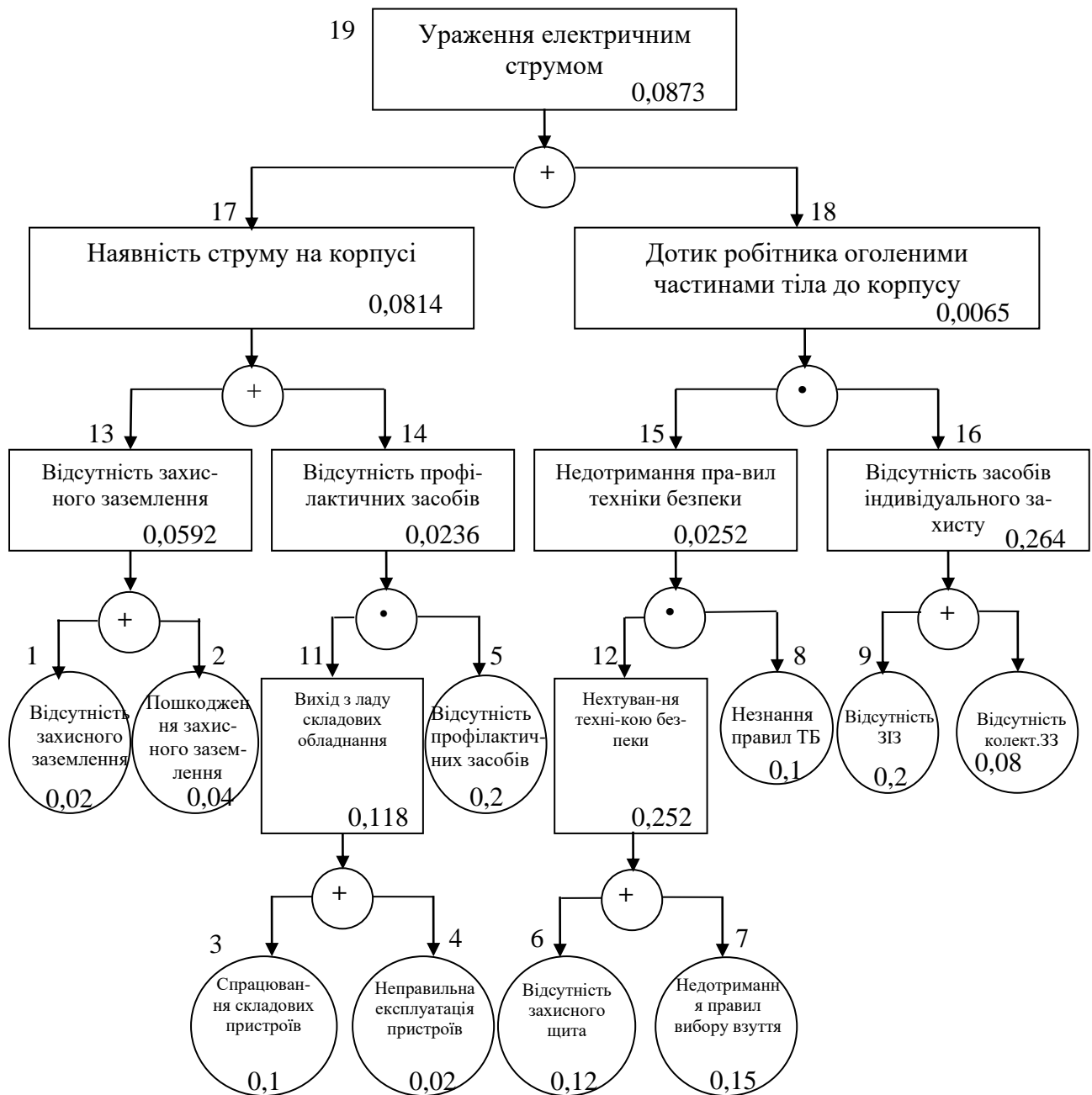


Рис. 5.1. Матриця логічних взаємозв'язків між окремими подіями травмонебезпечної ситуації [7]

Аналогічно визначаємо ймовірність інших подій:

$$P_{11} = P_4 + P_5 - P_4P_5 = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,118.$$

$$P_{12} = P_6 + P_7 - P_6P_7 = 0,3 + 0,5 - 0,3 \cdot 0,5 = 0,252.$$

$$P_{16} = P_9 + P_{10} - P_9P_{10} = 0,2 + 0,15 - 0,2 \cdot 0,15 = 0,264.$$

$$P_{14} = P_{11} \cdot P_5 = 0,118 \cdot 0,2 = 0,0236.$$

$$P_{15} = P_{12} \cdot P_8 = 0,252 \cdot 0,1 = 0,0252.$$

$$P_{17} = P_{13} + P_{14} - P_{13} \cdot P_{14} = 0,592 + 0,0236 - 0,0592 \cdot 0,0236 = 0,0814.$$

$$P_{18} = P_{15} \cdot P_{16} = 0,264 \cdot 0,0252 = 0,0065.$$

$$P_{19} = P_{17} + P_{18} - P_{17} \cdot P_{18} = 0,0065 + 0,0814 - 0,0065 \cdot 0,0814 = 0,0873.$$

Таким чином, ймовірність перекидання машини та наслідкового виникнення травми працівника є досить мала і становить – $P_{19} = 0,0873$.

5.2. Планування заходів із покращення умов праці

До заходів щодо покращення умов праці належать всі види діяльності, спрямовані на попередження, нейтралізацію або зменшення негативної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівників.

Рівень умов праці оцінюють порівнянням за фактичними і нормативними значеннями узагальнених (групових) показників.

Заходи щодо поліпшення умов праці здійснюють з метою створення безпечних умов праці шляхом:

- доведення до нормативного рівня показників виробничого середовища за елементами умов праці;
- захисту працівників від дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

До показників ефективності заходів щодо поліпшення умов праці належать:

- а) зміни стану умов праці:
 - зміна кількості засобів виробництва, приведених у відповідність до вимог стандартів безпеки праці;
 - покращання санітарно-гігієнічних показників;
 - покращання психофізичних показників, зменшення фізичних і нервово-психічних навантажень, в т.ч. монотонних умов праці;
- б) соціальні результати заходів:
 - збільшення кількості робочих місць, що відповідають нормативним

вимогам;

- зниження рівня виробничого травматизму;
- престиж та задоволення працею.

Отже, на покращення охорони праці потрібно виділити кошти на відновлення вентиляційних систем у ремонтних майстернях, естетично оформити приміщення офісу, відновити кабінет з охорони праці, поновити протипожежний інвентар.

5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Актуальність проблеми природно-техногенної безпеки для населення і території, зумовлена зростанням втрат людей, що спричиняється небезпечними природними явищами, промисловими аваріями та катастрофами [7]. У системі цивільної оборони окремого господарства необхідно забезпечити захист населення таким чином:

Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності, досягається створенням фонду захисних споруд.

Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

Передумови комп'ютеризації, яку переживає аграрний сектор, аналогічні іншим рынкам: оптимізація затрат фінансів та часу, підвищення точності розрахунків та планування. Крім того, почали з'являтися програмні комплекси та устаткування для високої швидкості впровадження новацій. Аграрії пізніше за всіх розпочали, але наздоганяють фінансову, промислову та інші галузі економіки.

Система підтримки прийняття рішень – інтерактивна комп'ютерна автоматизована система (програмний комплекс), що призначена для допомоги та підтримки різних видів діяльності людини під час прийняття рішень стосовно розв'язання структурованих, або неструктурованих проблем. Підвищена увага представників виробничої та ІТ галузі до методів розробки і впровадження СППР зумовила необхідність розробки програмних інструментів. Це вплинуло на появу нової концепції класифікації СППР – інструментального підходу.

Сьогодні використовують багато прикладних середовищ програмування. Усі вони мають різні інтерфейси, орієнтовані на різні мови програмування, мають різні набори можливостей. Всі вони мають як і плюси, так і мінуси. Одним з найпопулярніших середовищ програмування сьогодні є оболонка Visual Studio, розроблена корпорацією Microsoft. Вона має широкий спектр можливостей, дозволяє створювати додатки для Windows, Android та Linux мовами програмування C, C++, C#, F#, JavaScript, Visual Basic та Python.

Аналіз предметної галузі збирання врожаю цукрових буряків переконує в тому, що СГП зацікавлені починати технологічні процеси збирання врожаю цукрових буряків у пізні календарні терміни за яких середня маса (m) коренеплодів цукрових буряків є максимальною – $m \rightarrow m_{\max}$, а також збирати врожай цієї культури за якомога коротший термін.

Відображення ТП ЗЦБ в імітаційній моделі та розроблення програмного додатку моделі дає змогу врахувати вплив агрометеорологічних умов та процеси досягання врожаю культури в розрізі певного календарного періоду. Методика

відображення моделлю впливу цих природно процесів ґрунтується на загальновідомому підході генерування потоку вимог на виконання відповідних технологічних операцій та його обслуговування заданим технічним оснащенням ТП ЗЦБ.

З метою розроблення комп'ютерної програми імітаційної моделі технологічних процесів збирання врожаю нами розроблено блок-схему алгоритму цієї моделі, яка складається із 20 блоків. На підставі цього алгоритму створено комп'ютерну програму у середовищі MS Visual Studio 2022 C#, яка складається із 330 рядків та займає 380 кБ фізичної пам'яті.

Виконання комп'ютерних експериментів із статистичною імітаційною моделлю ТП ЗЦБ (із застосуванням комбайна СКС-624 «Палессе BS624-1») дало змогу встановити залежність функціональних показників Q_T від $\tau_{пз}$. Ці залежності переконують в тому, що за будь-якого $\tau_{пз}$ виникатимуть втрати в ТП ЗЦБ із відповідною ймовірністю, що є підставою використання вартісного критерію для узгодження часу початку збирання врожаю, площі збирання та технічного забезпечення ТП.

Моделювання робіт у проектах на підставі розробленої статистичної імітаційної моделі ТП ЗЦБ та опрацювання їх результатів дає змогу встановити статистичні закономірності зміни функціональних показників ефективності цих ТП. На цій підставі, виконується вартісне оцінення робіт та досягається наша мета – узгодити час початку та виробничу площу культури із технічним забезпеченням ТП ЗЦБ.

Застосування розробленої комп'ютерної програми імітаційної моделі, дало змогу узгодити час початку ТП, виробничу площу цукрових буряків та технічне забезпечення. Зокрема встановлено, що за початку бурякозбиральних робіт 3 жовтня (275 доба) із застосуванням технічного забезпечення – СКС-624 «Палессе BS624-1» та ХТЗ-243К.20+Наве Ruw 2500Т слід планувати площу збирання культури в обсязі – 120 га. Прийняття такого рішення дасть змогу із високою вірогідністю забезпечити значення питомих сукупних витрат коштів в обсязі – 8176,16 грн/га.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бідюк П.І. Моделювання та прогнозування нелінійних динамічних процесів / Бідюк П.І., Баклан І.В., Баклан Я.І., Коршевнік Л.О. та ін. К.: ЕКМО, 2014. 120 с.
2. Бідюк П. І. Прикладна статистика / П. І. Бідюк, В.Я. Данилов О.Л. Жиров. Вінниця : ПП "ТД"Едельвейс і К", 2013. 304 с.
3. Галаєва Л.В. Моделювання галузевої структури сільськогосподарського підприємства: практикум / Л.В. Галаєва, Н.Г. Шульга, Н.А. Рогоза. К. : НУБіП, 2018. 35 с.
4. Імітаційне моделювання. URL: https://stud.com.ua/98833/informatika/imitatsiyne_modelyuvannya. (дата звернення: 20.11.2024).
5. Комплексна система ІТ-рішень для управління агробізнесом. URL: <https://agrichain.com.ua/> (дата звернення: 20.11.2024).
6. Костюк В. О. Прикладна статистика: навч. посібник / В. О. Костюк; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 191 с.
7. Лехман С.Д. та ін. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б.І. Рябцев. К.: Урожай, 1993. 272 с.
8. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ "Українські технології", 2002. 800 с.
9. Моделювання та оптимізація систем: підручник / [Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., Усов А. В.] Вінниця : ПП «ТД«Еднльвейс», 2017. 804 с.
10. Обзор Тесноматіх. URL: <https://idealplm.ru/uEditor/files/4/Тесноматіх.pdf>. (дата звернення: 20.11.2024).
11. Пукас В.Л. Обґрунтування параметрів технічного забезпечення технологічних процесів збирання цукрових буряків: автореф. дис. ... канд. техн.

наук: 05.13.22. Львів, 2020. 22 с.

12. Спірін О. М. Зміст навчального матеріалу спецкурсу "Хмарні інформаційно-аналітичні технології у науково-дослідному процесі". Інформаційні технології і засоби навчання. 2016. Т. 52, вип. 2. С. 108-120.

13. Спічак В. С. Управління виробничо-технологічним ризиком у проектах збирання цукрових буряків : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» / В. С. Спічак. Львів, 2010. 23 с.

14. Теорія статистики: Навчальний посібник / Вашків П.Г., Пастер П.І., Сторожук В.П., Ткач Є.І. К.: Либідь, 2021. 320 с.

15. Томашевський В. М. Моделювання систем. К.: Видавнича група ВНУ, 2015, 352 с.

16. Томашевський В.Н., Жданова Е.Г. "Імітаційне моделювання засобами GPSS / РС." К.: ІЗМН, "ВІПОЛ", 1998. 123 с.

17. Філоненко К.Г., Вислоух С.П. Підвищення ефективності виробничих процесів засобами імітаційного моделювання. / Збірник праць Всеукр. НПК «ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ», К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. С. 148-151.

18. Ямпольський Л.С., Лавров О.А. Штучний інтелект у плануванні та управлінні виробництвом. К.: Вища школа, 2015. 254с.

19. Bratushka, S. M., Novak S. M., Khailuk S. O. Decision support systems [Systemy pidtrymky pryiniattia rishen], DVNZ «UABS NBU», Sumy, 2020. 265.

20. Digital universe of opportunities. URL: <http://www.emc.com/leadership/digital-universe/index.htm?pid=landing-digitaluniverse-131212> (дата звернення: 20.11.2024).

21. DroneUA – Ваш партнер у світі робототехніки. URL: <https://drone.ua/> (дата звернення: 20.11.2024).

22. Holsapple C. W. Decision Support Systems (a knowledge based approach) / Holsapple C.W., Whinston A.B. New York: West Publishing Company. 2023. pp. 860.

23. Hummingbird's mission is to scale regenerative agriculture through remote sensing. URL: <https://hummingbirdtech.com/> (дата звернення: 20.11.2024).

24. Kaushik, A. Web Analytics 2.0: The Art of Online Accountability and Science of Customer //Centricity (1st ed.). Indianapolis, IN: John Wiley & Sons. 2010

25. Plant Simulation. URL: <https://www.csoft.ru/catalog/soft/plant-simulation/plant-simulation.html>. (дата звернення: 20.11.2024).

ДОДАТКИ

Додаток А

Фрагмент коду комп'ютерної програми статистичної імітаційної моделі технологічних процесів збирання цукрових буряків

(програму середовище – C#, оболонка – *Microsoft Visual Studio 2022*)

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;

namespace PDF_for_SB
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        Random rd = new Random();
        public int Start_pl = 120, start_Day = 260, end_Day = 350, i = 0, realiz = 10;
        StreamWriter rez_J, rez_4, rez_2, rez_Validation;

        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        //Процедури та функції // розподіл Вейбула
        public double veyb(double a, double b, double c, int min, int max)
        {
            double temp;
            do
            {
                temp = 0;
                temp = (c + a * Math.Exp((1 / b) * (Math.Log(-
(Math.Log(rd.NextDouble())))))));
            } while (temp < min || temp > max);
            return temp;
        }

        public double norm(double matemSpodiv, double sigma, double MIN, double MAX)
        {
            double temp, r1, r2;
            do
            {
                temp = 0;
                r1 = rd.NextDouble();
                r2 = rd.NextDouble();
                temp = Math.Sqrt(-2 * Math.Log(r1)) * Math.Cos(2 * Math.PI * r2) *
sigma + matemSpodiv;
                if (temp >= MIN && temp <= MAX) break;
            } while (true);
            return (int)Math.Round(temp);
        }
    }
}

```

```

// формування ряду погожих і непогожих днів
int[] FormPogodu(int[] pogogiDni, int[] nepogogiDni, int zamoroz)
{
    //int start_Day = 258;
    int[] rez = new int[zamoroz]; // фонд часу між поч.робіт та заморозком
    int position = 0;
    int temp;
    for (int j = 0; j < pogogiDni.Length && position < rez.Length; j++)
    {
        temp = 0;
        while (temp < pogogiDni[j])
        {
            if (position == rez.Length) break;
            rez[position] = 1;
            temp++;
            position++;
        }
        temp = 0;
        while (temp < nepogogiDni[j])
        {
            if (position == rez.Length) break;
            rez[position] = 0;
            temp++;
            position++;
        }
    }
    return rez;
}

double bio_Vtr(int Doba, int end_FSG, double t_gr, double sum_t_pov, double
Masa_k)
{
    double t_pov = 0, bio_masa = 0;
    {
        for (int ii = Doba; ii < end_Day; ii++)
        {
            if (ii >= end_FSG | t_gr <= -5)//визначити недобір біологічного
врожая
            {
                double Masa_kor = 0;
                Masa_kor = Masa_k + (-0.0002 * Math.Pow(sum_t_pov, 2) + 0.588 *
sum_t_pov - 0.5122); // визначили масу кореня від приросту Sum_T_pov
                bio_masa = Start_pl * ((Masa_kor * 90000) / 100000);

                break; // завершення роботи якщо поч.зимми або заморозок
            }
            t_pov = ((0.0000084 * Math.Pow(ii, 3) - 0.007139 * Math.Pow(ii, 2)
+ 1.838 * ii - 130.43)
                + norm(0.356, 3.885, -17.3, 11.5));
            t_gr = (-0.0056 * Math.Pow(t_pov, 2) + 0.9306 * t_pov - 3.5335);
            if (t_pov > 6) sum_t_pov += (t_pov - 6);// обмеження за низькими
температурами в Sum_T_pov
        }
    }
    return bio_masa;
}

//МОДЕЛЬ
void model()
{

```

```

rez_J = new StreamWriter("rez_J.txt");
rez_4 = new StreamWriter("rez_4.txt");
rez_2 = new StreamWriter("rez_2.txt");
rez_Validation = new StreamWriter("rez_Validation.txt");

int[] GoodDay = new int[30];
int[] MalDay = new int[30];
int[] Pogoda = new int[150];

try
{
    for (int i = start_Day; i < end_Day; i++) // для кожного початкового
дня ТП
    {
        pogoda.Value = 0;
        double Jmov_Vtr = 0, Jmov_Vtr_bio = 0, Matsp_VZ = 0, Matsp_ZP = 0,
Matsp_ZV = 0, Matsp_VB = 0;

        for (int pogG = 0; pogG < realiz; pogG++) // 25 масивів погожих
днів
        {
            for (int G = 0; G < GoodDay.Length; G++)
            {
                GoodDay[G] = (int)veyb(5.665, 1.148, 1, 1, 21);
            }
            for (int pogM = 0; pogM < realiz; pogM++) // 25 масивів
непогожих днів
            {
                for (int M = 0; M < MalDay.Length; M++)
                {
                    MalDay[M] = (int)veyb(2.531, 1.080, 1, 1, 14); // !!!
                }
                Pogoda = FormPogodu(GoodDay, MalDay, Pogoda.Length);
                double Sum_Val_Zbir = 0, SumZ_P1 = 0, Sum_Z_Val = 0,
Sum_Vtr_bio = 0;

                int end_FSG=0;//визначення часу поч. ТП ЗЦБ

                for (int j = 0; j < realiz; j++) // 25 варіантів end_FSG
                {
                    end_FSG = (int)norm(319.452, 16.416, 281, 356);

                    for (int zamor = 0; zamor < realiz; zamor++) // 25
варіантів еф. температур, приросту кореня, заморозку
                    {
                        int Doba = 210, //start_Day-1,початок приросту ЦБ
p = 0, Den_Zamorozy_5 = 0;
                        double Plow4a = Start_pl, W_god = 0, k_zm = 1.5,
T_grynty = 0, T_povitrja = 0, Sum_T_pov = 0,
Val_Zbir = 0, Z_P1 = 0, Z_Val = 0, Vtr_bio =
0,

                        Sx_Sun = 0, Zx_Sun = 0, Tr_Sun = 0,
Masa_k = veyb(153.34, 1.681, 74, 74, 426);

                        do
                        {
                            T_povitrja = ((0.0000084 * Math.Pow(Doba, 3) -
0.007139 * Math.Pow(Doba, 2) + 1.838 * Doba - 130.43)
+ norm(0.356, 3.885, -17.3,
11.5));
                            T_grynty = (-0.0056 * Math.Pow(T_povitrja, 2) +
0.9306 * T_povitrja - 3.5335);

```

```

        if (T_povitrja > 6) Sum_T_pov += (T_povitrja -
6); // обмеження низьких температур в Sum_T_pov
        double Masa_kor = 0;
        Masa_kor = Masa_k + (-0.0002 *
Math.Pow(Sum_T_pov, 2) + 0.588 * Sum_T_pov - 0.5122); // визначили масу кореня від
приросту Sum_T_pov

        //+Тривалість Добового фонду часу на ТП
        Sx_Sun = -0.000021 * Math.Pow(Doba, 2) + 0.0457
* Doba - 4.46; //6.725 - 2.295 * Math.Sin(((Doba - 81) / 365) * 2 * Math.PI);
        Zx_Sun = 0.000099 * Math.Pow(Doba, 2) - 0.0929
* Doba + 35.998; //Math.Sin(((Doba - 81) / 365) * 2 * Math.PI) * 3.33 + 18.88;

        //-Тривалість Добового фонду часу на ТП

        if (Doba >= end_FSG | T_grynty <= -5) //чи немає
завершення ФСГ, або заморозку
        {
            Z_Pl = Plow4a; // незібрана площа
            Z_Val = (Plow4a * ((Masa_kor * 90000) /
100000)); // Втрачений Валовий врожай

            if (T_grynty <= -5) Den_Zamorozy_5 = Doba;

            break; // завершення роботи якщо поч.зими,
            або заморозок
        }

        Tr_Sun = (Sx_Sun < 8) ? Zx_Sun - 8 : Zx_Sun -
Sx_Sun;

        if (Pogoda[p + 1] == 0) //якщо завтра непогож.
тоді визначити Tr_Sun із випаданням дощу посеред дня
        {
            double rnd = rd.NextDouble(); //час
            double Dosh4 = 682.05 * Math.Pow(rnd, 6) -
2028.7 * Math.Pow(rnd, 5) + 2245.6 * Math.Pow(rnd, 4) - 1100.4 * Math.Pow(rnd, 3) +
192.19 * Math.Pow(rnd, 2) + 31.86 * rnd + 1.7662;
            if (Dosh4 > ((Sx_Sun < 8) ? 8 : Sx_Sun) &
Dosh4 < Zx_Sun) Tr_Sun = Dosh4 - ((Sx_Sun < 8) ? 8 : Sx_Sun); //якщо дощ до Sx_Sun чи
після Zx_Sun то ігнор.

            if (Tr_Sun < 1) Tr_Sun = 0; //роботи
            невиконуються коли фонд часу <1год.

            if (Pogoda[p] > 0 & Doba >= i) // щоденне
збирання
            {
                if (((Masa_kor * 90000) / 100000) < 200)
                W_god = 1.67; //врахувати вплив Masa_kor на W_god
                if (((Masa_kor * 90000) / 100000) > 600)
                {
                    W_god = 0.71;
                }
                else W_god = 0.000024 *
Math.Pow(((Masa_kor * 90000) / 100000), 2) - 0.0043 * ((Masa_kor * 90000) / 100000) +
2.4371;

                if (Plow4a < (W_god * Tr_Sun))
                {
                    Val_Zbir += (Plow4a * ((Masa_kor *
90000) / 100000));

                    Plow4a = 0;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

else
{
    Plow4a -= (W_god * Tr_Sun);
    Val_Zbir += ((W_god * Tr_Sun) *
((Masa_kor * 90000) / 100000));
}
}

if (Doba >= i) p++; // підрахунок діб для
Pogoda[p], ще відображає тривалість роботи техніки на полі
Doba++;
if (Plow4a <= 0) break; // завершення роботи
якщо поле зібране
} while (true);

Sum_Val_Zbir += Val_Zbir; // валовий збір, ц
SumZ_P1 += Z_P1; // втрачена площа, га
Sum_Z_Val += Z_Val; // валова втата, ц
Vtr_bio = bio_Vtr(Doba, end_FSG, T_gryntu,
Sum_T_pov, Masa_k)- Val_Zbir - Z_Val;
Sum_Vtr_bio += Vtr_bio; // біологічні втрати ЦБ, ц

rez_4.WriteLine("{0,-5}{1,-18}{2,-18}{3,-18}{4,-
18}", i, Math.Round(Val_Zbir, 3), Math.Round(Z_P1, 3), Math.Round(Z_Val, 3),
Math.Round(Vtr_bio, 3));

if (Z_P1 > 0) Jmov_Vtr++;
if (Vtr_bio > 0) Jmov_Vtr_bio++;
}
}

Sum_Val_Zbir = Math.Round((Sum_Val_Zbir / Math.Pow(realiz,
2)), 3);

SumZ_P1 = Math.Round((SumZ_P1 / Math.Pow(realiz, 2)), 3);
Sum_Z_Val = Math.Round((Sum_Z_Val / Math.Pow(realiz, 2)),
3);

Sum_Vtr_bio = Math.Round((Sum_Vtr_bio / Math.Pow(realiz,
2)), 3);

rez_2.WriteLine("{0,-7}{1,-10}{2,-10}{3,-10}{4,-15}", i,
Sum_Val_Zbir, SumZ_P1, Sum_Z_Val, Sum_Vtr_bio);

Matsp_VZ += Sum_Val_Zbir; // матем. сподівання
Matsp_ZP += SumZ_P1;
Matsp_ZV += Sum_Z_Val;
Matsp_VB += Sum_Vtr_bio;
}
pogoda.PerformStep();
}
Jmov_Vtr = Math.Round((Jmov_Vtr / Math.Pow(realiz, 4)), 3);
Jmov_Vtr_bio = Math.Round((Jmov_Vtr_bio / Math.Pow(realiz, 4)), 3);

Matsp_VZ = Matsp_VZ / Math.Pow(realiz, 2); Matsp_VZ =
Math.Round(Matsp_VZ, 3); //матем.спод. валового збору, ц
Matsp_ZP = Matsp_ZP / Math.Pow(realiz, 2); Matsp_ZP =
Math.Round(Matsp_ZP, 3); //матем.спод. втраченої площі, га
Matsp_ZV = Matsp_ZV / Math.Pow(realiz, 2); Matsp_ZV =
Math.Round(Matsp_ZV, 3); //матем.спод. валової втрати, ц
Matsp_VB = Matsp_VB / Math.Pow(realiz, 2); Matsp_VB =
Math.Round(Matsp_VB, 3); //матем.спод. біологічні втрати, ц

rez_J.WriteLine("{0,-7}{1,-7}{2,-7}{3,-15}{4,-15}{5,-
15}{6,-15}", i, Jmov_Vtr, Jmov_Vtr_bio, Matsp_VZ, Matsp_ZP, Matsp_ZV, Matsp_VB);

```



```
        PDF.PerformStep();
    }
}
finally
{
    rez_1.Close();
    rez_2.Close();
    rez_4.Close();
    rez_Validation.Close();
}

//masaKor = veyb(156.044, 1.622, 74, 74, 426);
MessageBox.Show("Моделювання завершено!", "PDF_for_SB",
MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.None);
}
private void Start_clik_Click(object sender, EventArgs e)
{
    pogoda.Maximum = (int) Math.Pow(realiz, 2);
    pogoda.Value = 0;
    pogoda.Step=1;
    PDF.Maximum=end_Day-start_Day;
    PDF.Value=0;
    PDF.Step=1;
    model();
}
}
}
```

Додаток Б.
Характеристики бурякозбиральних комбайнів та початкові дані для
вартісного оцінення питомих сукупних витрат коштів ТП ЗЦБ

Таблиця Б.1. Технічні характеристики бурякозбиральних комбайнів

Марка комбайна	Ширина міжрядь, см	К-ть рядків, шт	Потужність двигуна, кВт./к.с.	Середня питома витрата палива, кг/га	Місткість бункера, м ³	Висота вивантаження, м	Маса, кг
СКС-624 «Палессе BS624-1»	45, 50	6	290/395	31	24	1,7-4	25000

Таблиця Б.2. Технічні характеристики тракторних причепів-перевантажувачів для цукрових буряків

Марка причепа-перевантажувача	Агрегується із трактором, кВт./к.с.	Марка трактора	Місткість бункера, м ³	Максимальна швидкість переїздів, км/год	Висота вивантаження, м	Швидкість вивантаження, т/хв
Наве Ruw 2500Т	184/250	ХТЗ-243К.20	27	до 20	2,6-3,5	13-18