

**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: “ Моделювання вибору раціональних типів ресурсів для
виконання робіт у виробничих проєктах рослинництва з
використанням нейронних мереж ”**

Виконав: студент 6 курсу групи Іт-61
Спеціальності 126 – „Інформаційні системи та
технології”

(шифр і назва)

Шевців Роман Степанович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., в.о. доц. Падюка Р.І.

(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
Спеціальність 126 "Інформаційні системи та технології"

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

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

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Шевціву Роману Степановичу

1. Тема роботи: «Моделювання вибору раціональних типів ресурсів для виконання робіт у виробничих проєктах рослинництва з використанням нейронних мереж»

Керівник роботи Падюка Роман Іванович, к.т.н., в.о. доцент.

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

2. Строк подання студентом роботи 06.12.2024 р.

3. Початкові дані до роботи: 1.) Статистичні дані щодо наявності сільськогосподарської техніки; 2) Методи математичної статистики та кореляційно-регресійного аналізу; 3) Методика визначення показників економічної ефективності механізованих процесів у рільництві; 4) ДСТУ прикладної статистики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Аналіз стану питання в практиці та теорії

2. Обґрунтування, вибір та реалізація інструментарію вирішення задачі

3. Результати вирішення задачі

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Результати моделювання використання ресурсів під час реалізації виробничих проєктів рослинництва

Висновки та пропозиції.

Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Тема, автор, керівник магістерської роботи; Мета, завдання, об'єкт, предмет дослідження; Аналіз стану в практиці та теорії; Огляд основних видів штучних нейронних мереж; Системний підхід до управління ресурсами; Класифікація ресурсів у проєктах; Моделювання вибору раціональних типів ресурсів; Визначення втрат продукції проєкту за заданих технічних ресурсів;

Планування потреби у технічних ресурсах; Алгоритм комп'ютерної системи управління ресурсами; Результати моделювання та обґрунтування потреби у ресурсах для реалізації виробничих проєктів;

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	<i>Падюка Р.І., в.о. доцента кафедри інформаційних технологій</i>		
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання 16 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу та означення головних завдань роботи</i>	16.09.-30.09.24	
2	<i>Виконання другого розділу та формування головних показників для розрахунків</i>	01.10.-16.10.24	
3.	<i>Виконання третього розділу та формування початкових даних</i>	16.10.-30.10.24	
4.	<i>Виконання розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях</i>	01.11.-07.11.24	
6.	<i>Виконання п'ятого розділу та узагальнення отриманих результатів магістерської роботи</i>	08.11.-16.11.24	
7.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів графічної частини</i>	17.11.-25.11.24	
8.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	26.11.-05.12.24	

Студент _____ Шевців Р.С.
(підпис)

Керівник роботи _____ Падюка Р.І.
(підпис)

УДК 658.51:631.1

Моделювання вибору раціональних типів ресурсів для виконання робіт у виробничих проєктах рослинництва з використанням нейронних мереж – Шевців Р.С. Магістерська робота. Кафедра ІТ. – Дубляни, Львівський НАУ, 2024.

90 с. текст. част., 31 рис., 2 табл., 10 арк. графічної частини, 30 літ. джерел.

Проведено аналіз поточного стану виробництва продукції рослинництва та особливостей виконання проєктів в цій сфері, класифіковано ресурси у межах проєктів та та окреслено структуру процесів їхнього управління, досліджено основні поняття нейронних мереж та проаналізовано їх типові топології.

Завдяки здійсненому системному підходу до управління ресурсами у виробничих проєктах рослинництва окреслено основні принципи створення моделі вибору раціональних типів ресурсів для виконання проєктних робіт і здійснено узгодження робіт із подіями у виробничих проєктах.

Розроблено модель вибору раціональних типів ресурсів для виконання проєктних робіт з використанням нейронних мереж, здійснено моделювання прогнозування втрат продукту у виробничих проєктах та запропоновано підхід до управління виробничо-технічними ресурсами таких проєктів.

Розроблено алгоритм і блок-схему системи підтримки прийняття рішень для управління ресурсами у виробничих проєктах та здійснено верифікацію моделей використання ресурсів під час реалізації таких проєктів.

Запропоновано заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ В ПРАКТИЦІ ТА ТЕОРІЇ.....	9
1.1. Аналіз поточного стану виробництва продукції рослинництва та особливостей виконання проєктів в цій сфері.....	9
1.2. Класифікація ресурсів у межах проєктів та структура процесів їхнього управління	12
1.3. Основні поняття про нейронні мережі та штучні нейронні мережі	16
1.4. Типова топологія штучних нейронних мереж.....	21
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	25
2. ОБҐРУНТУВАННЯ, ВИБІР ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ.....	27
2.1. Системний підхід до управління ресурсами у виробничих проєктах рослинництва	27
2.2. Основні принципи створення моделі вибору раціональних типів ресурсів для виконання проєктних робіт у рослинництві	32
2.3. Узгодження робіт із подіями у виробничих проєктах рослинництва	38
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	45
3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ	46
3.1. Моделювання вибору раціональних типів ресурсів для виконання робіт у виробничих проєктах рослинництва з використанням нейронних мереж	46
3.2. Моделювання прогнозування втрат продукту у виробничих проєктах рослинництва	53
3.3. Підходи до управління виробничо-технічними ресурсами виробничих проєктів рослинництва	60
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	67
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69

	6
4.1. Структурно функціональний аналіз технологічного процесу.....	69
4.2. Моделювання процесу виникнення травм та аварій.....	69
4.3. Розробка логічно-імітаційної моделі травм	70
4.4. Розробка заходів щодо безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	75
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4.....	75
5. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС РЕАЛІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЕКТІВ РОСЛИННИЦТВА.....	76
5.1. Алгоритм і блок-схема розробленої системи підтримки прийняття рішень для управління ресурсами у виробничих проектах	76
5.2. Результати верифікації моделей використання ресурсів під час реалізації виробничих проектів рослинництва	81
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5.....	84
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	88

ПЕРЕДМОВА

Наразі аграрний сектор України відіграє вирішальну роль у продовольчій безпеці, що підтверджується як статистичними даними, так і прогнозами розвитку. Країна володіє значним потенціалом природних ресурсів, що дозволяє забезпечувати продовольством не тільки своє населення, а й інші народи. Для підвищення ефективності роботи аграрної галузі вже запущено кілька девелоперських проектів. Крім того, сільськогосподарські підприємства (СГП) займаються різними виробничими ініціативами. Слід зазначити, що виробничі проекти рослинництва (ВПР) мають велике значення, оскільки вони здійснюються в умовах обмеженості ресурсів. Ці проекти передбачають спільне використання ряду виробничих і технічних ресурсів, таких як підрядники, земельні ділянки, обладнання та приміщення для первинної обробки та зберігання продукції, для конкретних проектів. Відсутність цих ресурсів або їх неефективне використання може призвести до затримок у виконанні завдань ВПР, що призведе до втрат кінцевого продукту та зниження ефективності реалізації проекту.

Невирішеним залишається питання зменшення втрат від несвоєчасного виконання завдань у ВПР. Досягнення цього скорочення залежить від ефективного управління, що вимагає створення відповідних моделей, методів і алгоритмів для прийняття рішень щодо управління цими проектами. Це пояснюється тим, що поточні інструменти управління ресурсами в проектах не враховують унікальні характеристики сільськогосподарського виробництва, особливо у сфері вирощування рослинної продукції.

Мета роботи полягає в тому, щоб підвищити ефективність управління сільськогосподарським виробництвом і виробничими ресурсами шляхом розробки моделей і методів управління ВПР, враховуючи при цьому обмеження ресурсів і мінливе середовище цих проектів, використовуючи серед іншого нейромережні технології.

Для досягнення поставленої мети слід виконати такі *завдання*:

➤ провести аналіз поточного стану предметної галузі визначити характеристики різних типів цих ресурсів та означити характеристики та топологію існуючих нейронних мереж, що можуть бути використані для моделювання вибору раціональних типів ресурсів у проектах ;

➤ провести системний аналіз принципів і завдань, пов'язаних з управлінням виробничо-технічними ресурсами, окреслити фундаментальні принципи для розробки моделі, яка вибирає оптимальні види ресурсів для виконання робіт у рослинництві з використанням нейронних мереж;

➤ створити модель вибору оптимальних типів ресурсів для виконання завдань та обґрунтувати метод управління виробничо-технічними ресурсами для виробничих проектів рослинництва;

➤ розробити інструментарій для управління ресурсами у ВПР, що запропонує раціональну потребу у ресурсах ВПР для заданого проектного середовища, провести моделювання використання технічних ресурсів під час реалізації ВПР.

➤ оцінити витрати, пов'язані з втратами продукції в проектах з виробництва сільськогосподарських культур через затримки виконання робіт.

Об'єктом дослідження - це процеси управління виробничо-технічними ресурсами сільськогосподарського підприємства.

Предметом дослідження є моделі, методи та інструменти для управління ресурсами у виробничих проектах, а також показники використання ресурсів і втрат у ВПР і тенденції їх зміни під впливом зміни середовища проекту.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ В ПРАКТИЦІ ТА ТЕОРІЇ

1.1. Аналіз поточного стану виробництва продукції рослинництва та особливостей виконання проєктів в цій сфері

Рослинництво у сфері сільськогосподарського виробництва є життєво важливим для забезпечення продовольчої безпеки України [22]. Ця галузь відповідає за забезпечення населення продовольчими товарами, забезпечення кормами худоби, постачання сировини для переробної та легкої промисловості, сприяння зовнішній торгівлі. Сфера рослинництва охоплює різні галузі, в тому числі вирощування зернових, виробництво цукрових буряків, олійних культур, картоплі, овочів, кормових та інших культур.

Нині численні сектори сільськогосподарського виробництва стикаються зі значними проблемами, причому багато середніх і малих сільськогосподарських виробників працюють збитково. Для вирішення цього питання необхідно реалізувати кілька виробничих проєктів та розробити інструменти управління, які підвищать ефективність рослинництва в цих середніх та малих сільськогосподарських підприємствах.

З кожним роком в Україні помітно зростають витрати на сільськогосподарську продукцію, зокрема на вирощування сільськогосподарських культур. Цей різкий сплеск виробничих витрат спричинений значним підвищенням цін на ресурси, включаючи технічне обладнання, паливно-мастильні матеріали, мінеральні та органічні добрива, засоби захисту рослин, енергоносії та заробітну плату — усі необхідні для виконання виробничих проєктів. Отже, кожному сільськогосподарському підприємству вкрай важливо ретельно планувати виробничі проєкти, особливо щодо витрат ресурсів, передбачити всі етапи виконання робіт і вартість одержуваної продукції.

Нестабільність сільськогосподарського виробництва в ринкових умовах відображається не тільки в ефективності, але й у використанні ресурсів, які впливають на цю ефективність. Отже, процеси, пов'язані з управлінням ресурсами, мають важливе значення для ефективного планування виробничих ініціатив. Для досягнення найкращих результатів при мінімізації витрат ресурсів (таких як трудові, технічні, матеріальні, фінансові тощо) цей фактор необхідно враховувати. Крім того, природні ресурси, зокрема земля та її ґрунти, мають вирішальне значення для визначення цінності ініціатив у сфері рослинництва, які служать основою для досягнення високих сільськогосподарських урожаїв, що в кінцевому підсумку визначає цінність продукції, створеної цими проектами.

Щоб оцінити вартість виробничих проектів у рослинництві, важливо спочатку визначити витрати на реалізацію та оцінити ринковий аспект, який визначається вартістю сільськогосподарської продукції на основі її якості. Водночас важливе значення мають виробничо-технічні ресурси сільськогосподарських підприємств, до яких належать виробничі площі (земельні ділянки), призначені для вирощування сільськогосподарських культур, а також машини, споруди та обладнання, необхідні для первинної обробки та зберігання продукції та ін.

Основним керованим ресурсом сільськогосподарських підприємств є їх машинно-тракторний парк (МТП), оскільки виробничі площі (земельні ділянки), призначені для вирощування сільськогосподарських культур, як правило, залишаються стабільними протягом усього терміну експлуатації цих підприємств. Цей парк складається переважно з тракторів, сільськогосподарської техніки та комбайнів.

Проведення аналізу площ посівів сільськогосподарських культур у 2022 р. (рис. 1.1) показує, що в їх складі переважають зернові та зернобобові культури, зокрема озима та яра пшениця, кукурудза на зерно, ячмінь, гречка. Це домінування служить основою для вибору ресурсів у ініціативах щодо вирощування сільськогосподарських культур, узгоджуючи їх із визначеною технологією вирощування цих конкретних культур.

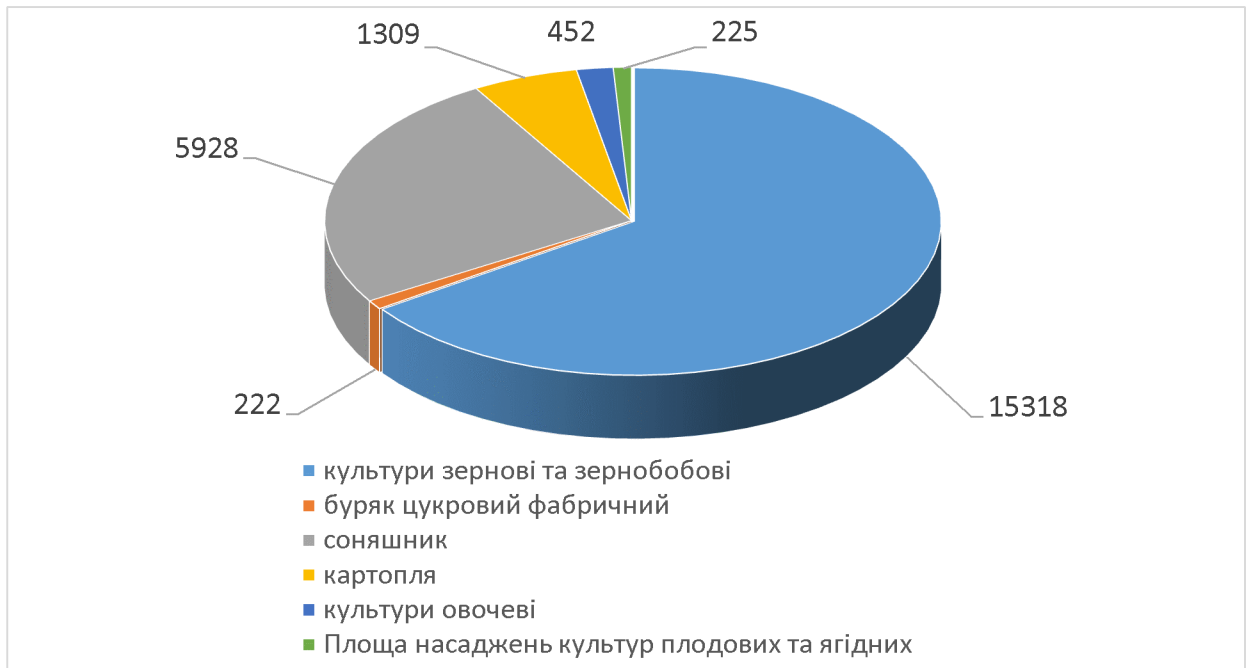


Рис. 1.1. Структура посівних площ під сільськогосподарськими культурами за 2021 рік (в умовах військового стану новіші дані недоступні)

Різні типи сільськогосподарської техніки використовуються на багатьох етапах виробництва, включаючи підготовку ґрунту, сівбу, догляд за культурами та збирання врожаю, для реалізації ініціатив щодо рослинництва. Щоб оцінити, наскільки сільгосппідприємства забезпечені цими ресурсами, можна проаналізувати загальнодоступні дані з бюлетенів Держстату, зокрема «Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві» за 2000-2021 роки.

Наявність сільськогосподарської техніки в сільськогосподарських підприємствах має різноманітну структуру. Як показано на схемі (рис. 1.4), домінуючими компонентами цієї структури є сівалки різних типів, вантажна техніка, вантажопасажирська техніка та тягачі.

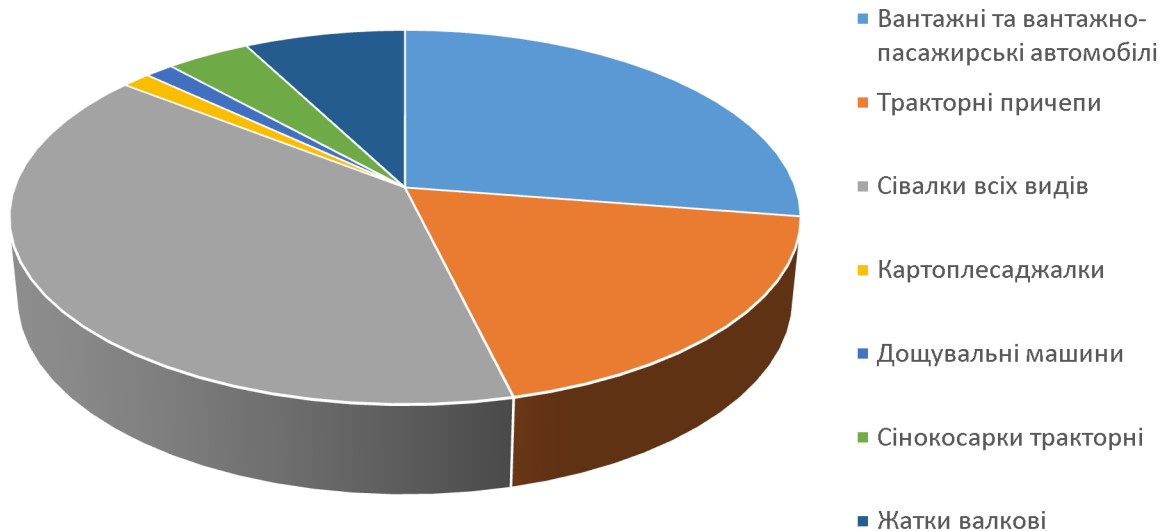


Рис. 1.2. Склад різних категорій сільськогосподарської техніки, яка використовується в сільськогосподарських підприємствах за 2021 рік (в умовах військового стану новіші дані недоступні)

Загалом, виходячи з оцінки розподілу ресурсів у галузі рослинництва, можна зробити висновок, що конфігурація земельних ресурсів в основному залишається стабільною. Проте відбулися зміни в кількості наявного технічного обладнання. Еволюція як кількості, так і структурного складу сільськогосподарської техніки зумовлена постійним прогресом у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Крім того, варіації в кількості та типах технічного обладнання, що використовується для стабільних посівних площ, є вирішальними факторами для проведення досліджень щодо планування ресурсів для галузі рослинництва, що значно впливає на вартість отриманої продукції.

1.2. Класифікація ресурсів у межах проектів та структура процесів їхнього управління

В управлінні проектами управління ресурсами відіграє вирішальну роль у забезпеченні постійної доступності технічного обладнання та матеріалів,

координації трудових ресурсів і нагляді за дотриманням рішень щодо використання ресурсів проекту. Це життєво важливий елемент управління виробничим проектом, спрямованим на досягнення бажаних результатів. Цей аспект менеджменту охоплює процеси, пов'язані з плануванням трудових, матеріально-технічних ресурсів, а також закупівлями, постачанням, розподілом, обліком і контролем.

Організація завдань по виконанню виробничих проектів, пов'язаних з рослинництвом, планується за встановленими термінами, охоплює вимоги до ресурсів для кожного виду робіт. Управління ресурсами проекту передбачає участь у створенні та плануванні робочого плану для всього життєвого циклу проекту, нагляд за ходом виконання завдань, забезпечення дотримання стандартів виконання та формулювання рекомендацій щодо будь-яких необхідних коригувань використовуваних ресурсів.

При самостійній оцінці матеріально-технічних ресурсів управління ресурсами охоплює їх закупівлю та розподіл. Одночасно процеси планування цих ресурсів полегшують вибір постачальників, доставку матеріалів і управління контрактами від початку до укладення.

Для виробничих проектів враховуються такі види ресурсів (рис. 1.3):

1. Природні ресурси включають землю, воду, атмосферу та космос.
2. Техніко-виробничі - знаряддя виробництва, робочі матеріали та ін.
3. Ресурси, пов'язані з працею (розбиті на групи);
4. Матеріали для кінцевих користувачів продукту проекту;
5. Ресурси інформації – освітні можливості, культурні цінності та наукові можливості;
6. Грошові активи - інвестиції в капітал, кредитні кошти тощо.
7. Ресурси ззовні - такі як валютні резерви, міжнародні торгові зв'язки тощо.

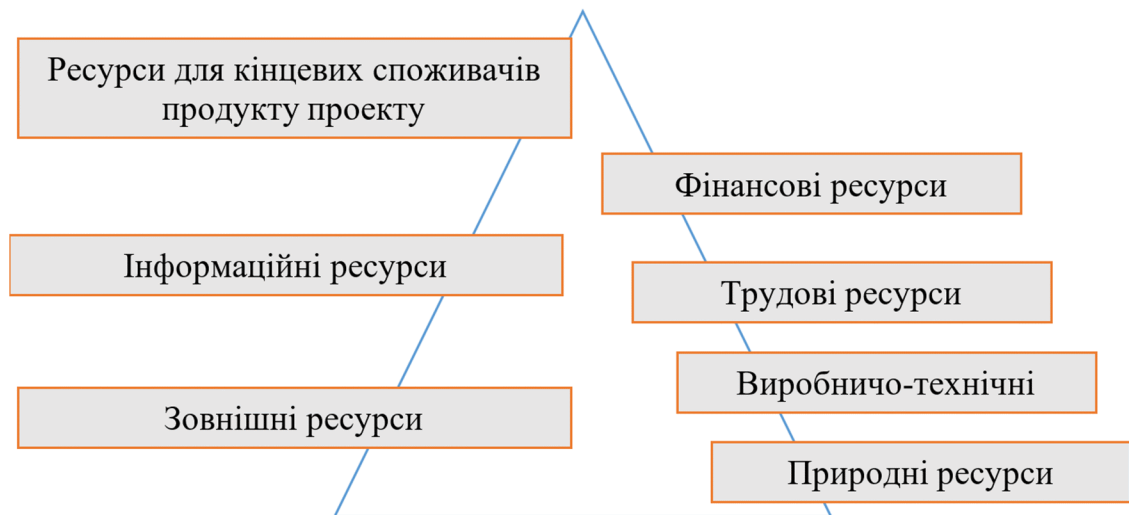


Рис. 1.3. Піраміда ресурсів виробничих проектів.

Щоб полегшити роботу над проектом, ресурси, згадані вище, класифіковані таким чином [5]:

✓ Матеріально-технічні ресурси, які включають сировину, таку як матеріали, конструкції та компоненти; енергетичні ресурси; паливо; і технологічні ресурси, такі як машини, механізми та обладнання.

✓ Трудові ресурси, які безпосередньо взаємодіють з матеріально-технічними ресурсами, включаючи працівників, залучених до виконання завдань, серед інших.

Одночасно можна виділити дві основні категорії ресурсів: □ невідновлювані, накопичувальні та накопичувальні ресурси; □ відновлювані, запасні та неакумулюючі ресурси. Під час виконання проекту відбувається повне використання невідновлюваних ресурсів, у тому числі накопичувального та накопичувального типів, що перешкоджає їх повторному використанню. Ресурси, які залишаються невикористаними протягом певної фази життєвого циклу проекту, можуть бути використані в майбутньому [62]. Іншими словами, ці ресурси доцільно накопичувати для подальшого використання резервів. Тому їх часто називають ресурсами «енергетичного» типу. Приклади таких ресурсів включають паливо, робочу силу, наявну робочу силу та фінансові ресурси.

Під час реалізації проекту відновлювані запаси та ненакопичувані ресурси зберігають свій природний і матеріальний стан, що дозволяє їх подальше використання в інших проектах у результаті їх застосування [63]. Коли ці ресурси залишаються бездіяльними, їх невикористаний потенціал не компенсується і не накопичується. Отже, їх часто називають ресурсами «потужності». Яскравими прикладами таких ресурсів є трудові ресурси та технічне обладнання багаторазового використання.

У роботі [6] пропонується матеріально-технічне забезпечення виробничих проектів здійснювати шляхом виконання кількох процесів, проілюстрованих на рис. 1.4.

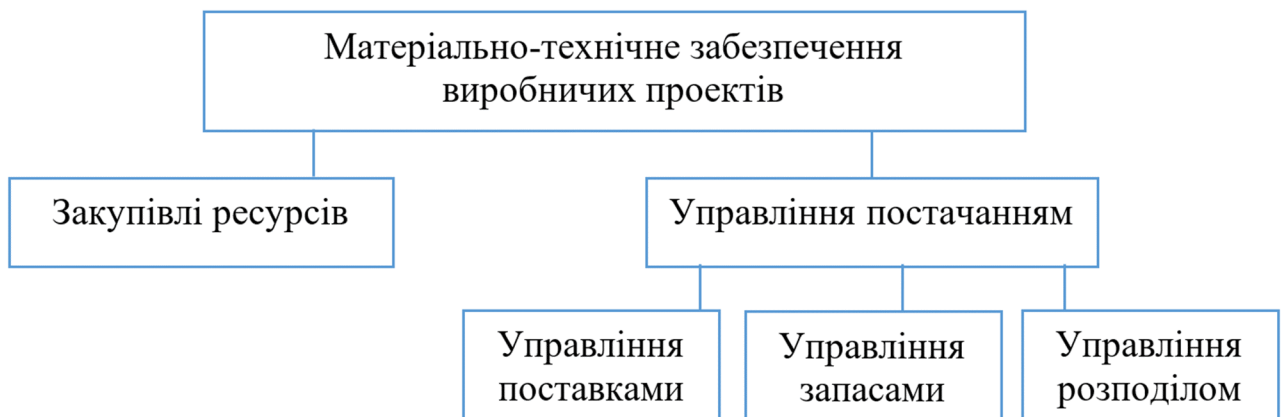


Рис. 1.4. Порядок матеріально-технічного забезпечення виробничих проектів [5]

Результатом планування закупівель ресурсів за договором є формування закупівельної документації, яка визначає принципи, терміни, розміри вартості та інші особливості. Тепер розглянемо структурну модель управління ресурсами, запропоновану в [62] (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Структурна модель управління ресурсами проекту [5]

Структурна модель управління ресурсами в проектах служить надійним орієнтиром для управління ресурсами в проектах рослинництва. Однак ці процеси не можуть бути повністю застосовані до таких виробничих проектів через те, що вони базуються на отриманні ресурсів. Крім того, значні витрати, пов'язані з виробничими та технічними ресурсами, створюють проблеми, оскільки окремі сільськогосподарські підприємства часто не мають засобів для закупівлі необхідних ресурсів на ринку. Така ситуація призводить до ускладнень і підкреслює необхідність впровадження процесів управління, спрямованих на оптимізацію використання наявних ресурсів при визначенні раціональних стратегій їх застосування, враховуючи мінливі виробничі та кліматичні фактори в проектному середовищі.

1.3. Основні поняття про нейронні мережі та штучні нейронні мережі

Нейрон є основним і важливим компонентом будь-якої нейронної системи, а групи цих нейронів разом створюють нейронну мережу. Рисунок 1.6 ілюструє структуру біологічного нейрона.

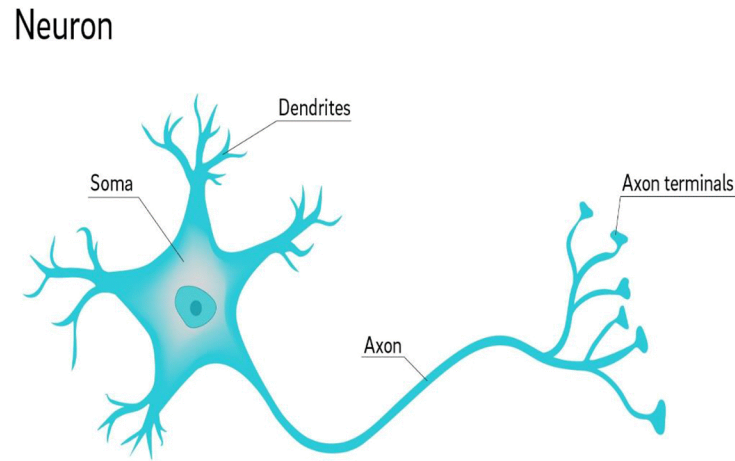


Рис.1.6. Схема будови біологічного нейрона [9]

За певних умов кожен нейрон передає інформацію наступним нейронам через аксон і його закінчення. Уточнюючи наше розуміння нейронних мереж, ми виявляємо, що вони являють собою паралельну систему, здатну вирішувати завдання, які традиційна лінійна система важко вирішує. Ці мережі знаходять успішне застосування в різних областях, включаючи медицину, обробку мови та візуальних даних, обробку сигналів, бізнес, розпізнавання образів тощо. Крім того, технології нейронної мережі є невід'ємною частиною парадигми машинного навчання. У цьому контексті перед системою поставлено завдання розв'язувати проблеми, використовуючи лише емпіричні дані, спираючись на базовий розподіл ймовірностей. Крім того, були проведені численні дослідження в області нейронних мереж, щоб покращити наше розуміння людського мозку; наприклад, проект Blue Brain Project має на меті відтворити людський мозок у суперкомп'ютері. Ця ініціатива спрямована на точне моделювання мозку та його функцій, але вона вимагає величезної обчислювальної потужності — настільки,

що моделювання одного нейрона потребує обчислювальних можливостей, еквівалентних можливостям ноутбука.

Поряд із радикальними підходами, існують бібліотеки програмування та інструменти, які дозволяють створювати менші штучні нейронні мережі, підкріплені експериментами, які успішно емулюють штучні нейрони в апаратному забезпеченні. Ці дослідження показують, як масове паралельне програмування може полегшити реалізацію штучної нейронної мережі з використанням GPU комп'ютера, використовуючи переваги його паралельної архітектури. Для деяких додатків графічні процесори можуть значно перевершувати традиційні процесори з точки зору обчислювальної потужності та пропускної здатності. Ця перевага впливає з їх складу з численних ядер, кожне з яких здатне обробляти широкий спектр завдань одночасно, що робить їх особливо придатними для реалізації нейронної мережі, де паралельне виконання процесів є важливим. Отже, прогрес у секторі графічних процесорів призводить до розвитку швидших і ефективніших нейронних мереж, оскільки архітектура сучасних графічних процесорів сприяє ширшому підходу до програмування для штучних мереж, дозволяючи розробникам ігнорувати графічні компоненти, які раніше потребували спеціального програмного забезпечення.

Знайомі нам цифрові комп'ютери володіють дивовижними обчислювальними здібностями, що дозволяє їм виконувати мільйони математичних операцій за частки секунди — ефективності, якої люди можуть лише прагнути. Однак навіть найдосконаліший сучасний комп'ютер важко справляється із завданнями, з якими може легко впоратися базова біологічна нейронна мережа. Щоб усунути це обмеження, перші спроби створити штучні нейронні мережі почалися в 1940-х роках, спонукані бажанням людства глибше зрозуміти функції мозку та відтворити його обчислювальні можливості, хоча й частково. У той час через високу вартість впровадження та технологічні обмеження ці штучні нейронні мережі були обмежені лише декількома нейронами. Найзначніший прогрес у цій галузі відбувся у 1980-х роках, період, відзначений широким впровадженням комп'ютерів. У цю епоху різко зріс

інтерес до нейронних мереж, що призвело до винаходу нових типів штучних нейронних мереж та інноваційних методів навчання, які дозволили їм вирішувати дедалі складніші проблеми. Нещодавній технічний прогрес відкрив нові можливості, дозволяючи створювати нейронні мережі в безпрецедентних масштабах за допомогою спеціалізованих комп'ютерів.

Штучні нейронні мережі складаються з нейронів, подібних до їхніх біологічних аналогів, і існують різні моделі, які відтворюють поведінку цих біологічних нейронів. Однак через складну природу процесів, що відбуваються в біологічних нейронах, спроба ідеально відтворити їхні методи обробки та передачі інформації виявляється вкрай неефективною та надто дорогою. Отже, ранні штучні мережі вибрали спрощену модель нейрона, яка використовує числові значення — як цілі числа, так і значення з плаваючою комою — замість серії імпульсів, де вхідні та вихідні значення відповідають частоті імпульсів, що зустрічається в природних нейронах.

Замість синапсу штучні нейрони використовують суматор із фіксованою константою. Вага множить вхідний сигнал до суматора, імітуючи різні синаптичні поведінки; більші значення ваги відповідають більшому вивільненню нейромедіаторів, тоді як менші ваги призводять до меншого. У процесі навчання в штучних нейронних мережах встановлюються ваги, після чого вони зазвичай залишаються незмінними. Рисунок 1.7 ілюструє базову модель штучного нейрона.

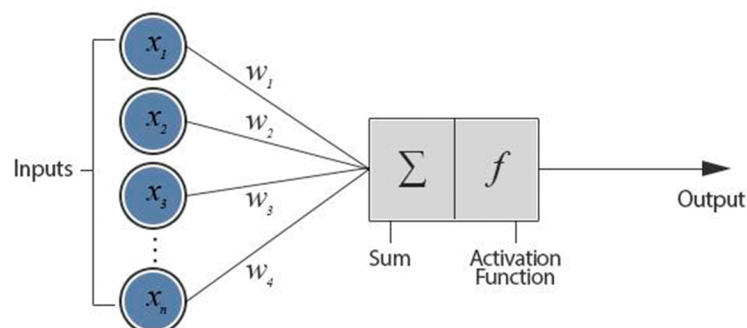


Рис. 1.7. Базова модель штучного нейрона

Де $x_1 - x_n$ – вхідні сигнали, $w_1 - w_4$ – їх ваги, Sum – суматор, f – функція активації.

Дані подаються в суматор, який повторює функціонування нейрона; певні штучні нейрони можуть додатково включати коефіцієнти зміщення або корекції. Коли вхідні дані підсумовуються суматором, ця сума передається до функції активації, де вона піддається обробці, що імітує нелінійні властивості потенційних змін у біологічних нейронах.

Функція тотожності, ступінчаста функція та сигмоїдна функція є найбільш часто використовуваними функціями активації, причому функція гіперболічного тангенса служить заміною сигмоїдної. Ці функції проілюстровано на рис. 1.8, де:

1. Функція тотожності;
2. Ступінчаста функція;
3. Сигмоїдна функція;
4. Функція гіперболічного тангенса.

$$(1) \quad i(x) = x$$

$$(2) \quad (x) = \begin{cases} -1, & x < -\theta \\ 0, & -\theta \leq x \leq \theta \\ 1, & x > \theta \end{cases}$$

$$(3) \quad g(x) = \frac{1 - e^{-\sigma x}}{1 + e^{-\sigma x}}$$

$$(4) \quad h(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

Рис. 1.8. Функції активації штучного нейрона

Конкретна проблема, яку необхідно вирішити, визначає заміну порогового значення θ і параметра крутизни σ . Відображені функції є біполярними, що дає вихідні значення в діапазоні $[-1, 1]$; однак також використовуються уніполярні функції та функції з різними діапазонами виходу. Вихідне значення штучного нейрона імітує значення аксона. Роботу штучного нейрона можна виразити у вигляді рівняння, як показано на рис. 1.9.

$$y_i = f\left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot w_{ij}\right) = f(x_j \cdot w_j)$$

Рис. 1.9. Рівняння роботи штучного нейрона

Представлене рівняння вказує на те, що зважена сума може бути наближено скалярним добутком вхідних векторів і вектора синаптичних ваг, обчислення, яке можна легко виконати стандартними комп'ютерами.

1.4 Типова топологія штучних нейронних мереж

Однією з найпростіших архітектур є нейронні мережі прямого зв'язку (FFNN). Щоб проілюструвати це, давайте розглянемо квінтесенцію цих мереж: повністю підключені мережі прямого розповсюдження (FNN), використовуючи перцептрон як орієнтир.

У перцептроні нейрони в кожному окремому шарі не з'єднуються між собою; скоріше, вони пов'язані з кожним нейроном у наступному шарі. Передача сигналів відбувається від вхідних нейронів до вихідних. Рисунок 1.10 ілюструє найосновнішу модель перцептрона, у якій відсутні приховані шари.

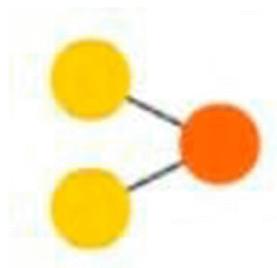


Рисунок 1.10 – Перцептрон без прихованих шарів

Тим не менш, перцептрони з одним або двома прихованими шарами

зустрічаються частіше, як показано на малюнку 1.11.

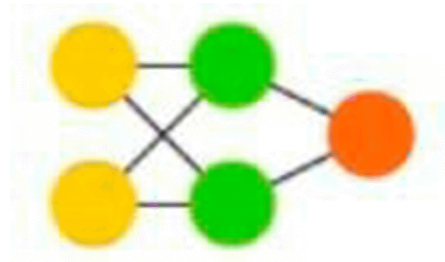


Рисунок 1.11 – Перцептрон із одним прихованим шаром

Мережа з кількома прихованими рівнями класифікується як глибока (Deep Neural Network). Рисунок 1.12 ілюструє глибоку нейронну мережу, яка використовує пряме поширення.

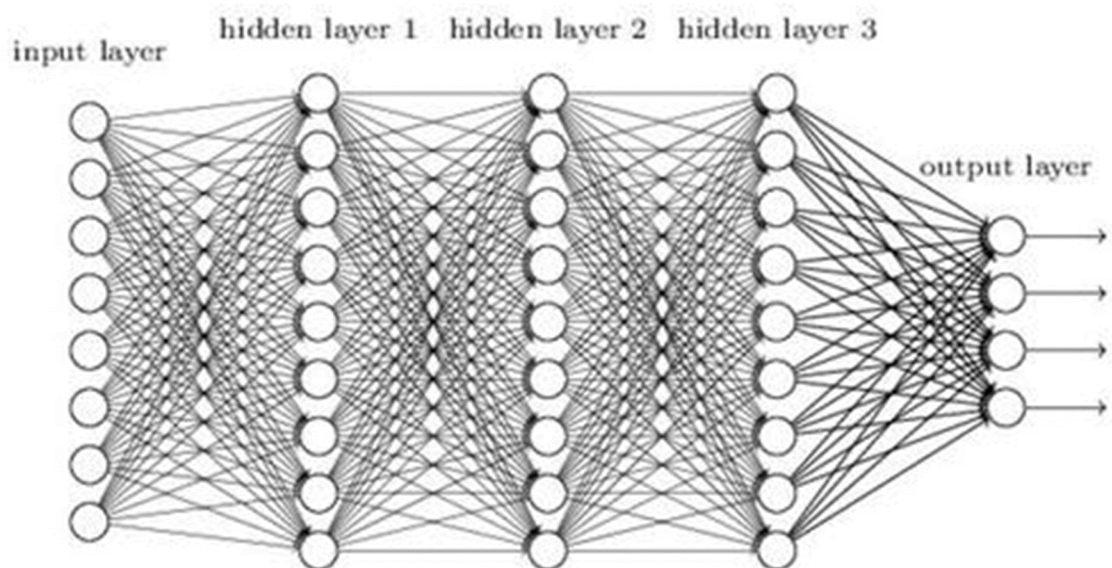


Рисунок 1.12 – Глибока нейронна мережа прямого поширення [12]

Хоча одношарові та багатшарові перцептрони є ефективними та добре підходять для багатьох завдань класифікації, вони не позбавлені обмежень, незважаючи на свою просту архітектуру. Значна проблема виникає через велику кількість параметрів; коли обробляються великі обсяги вхідних даних, особливо в мережах з кількома прихованими рівнями, нейронна мережа може мати величезну кількість параметрів для обчислення. Ця ситуація вимагає надмірної

кількості навчальних прикладів, і навіть якщо доступні достатні навчальні дані, це може призвести до проблеми перенавчання, що ускладнює перехід до реальних програм класифікації.

Поширеною проблемою, яка виникає під час навчання глибоких нейронних мереж, є проблема зникнення градієнта, яка виникає, коли градієнт помилки значно зменшується під час проходження через шари мережі, що призводить до мінімальних оновлень ваг.

Згорткові нейронні мережі

Згорткові нейронні мережі, також відомі як CNN (Convolutional Neural Network), представляють категорію багат шарових нейронних мереж, які використовують пряме розповсюдження та відрізняються меншою потребою у попередній обробці вхідних даних. В основі згорткових нейронних мереж є згорткові шари, що складаються з фільтрів. Операція згортки передбачає обчислення скалярного добутку між даними фільтра та вхідними даними, що призводить до створення карти збудження фільтра.

Рисунок 1.13 ілюструє згортковий шар нейронної мережі разом із рецептивним полем.

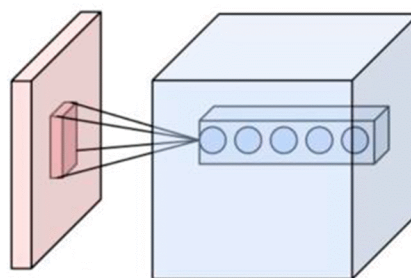


Рисунок 1.13 – Згортковий шар та рецептивне поле

CNN включають шари субдискретизації поряд із згортковими шарами, які зменшують розмірність вхідного сигналу за допомогою методів усереднення або визначення максимуму. Крім того, вони використовують стандартні повнопідключені багат шарові перцептрони (MLP) для остаточного завдання

класифікації. Перевага цієї архітектури полягає в зменшеній кількості параметрів, необхідних для обробки вхідного сигналу певного розміру, що допомагає в процесі навчання мережі, одночасно усуваючи проблему перенавчання.

Згорткові нейронні мережі найчастіше використовуються для таких завдань, як класифікація та створення зображень.

Рекурентні нейронні мережі

представляють тип архітектури нейронних мереж, який відрізняється циклічними зв'язками, які дозволяють нейрону зв'язуватися з самим собою, де вихідні дані нейрона прихованого рівня згодом направляються назад на його вхід, як показано на рисунку 1.14.

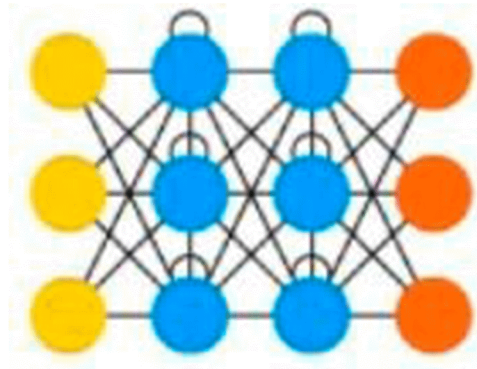


Рисунок 1.14 – Рекурентна нейронна мережа

Основні переваги, які вони мають перед традиційними нейронними мережами, які використовують пряме розповсюдження, включають їхню здатність враховувати потік часу та їхній доступ до пам'яті. Крім того, їх повнота Тьюринга дозволяє їм виконувати будь-яку обчислювану функцію.

Ідеально підходить для обробки послідовностей, часових рядів і контекстного моделювання, рекурентні нейронні мережі зазвичай використовують традиційний метод зворотного поширення помилок під час навчання. Однак важливо зазначити, що після певної кількості циклів ці мережі

можуть зіткнутися з тими ж проблемами градієнтного спуску, що й стандартні глибокі нейронні мережі. Щоб вирішити цю проблему, існують варіації RNN, включаючи мережі довгострокової короткочасної пам'яті (LSTM), які ефективно використовують концепцію пам'яті всередині нейрона та дозволяють її модифікувати та стирати. Рисунок 1.15 ілюструє архітектуру мережі довгострокової короткочасної пам'яті.

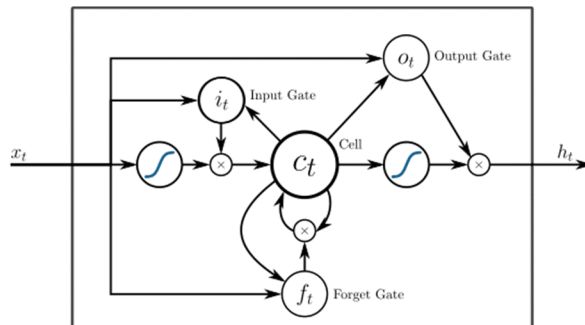


Рисунок 1.15 – Схема мережі довгої короткострокової пам'яті

Висновки до розділу 1

1. Рослинництво має важливе значення для продовольчої безпеки України, підтримки виробництва продуктів харчування, кормів для худоби та зовнішньої торгівлі. Однак багато сільськогосподарських виробників стикаються з проблемами через зростання вартості ресурсів, таких як обладнання та добрива. Ефективне управління ресурсами та ретельне планування виробничих проектів мають вирішальне значення для підвищення ефективності рослинництва. Стабільність земельних ресурсів контрастує зі змінами в сільськогосподарській техніці, підкреслюючи необхідність постійної адаптації до технологічного прогресу в галузі.

2. Управління ресурсами має вирішальне значення в управлінні проектами, особливо для виробничих проектів, оскільки воно забезпечує наявність технічного обладнання, матеріалів і робочої сили. Це включає планування, закупівлі, розподіл і нагляд за відповідністю протягом життєвого циклу проекту. Ресурси поділяються на природні, технічні, трудові, інформаційні, грошові та

зовнішні. Ефективне управління оптимізує використання ресурсів, усуває високі витрати та адаптується до змін виробництва та кліматичних умов, забезпечуючи успіх проекту.

3. Нейрони служать основними компонентами нейронних систем, утворюючи мережі, які перевершують традиційні системи у вирішенні складних завдань. Ці мережі мають вирішальне значення для машинного навчання з застосуванням у таких сферах, як медицина та розпізнавання образів. Удосконалення технології GPU підвищило ефективність штучних нейронних мереж, які емулюють біологічні нейрони. Різноманітні архітектури, у тому числі прямі, згорткові та рекурентні нейронні мережі (RNN), були розроблені для вирішення конкретних завдань обробки даних. RNN особливо ефективні в обробці послідовності, але можуть зіткнутися з проблемами градієнтного спуску. Мережі довгострокової пам'яті (LSTM) є варіантом, який пом'якшує ці проблеми шляхом включення модифікації пам'яті.

РОЗДІЛ 2.

ОБГРУНТУВАННЯ, ВИБІР ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ

2.1. Системний підхід до управління ресурсами у виробничих проектах рослинництва

Незалежно від галузі дослідження, виробничі проекти - це складні системи, які включають як організаційні, так і технічні аспекти, що виконуються в динамічному середовищі проекту. Кожна категорія виробничого проекту має унікальні риси, сформовані конкретною галуззю та навколишніми умовами проекту [2].

Ми розглянемо характеристики проектів рослинництва (ВПП) через призму системного підходу. Для цього ВПП розглядатимуться як відповідні організаційно-технічні системи. Ці системи містять обмежену колекцію взаємопов'язаних матеріальних об'єктів (Mo), включаючи технічні ресурси, виконавців (Vk) і витратні матеріали (Mv), які систематично інтегровані для виконання завдань у рамках проекту, що в кінцевому підсумку призводить до створення їх продукту (рис. 2.1).

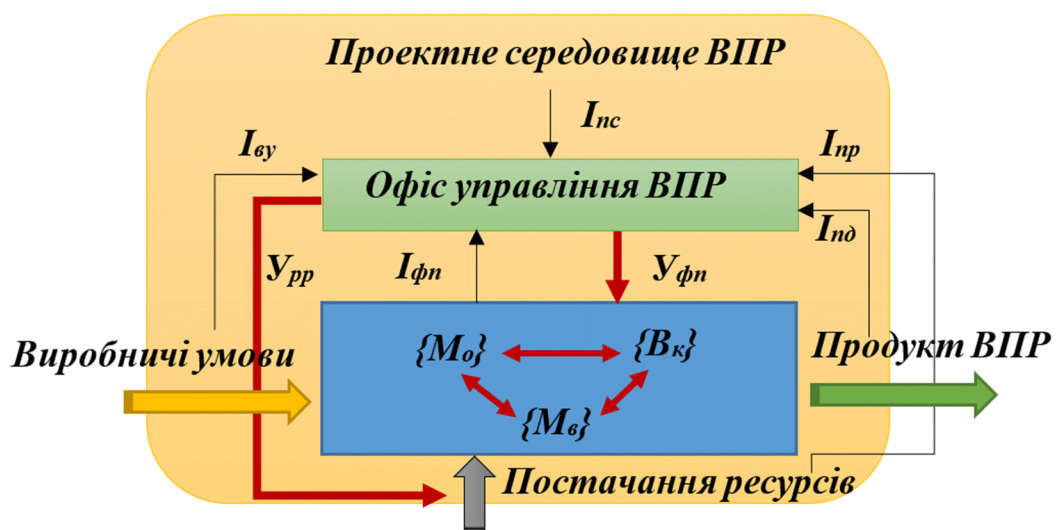


Рис. 2.1. Структура схема організаційно-технічної системи виробничих проектів рослинництва (ВПП)

На основі окресленої структурної основи організаційно-технічної системи ВПР ($S_{ВПР}$) можна виділити дві основні підсистеми, які стосуються розробки проектних продуктів та їх контролю (проектний офіс):

$$S_{ВПР} = f(S'_{\Phi\Pi}, S'_{OY}, S'_{IC}), \quad (2.1)$$

де $S'_{\Phi\Pi}, S'_{OY}, S'_{IC}$ – відповідно підсистеми формування продукту ВПР, управління ВПР та проектного середовища.

Кожна з цих підсистем (рис. 2.1) призначена для виконання своїх окремих функцій:

1) підсистеми формування продукту ВПР ($S'_{\Phi\Pi}$) спираються на взаємодію матеріальних об'єктів (M_o), виконавців (B_k) і витратних матеріалів (M_e) у конкретних виробничих умовах (B_y) для полегшення створення продукту (Φ_n):

$$S'_{\Phi\Pi} = f(M_o, B_k, M_e, B_y) \rightarrow \Phi_n. \quad (2.2)$$

2) підсистема управління ВПР (офіс управління ВПР) (S'_{OY}) спирається на дані, що стосуються середовища проекту (I_{nc}), умов виробництва (I_{ey}), роботи підсистеми формування продукту ($I_{\Phi n}$), доступності ресурсів (I_{np}) і поставленого продукту (I_{nd}) сприяти прийняттю рішень, пов'язаних із виконанням завдань у підсистемі формування продукту ВПР ($V_{\Phi n}$) та керувати взаємодією наявних ресурсів, у тому числі щодо необхідності додаткових ресурсів (V_{pp}):

$$S'_{OY} = f(I_{nc}, I_{ey}, I_{\Phi n}, I_{np}, I_{nd}) \rightarrow (V_{\Phi n}, V_{pp}). \quad (2.3)$$

3) Середовище проекту (S'_{IC}) складається як із зовнішніх компонентів, таких як природно-кліматичні (Π_k), ринкові (P_n), нормативно-законодавчі (H_3), соціальні (C_u) чинники, так і внутрішніх компонентів, зокрема організаційно-

масштабних (O_m), технологічних (T_l) і технічних (T_n) елементів. Ці компоненти представляють умови, за яких виконується ВПР (Y_p):

$$S'_{ПС} = f(P_k, P_n, H_s, C_u, O_m, T_l, T_n) \rightarrow Y_p. \quad (2.4)$$

В організаційно-технічній основі ВПР особливої уваги заслуговують процеси ресурсопостачання, які є невід'ємною частиною функціонування підсистеми формування продукції ВПР ($S'_{ФП}$). На ефективність проектних операцій і вартість кінцевого продукту ВПР суттєво впливає якість управлінських рішень, які приймаються щодо виконання цих процесів [4; 10].

Ключові характеристики реалізації ВПР визначаються тимчасовістю, унікальністю та обмеженістю ресурсів. Тимчасовість стосується конкретних часів початку (τ_n) і закінчення (τ_s) ВПР, на які в основному впливає предметна складова проектного середовища (P_{nc}) (тип вирощуваних культур), умови виробництва (такі як конфігурація поля, типи ґрунту тощо) (B_y), а також природно-кліматичні фактори (включаючи температуру повітря, вологість, кількість опадів тощо) (P_k) регіону, де виконуються ці проекти:

$$\tau_n, \tau_s = f(P_{nc}, B_y, P_k). \quad (2.5)$$

Водночас на тривалість життєвого циклу ВПР впливає час початку (τ_n) та завершення (τ_s) зазначених проектів:

$$t_{жц} = f(\tau_n, \tau_s). \quad (2.6)$$

Одночасно тривалість життєвого циклу ВПР ($t_{жц}$) і внутрішні компоненти середовища проекту — організаційно-масштабна (O_m), технологічні (T_l) і технічні (T_n) — впливають на вимоги до ресурсів.:

$$R = f(\tau_n, \tau_s, O_m, T_n, T_n). \quad (2.7)$$

Управління ресурсами є одним із ключових завдань управління, яке суттєво впливає на ефективність впровадження ВПР. Це передбачає планування як постачання, так і використання ресурсів, закупівлю конкретних типів ресурсів, розподіл доступних ресурсів під час виконання діяльності ВПР, а також нагляд за обліком і контролем використання ресурсів. Ефективне управління ресурсами у ВПР вимагає використання інструментів (моделей і методів), які враховують як характеристики формування продукту, пов'язані з цими проектами, так і відмінні аспекти середовища проекту, які значною мірою впливають на цінність кінцевого продукту. Щоб створити надійний набір інструментів управління ресурсами для ВПР, важливо створити відповідну базу даних і збирати з неї інформацію щодо моделей вимог до ресурсів, що впливають із змін у середовище проекту. Таке розуміння можна отримати лише шляхом проведення відповідних досліджень.

При виконанні ВПР є набір виробничо-технічних ресурсів, певні ресурси є обмеженнями при виконанні зазначених проектів. Для оцінки ефективності використання ресурсів у рамках проектів критерії оцінки включають якість і кількість кінцевого продукту (Q_i), його втрати (Z_i), представлені в грошовому вираженні (B_z), а також ряд показників, що вказують на ефективність різних видів ресурсів. Функцію ефективності управління виробничо-технічними ресурсами у ВПР виразимо таким чином.

$$\Phi[\{d_i\} \leftrightarrow \{R_i\}] = B_z \rightarrow \min, \quad (2.8)$$

$$B_z = \sum_{i=1}^n Z_i \cdot C_i, \quad (2.9)$$

де $\{d_i\}$ – множина дій (робіт) у ВПР; $\{R_i\}$ – множина доступних ресурсів для реалізації ВПР; Z_i – обсяги втрат продукту із-за несвоєчасного виконання робіт

та неефективного залучення ресурсів у ВПР; C_i – ринкова вартість отриманого ВПР продукту.

З огляду на те, що проекти мають відмінні характеристики, які перешкоджають здатності приймати ефективні управлінські рішення за допомогою традиційних методів календарного та сіткового планування, існує нагальна потреба у створенні нових моделей і методів управління ресурсами в ВПР. Зокрема, ВПР передбачає виконання кількох завдань, обмежених агротехнічно та кліматично прийнятними термінами. Встановлені терміни виконання окремих завдань можна розглядати як директиви; порушення цих строків призводить до безповоротних втрат продукції ВПР (урожаю сільськогосподарських культур). Отже, будь-які коригування часу початку та тривалості ключових завдань, спрямовані на оптимізацію розподілу ресурсів, повинні залишатися в певних межах, які регулюються їх агротехнічними та кліматичними допустимими термінами.

Окремі ВПР (P_r) слід розглядати як послідовність організованих дій (робіт) $\{d_i\}$, узгоджених із певним набором наявних ресурсів $\{R_i\}$. Водночас кожна окрема дія (робота) має власний робочий об'єкт (наприклад, ґрунт, рослини, матеріали тощо) і, отже, обмежена відповідними агротехнічними та кліматичними умовами щодо того, коли починати $[\tau_i]$ довго виконувати $[t_i]$ ці завдання:

$$P_r = (\{d_i\} \leftrightarrow \{R_i\}), ([t_i], [\tau_i]) \rightarrow opt. \quad (10)$$

Ми можемо помітити, що якісне отримання необхідних знань для координації змісту, часу та ресурсів у середовищі проекту може бути досягнуто без заглиблення у вичерпний аналіз. Це можливо лише шляхом імітаційного моделювання організаційно-технічної системи ВПР. Враховуючи існування бази даних, яка відображає мінливий характер різних компонентів середовища проекту, включаючи природні та кліматичні фактори (Π_k), а також потенційні

зміни в організаційному масштабі (O_m), технологічному (T_l) і технічному (T_n) елементів, важливо розробити інструменти управління ресурсами. Ці засоби мають базуватися на статистичному імітаційному моделюванні компонентів організаційно-технічної системи ВПР. Практична користь від цієї спроби виявиться у вигляді розробленого алгоритму та комп'ютерної програми для управління ресурсами ВПР, що базується на новорозроблених моделях і методах, що зрештою сприятиме своєчасному та якісному прийняттю ефективних управлінських рішень.

2.2. Основні принципи створення моделі вибору раціональних типів ресурсів для виконання проектних робіт у рослинництві

Для підвищення ефективності діяльності у рослинництві рекомендується використовувати проектно-орієнтовані методи управління ВПР. Виробництво продукції рослинництва демонструє характерні для проектів характеристики [1; 9; 10]: він обмежений у часі, має обмежені ресурси для виконання та є відмінним через специфічні кліматичні та виробничі елементи середовища проекту. Оскільки обсяг виробництва, площа земельної ділянки та конфігурація змінюються на етапі планування проектів, а також оскільки погодні умови постійно змінюються під час виконання проектів, ризик втрат продукції, пов'язаних із проектом, зростає. Відповідно, регламентовані терміни виконання завдань також змінюються, що призводить до різного попиту на ресурси.

Ці характеристики створюють потребу в зверненні до обґрунтування вимог до типу та графіку основних виробничо-технічних ресурсів для ВПР на кожному етапі його виконання. Основні промислово-технічні ресурси охоплюють серед іншого трактори, сільськогосподарські машини, комбайни, обладнання та обладнання для первинної обробки та зберігання продукції.

Враховуючи великий спектр технологічних робіт і типів ресурсів, що використовуються у ВПР, а також часові обмеження, що накладаються термінами виконання проекту, і необхідністю передбачати втрати продукту

через затримку виконання, виникає потреба у створенні спеціалізованих моделей для автоматизованого календарно-сіткового планування дані проекту. При плануванні ВПР важливо враховувати специфічні характеристики використовуваних матеріально-технічних ресурсів, які змінюються в залежності від масштабу проекту S_i , а саме:

$$\{R_i\} = f(\{S_i\}). \quad (2.11)$$

Це дозволяє оцінити доцільність проекту за критерієм достатньої виробничо-технічної бази. Крім того, оскільки ВПР проводиться на окремій ділянці землі, важливо виконувати основні завдання проекту на цій землі послідовно, що робить неможливим паралельне виконання робіт.

Календарний графік виконання технологічно регламентованих завдань у ВПР встановлюється в два етапи. Спочатку на основі технологічного регламенту створюється технологічна модель, яка деталізує послідовність організованих робіт, необхідних для виробництва кінцевого продукту (вирощування рослинництва і сільськогосподарської продукції), а також агротехнічно визначені календарні терміни їх виконання.

Основним елементом проектного плану є технологічний регламент, який встановлює допустимі межі зміни робіт, часу і ресурсів. Він також регулює процес виконання завдань у рамках ВПР, забезпечуючи створення продукту проекту, який відповідає стандартам якості, гарантує безпечні умови виконання проекту та дотримується норм охорони навколишнього середовища.

Кожне конкретне завдання (O_i) визначається кортежем, що містить такі атрибути:

- вид завдання (оранка, культивування, хімізахист, тощо);
- множина агротехнічних вимог до завдань $\{AV_i\}$ (таких як глибина обробітку, норми внесення тощо);

- агротехнічно-зумовлений час початку $[\tau_i]$ та допустиму тривалість роботи $[t_i]$:

$$O_i = \langle VO_i, \{AV_i\}, [\tau_i], [t_i] \rangle. \quad (2.12)$$

При дотриманні всіх заходів у ВПР агротехнічно встановлених календарних орієнтирів стає доцільним досягти найвищої врожайності (U_{\max}), а отже, і оптимального виходу продукту проекту за заданою технологією його розробки. На етапі планування витрат ресурсів у ВПР визначається конкретний масштаб виробництва Q , який у проекті представлений розміром земельної ділянки. Це призводить до проблеми розробки календарного графіка для проекту P , враховуючи обмеження виробничих і технічних ресурсів.

Кожне окреме завдання в рамках ВПР визначається нормативним календарним часом початку та допустимою тривалістю виконання, обидва продиктовані агротехнічними міркуваннями. Встановлюючи агротехнічно визначені календарні терміни початку і завершення кожного конкретного завдання, ми створюємо модель, яка описує технологію виробництва продукту ВПР для конкретної сільськогосподарської культури.

На другому етапі для кожного завдання з наявного набору $\{M_i\}$ вибирається конкретне технічне забезпечення, яке забезпечує виконання визначеного виду робіт VO_i за відповідними агротехнічними вимогами $\{AV_i\}$. Для сільськогосподарських машин, які не є самохідними, важливо визначити із множини $\{T_{ij}\}$ енергетичних засобів такий засіб, який забезпечить найбільш ефективну роботу цієї машини на заданій роботі у ВПР. Цей процес дає необхідний технічний ресурс (машино-тракторний агрегат), необхідний для виконання поставленої задачі [9; 22].

У цьому технічному ресурсі розглядаються різні експлуатаційні та технічні характеристики разом із декількома факторами зовнішнього середовища, пов'язаними з контекстом проекту, таких як виробничі та кліматичні умови. До

ключових елементів відносяться питомий опір ґрунту земельної ділянки, середній кут нахилу, довжина земельної ділянки та стан об'єкта перетворення (будь то рослини чи матеріали). Ці фактори впливають на його змінну продуктивність w_v і питому витрату палива g_p .

Використовуючи встановлену змінну продуктивність технічного ресурсу, розраховується фактична тривалість t_i виконання роботи O_i з урахуванням кількості наявних технічних ресурсів:

$$t_i = \frac{q_i}{w_{di}}. \quad (2.13)$$

$$w_{di} = w_v \cdot k_v \cdot k_p \cdot n, \quad (2.14)$$

де q_i – обсяг робіт, га (т, м³); w_{di} – добова продуктивність технічного засобу; w_v – продуктивність агрегату за зміну (норма виробітку агрегату), га/зміну; k_p – коефіцієнт погожості для даного виду робіт; k_v – коефіцієнт змінності, n – кількість залучених до роботи агрегатів з доступної множини $\{M_{ij}\}$ і $\{T_{ij}\}$.

Коефіцієнт погожості відображає кліматичні умови виконання ВПР і для конкретного виду робіт встановлює частку тривалості зміни, протягом якої погодні умови дозволяють виконати певний блок робіт відповідно до встановлених агротехнічних вимог.

Початок роботи τ_{s_i} визначається агротехнічно допустимим календарним часом $[\tau_{s_i}]$ за умови відсутності впливу попередніх завдань і наявності необхідних технічних засобів. І навпаки, момент завершення роботи залежить від часу, витраченого на її виконання:

$$\tau_{s_i} = [\tau_{s_i}], \quad (2.15)$$

$$\tau_{e_i} = \tau_{s_i} + t_i. \quad (2.16)$$

У ВПР виділяються дві категорії робіт, які поділяються на окремі блоки: основні та допоміжні. Основна робота складається з дій або серії дій, зосереджених на зміні положення або характеристик предмета роботи, будь то обробка матеріалу, продукту чи середовища. Цей вид робіт визначається об'єктом, над яким працюють, технічними засобами, що використовуються для їх виконання, і особами, які виконують завдання.

І навпаки, допоміжна робота відноситься до серії дій, спрямованих на посилення, підтримку або гарантування виконання основної роботи [22; 23]. Це охоплює, зокрема, такі завдання, як завантаження добрив, транспортування добрив, води чи інших необхідних ресурсів до місця проведення основної роботи.

Враховуючи те, що допоміжні роботи $\{O'_i\}$ спрямовані на створення необхідних умов для виконання основного завдання, часові аспекти цих робіт, а саме їх початок $\{\tau'_{s_i}\}$ і закінчення $\{\tau'_{e_i}\}$, задаються відповідними часовими характеристиками основної роботи, тобто:

$$\{\tau'_{s_i}\} = \tau_{s_i}, \quad (2.17)$$

$$\{\tau'_{e_i}\} = \tau_{e_i}, \quad (2.18)$$

$$t_i = \max(t_i, \{\tau'_{e_i}\}). \quad (2.19)$$

При використанні достатньої кількості високопродуктивних технічних засобів час, необхідний для виконання робіт t_i може бути скорочений менше допустимої тривалості $[t_i]$. Отже, це створює резерв часу, який дозволяє відкласти початок роботи без втрат продукту ВПР (див. табл. 2.1, а):

$$t_r = [t_i] - t_i. \quad (2.20)$$

Якщо витрати часу на виконання робіт у ВПР перевищують агротехнічно допустиму тривалість $t_i > [t_i]$ (табл. 2.1, б), то це є порушенням встановленого терміну виконання роботи що призводить до втрати продукції, визначеної в зазначеному проекті. Щоб уникнути затримок у виконанні робіт, вносяться коригування або щоденного робочого часу, або кількості використовуваного технічного обладнання.

Таблиця 2.1. Моделі розрахунку втрат продукту проекту (збитків) внаслідок несвоєчасного виконання робіт

Позначення	Назва ситуації	Графічне представлення ситуації	Характеристики роботи		
			Координата початку	Координата завершення	Модель розрахунку втрат продукту
а	Попередня робота не впливає на поточну		$\tau_{s_i} \geq [\tau_{s_i}]$	$\tau_{e_i} \leq [\tau_{e_i}]$ $\tau_{e_i} = \tau_{s_i} + t_i$	Втрати відсутні $Z_i = 0$
б			$\tau_{s_i} = [\tau_{s_i}]$	$\tau_{e_i} > [\tau_{e_i}]$ $\tau_{e_i} = \tau_{s_i} + t_i$	$Z_i = 0,5 \cdot U_{\max} \cdot q_{u_i} \cdot t_{u_i} \cdot \kappa_l$ $t_u = t_{e_i} - [t_{e_i}]$ $q_{u_i} = q - w_{d_i} \cdot ([\tau_{e_i}] - \tau_{s_i})$
в	Попередня робота впливає на поточну		$\tau_{s_i} < [\tau_{e_{i-1}}]$	$\tau_{e_i} = \tau_{s_i} + t_i$	$Z_i = 0,5 \cdot U_{\max} \cdot q_{u_i} \cdot t_{u_i} \cdot \kappa_l$ $t_{u_i} = t_{e_i} - [t_{e_i}]$ $q_{u_i} = q - w_{d_i} \cdot ([\tau_{e_i}] - \tau_{s_i})$
г			$\tau_{s_i} \geq [\tau_{e_{i-1}}]$	$\tau_{e_i} = \tau_{s_i} + t_i$	$Z'_i = q_{u_i} \cdot t'_u \cdot U_{\max} \cdot \kappa_{l_i}$ $t'_u = \tau_{s_i} - [t_{e_i}]$ $q_{u_i} = q - w_{d_i} \cdot ([\tau_{e_i}] - \tau_{s_i})$

Якщо жоден із заходів не призведе до запобігання несвоєчасному виконанню робіт, збитки, понесені через це несвоєчасне виконання, будуть розраховані на основі відповідних моделей розрахунку збитків, наведених у таблиці 2.1.

З огляду на те, що виробничі проекти в основному проводяться на окремій ділянці землі, а наявне технічне обладнання може використовуватися для ряду інших робіт, це може призвести до впливу початкових робіт із зазначеного проекту на поточні. У цьому сценарії початок поточної роботи відбувається після завершення попередньої роботи (табл. 2.1, в):

$$\tau_{s_i} = \tau_{e_{i-1}}. \quad (2.21)$$

При витриманні початку робіт у встановлені агротехнічно допустимі терміни будь-які втрати продукту ВПР через затримку виконання робіт оцінюють за допомогою моделі (табл. 2.1, г). За викладеним алгоритмом оцінюються часові параметри для всіх завдань проекту, визначаються передбачувані втрати продукції та складається календарний графік проекту.

Завдяки аналізу робіт ВПР можна визначити проект, відповідальний за найвищі втрати продукції, що, у свою чергу, дозволяє ідентифікувати технічні ресурси, які є дефіцитними та сприяють цим втратам. Для керівника проекту, який контролює ВПР, ці процеси управління формують основу для прийняття рішень щодо надання відповідних технічних ресурсів шляхом співпраці, найму та додаткової закупівлі таких ресурсів. Якщо ці варіанти неможливі, можливо, необхідно розглянути можливість зменшення масштабу проекту, оскільки зменшення обсягу ВПР призведе до меншого навантаження на наявні технічні ресурси та, отже, мінімізує втрати продукту в рамках проекту.

2.3. Узгодження робіт із подіями у виробничих проектах рослинництва

Для означення подій що відбуваються під час впорядкування робіт у ВПР необхідно розрахувати часові характеристики, пов'язані з цими роботами. Зокрема, необхідно створити модель для встановлення координат початку (ds_i) і кінця (df_i) вектора, що представляє календарний період робіт (рис. 2.2).

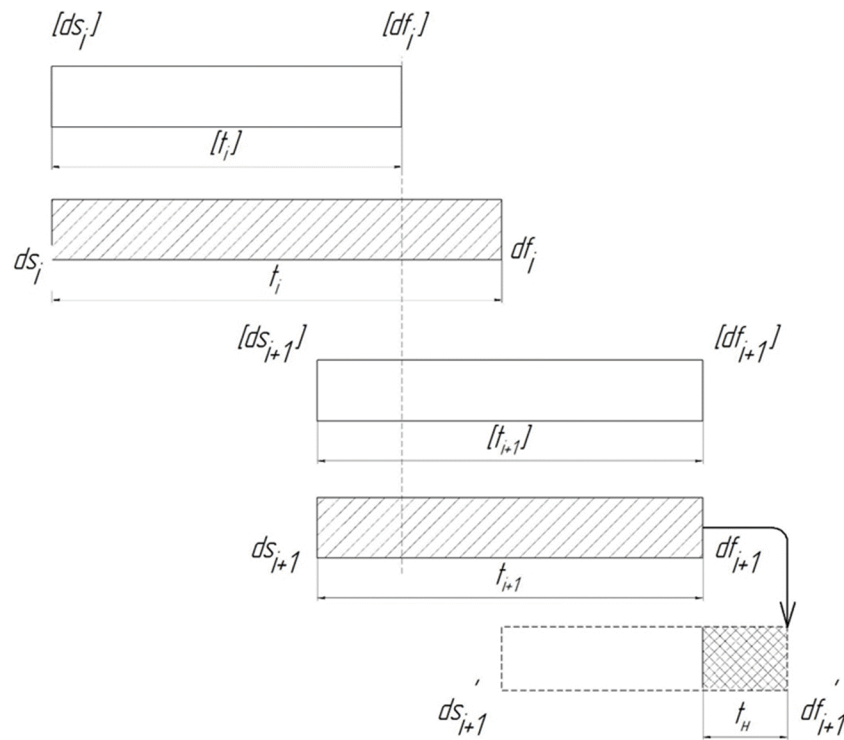


Рис. 2.2. Модель для визначення координат старту та фінішу вектора, що представляє календарний термін для виконання робіт: $[ds_i]$, $[df_i]$ – позначають координати директивних векторів календарного терміну для початку та завершення i -го завдання відповідно; t_i – тривалість виконання i -ї роботи; $[t_i]$ – агротехнічно допустима тривалість виконання i -ї роботи; w_i – продуктивність технічного ресурсу під час виконання i -ї роботи; n_i – кількість технічних ресурсів, які залучені для виконання i -ї роботи; k_v – коефіцієнт змінності; t_H – тривалість несвоєчасного виконання роботи

Час початку першої і наступних робіт повинен узгоджуватися з агротехнічно допустимим (директивним) часом початку робіт

$$ds_i = [ds_i]. \quad (2.22)$$

Час виконання початкової роботи залежатиме від тривалості часу, необхідного для виконання цієї роботи t_i , кількості технічних ресурсів n_i , що

використовуються в процесі, а також від їхньої різної продуктивності w_i та коефіцієнта змінності k_{v_i} .

$$df_i = \frac{t_i}{w_i \cdot n_i \cdot k_{v_i}}. \quad (2.23)$$

Початкову (ds_{i+1}) і кінцеву (df_{i+1}) координати вектора, що представляє календарний термін продовження роботи, можна розрахувати за такими формулами:

$$ds_{i+1} = \begin{cases} ds_{i+1}, & \text{якщо } df_{i+1} \geq df_i \\ df_i, & \text{якщо } df_{i+1} < df_i \end{cases}. \quad (2.24)$$

$$df_{i+1} = ds_{i+1} + \frac{t_{i+1}}{w_{i+1} \cdot n_{i+1} \cdot k_{v_{i+1}}}. \quad (2.25)$$

З відповідних розрахунків виводиться модель календарної сітки-розкладу для ВПР, структурована як кортеж, який включає атрибути та характеристики кожного завдання (роботи) в рамках визначеного проекту. Крім того, ця модель визначає відповідний склад і характеристики використовуваних виробничо-технічних ресурсів, а також обсяг втрат продукту для ВПР, пов'язаних з кожним проектним завданням через затримки їх виконання:

$$PR = \left\langle \begin{array}{l} K, No_{k,1}, VO_{k,1}, Q_{k,1}, \tau_{k,1}, td_{k,1}, mtr_{k,1}, msgm_{k,1}, nagr_{k,1}, nrobo_{k,1}, nrobd_{k,1}, w_{k,1}, g_{k,1}, ds_{k,1}, df_{k,1}, Z_{k,1} \\ K, No_{k,2}, VO_{k,2}, Q_{k,2}, \tau_{k,2}, td_{k,2}, mtr_{k,2}, msgm_{k,2}, nagr_{k,2}, nrobo_{k,2}, nrobd_{k,2}, w_{k,2}, g_{k,2}, ds_{k,2}, df_{k,2}, Z_{k,2} \\ \vdots \\ K, No_{k,i}, VO_{k,i}, Q_{k,i}, \tau_{k,i}, td_{k,i}, mtr_{k,i}, msgm_{k,i}, nagr_{k,i}, nrobo_{k,i}, nrobd_{k,i}, w_{k,i}, g_{k,i}, ds_{k,i}, df_{k,i}, Z_{k,i} \end{array} \right\rangle, \quad (2.25)$$

де K – вид предмета праці (сільськогосподарської культури); $No_{k,i}$ – порядковий номер роботи; $VO_{k,i}$ – вид роботи; $Q_{k,i}$ – обсяг i -ї роботи; $\tau_{k,i}$ – агротехнічно-зумовлений час початку i -ї роботи; $td_{k,i}$ – агротехнічно допустима тривалість завдання (роботи); $mtr_{k,i}$ – марка технічного засобу (трактора), що

використовується на i -й роботі; $msgm_{k,i}$ – марка сільськогосподарської машини, що використовується на i -й роботі; $nagr_{k,i}$ – кількість залучених технічних ресурсів (агрегатів) на i -й роботі; $nprobo_{k,i}, nprobd_{k,i}$ – кількість залучених основних і допоміжних виконавців на i -й роботі проекту; $w_{k,i}$ – змінна продуктивність технічних ресурсів (агрегатів) на i -й роботі; $g_{k,i}$ – питома витрата палива технічних ресурсів (агрегатів) на i -й роботі; $ds_{k,i}, df_{k,i}$ – моменти часу початку та завершення виконання i -ї роботи; $Z_{k,i}$ – обсяг втрат продукту проекту через несвоєчасне виконання i -ї роботи.

Використовуючи модель календарно-сіткового розкладу виробничих проектів (2.25), структуровану як кортеж атрибутів, ми отримали невпорядкований календарний розклад, що містить колекцію календарних розкладів робочих блоків у ВПР (рис. 2.3).

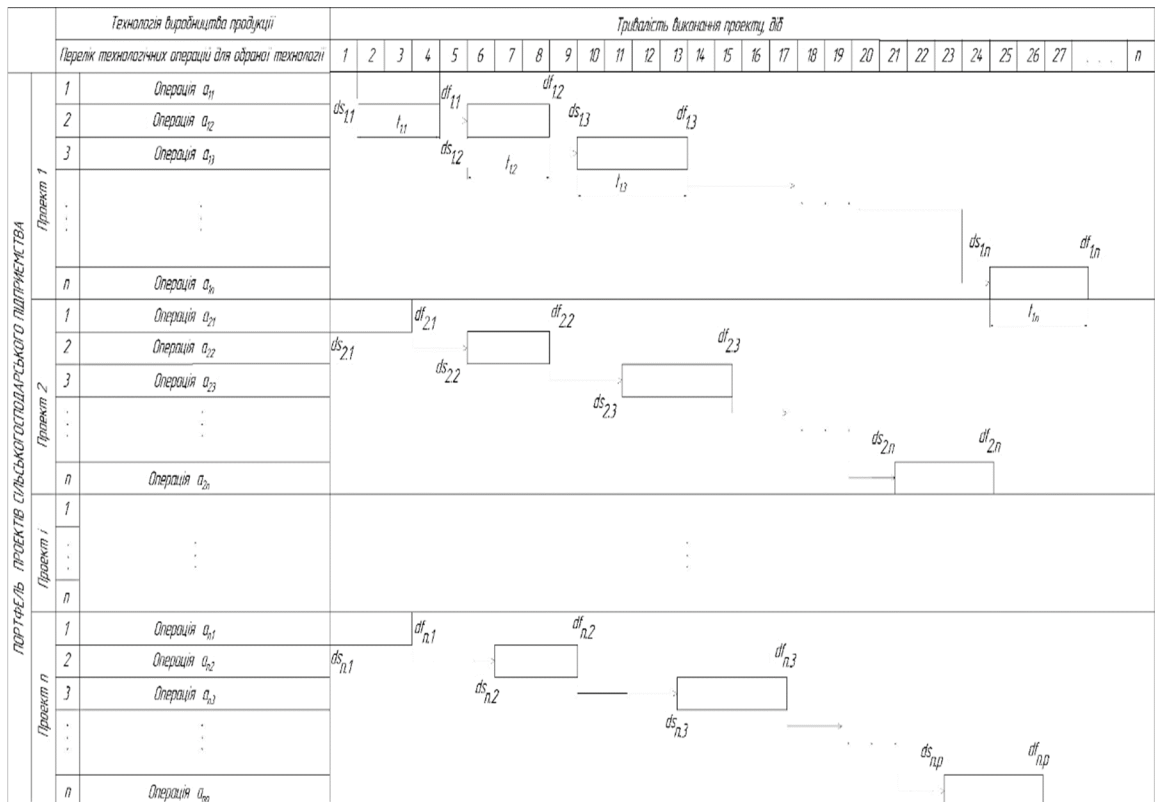


Рис. 2.3. Невпорядкований календарний розклад із множини календарних графіків блоків робіт у ВПР

У зв'язку з обмеженою наявністю виробничо-технічних ресурсів при складанні календарного графіка робіт (рис. 2.4) можливі випадки використання однакових видів ресурсів на різних блоках робіт ВПР. Тому дуже важливо координувати зусилля в цих проектах, які використовують один і той же тип ресурсу.

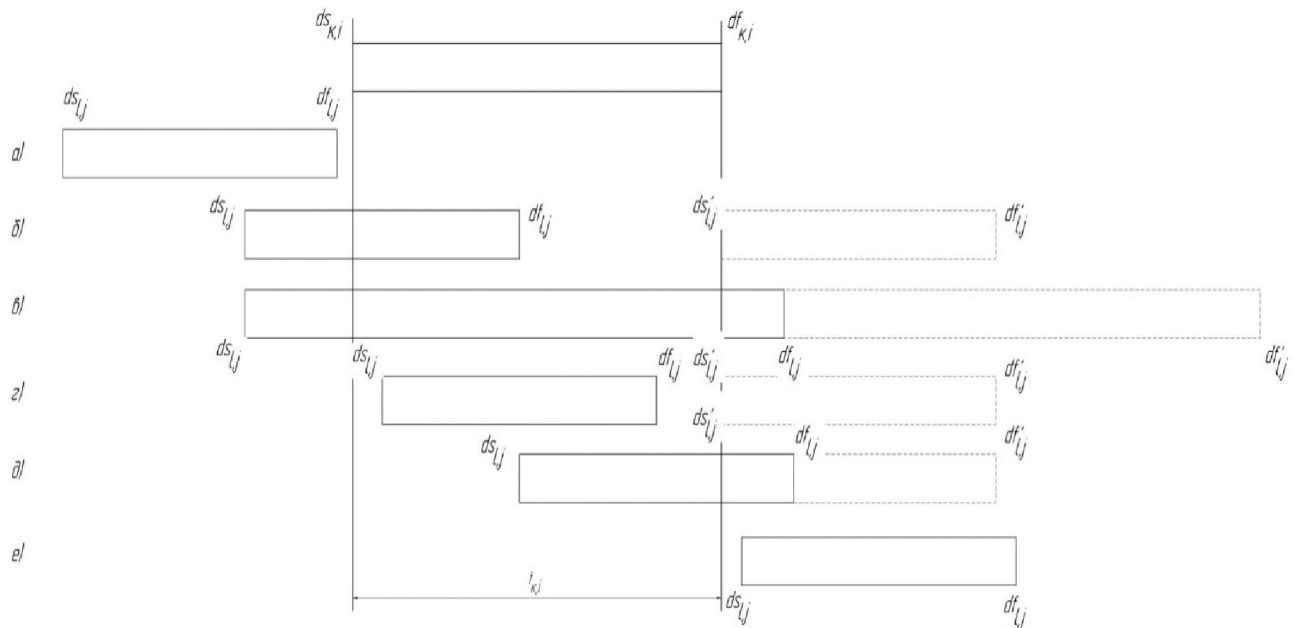


Рис. 2.3. Часові ситуації під час впорядкування робіт у ВПР за потреби використання однотипних ресурсів: $ds_{k,i}, df_{k,i}$ – відповідно моменти часу початку і завершення i -ої роботи k -го блоку; $ds_{l,j}, df_{l,j}$ – відповідно моменти часу початку і завершення j -ої роботи l -го блоку до впорядкування; $ds'_{l,j}, df'_{l,j}$ – відповідно моменти часу початку і завершення j -ої роботи l -го блоку після впорядкування.

Часові ситуації визначаються різними характеристиками, пов'язаними з конкретними випадками виконання роботи. Організовуючи завдання для кожної ситуації, ми можемо визначити моменти початку та завершення роботи, встановленої в окремому блоці, після завершення впорядкування.

Ситуація а)

$$\text{ознака: } df_{l,j} \geq ds_{k,i}. \quad (2.26)$$

$$\text{результат: } ds'_{l,j} = ds_{l,j}; \quad df'_{l,j} = df_{l,j}. \quad (2.27)$$

Ситуація б)

$$\text{ознака: } ds_{l,j} \leq ds_{k,i} < df_{l,j}. \quad (2.28)$$

$$\text{результат: } ds'_{l,j} = df_{k,i} + 1; \quad df'_{l,j} = ds'_{l,j} + (df_{l,j} - ds_{l,j}). \quad (2.29)$$

Ситуація в)

$$\text{ознака: } \begin{cases} ds_{l,j} \leq ds_{k,i} \\ df_{l,j} > df_{k,i} \end{cases}. \quad (2.30)$$

$$\text{результат: } ds'_{l,j} = df_{k,i} + 1; \quad df'_{l,j} = ds'_{l,j} + (df_{l,j} - ds_{l,j}). \quad (2.31)$$

Ситуація г)

$$\text{ознака: } \begin{cases} ds_{l,j} \geq ds_{k,i} \\ df_{l,j} < df_{k,i} \end{cases}. \quad (2.32)$$

$$\text{результат: } ds'_{l,j} = df_{k,i} + 1; \quad df'_{l,j} = ds'_{l,j} + (df_{l,j} - ds_{l,j}). \quad (2.33)$$

Ситуація д)

$$\text{ознака: } \begin{cases} ds_{l,j} \geq ds_{k,i} \\ df_{l,j} > df_{k,i} \end{cases}. \quad (2.34)$$

$$\text{результат: } ds'_{l,j} = df_{k,i} + 1; \quad df'_{l,j} = ds'_{l,j} + (df_{l,j} - ds_{l,j}). \quad (2.35)$$

Ситуація е)

$$\text{ознака: } \begin{cases} ds_{l,j} \leq ds_{k,i} \\ df_{l,j} < df_{k,i} \end{cases} \quad (2.36)$$

$$\text{результат: } ds'_{l,j} = ds_{l,j}; \quad df'_{l,j} = df_{l,j}. \quad (2.37)$$

Впорядкування здійснюється на основі того, що роботи в межах відповідних блоків ВПР використовують один і той же тип технічних ресурсів (msgm) та енергетичних засобів (mtr). Оскільки енергетичні засоби є універсальними засобами керування сільськогосподарською технікою і можуть додатково застосовуватися для виконання інших завдань у складі ВПР, то впорядкування робіт на основі енергетичних засобів відбувається лише тоді, коли сукупна кількість технічних засобів (агрегатів), задіяних у однотипних роботах, перевищує загальна кількість енергетичних засобів доступних у ВПР:

$$\begin{cases} msgm_{k,i} = msgm_{l,j} \\ mtr_{k,i} = mtr_{l,j} \text{ за умови: } nagr_{k,i} + nagr_{l,j} \geq ntr_r \end{cases} \quad (2.38)$$

Подані часові ситуації під час впорядкування завдань (робіт), які зумовлені кліматичними умовами та особливостями виконання окремих завдань (робіт), служать за основу узгодження робіт із подіями у виробничих проектах рослинництва.

Висновки до розділу 2

1. Розглянуто системний підхід до управління ресурсами проектів рослинництва (ВПР), наголошується на їх складності як організаційно-технічної

системи. Він виділяє дві основні підсистеми: формування продукції та управління, які взаємодіють з різними внутрішніми та зовнішніми факторами. Ефективне управління ресурсами має вирішальне значення для успіху проекту, вимагає планування, закупівель і нагляду. Текст виступає за імітаційне моделювання для покращення процесу прийняття рішень і розробки інструментів для управління ресурсами, зрештою, з метою своєчасного та ефективного виконання проекту.

2. Розробка моделі для вибору типів ресурсів у рослинництві наголошує на проектно-орієнтованих методах управління, розглядаючи часові обмеження, обмеження ресурсів та фактори навколишнього середовища. Ця модель зосереджена на агротехнічних вимогах, плануванні ресурсів та оцінці продуктивності для підвищення врожайності та зменшення втрат. Ключові компоненти включають категоризацію завдань і вибір технічних ресурсів, а аналіз робіт у проектах допомагає керівникам проектів оптимізувати розподіл ресурсів і мінімізувати втрати виробництва.

3. Координація робіт у проектах рослинництва передбачає розрахунок часових характеристик для різних завдань. Модель створюється для визначення часу початку та завершення роботи з урахуванням таких факторів, як тривалість, продуктивність ресурсів і мінливість. Календарний розклад структурований у вигляді кортежу з деталізацією атрибутів завдань і характеристик ресурсів. Ефективне планування має вирішальне значення, особливо коли ресурси обмежені, що вимагає ретельної організації, щоб уникнути затримок і втрат у виробництві. Аналізуються різні часові ситуації, щоб оптимізувати розподіл завдань на основі наявності ресурсів і кліматичних умов.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ

3.1. Моделювання вибору раціональних типів ресурсів для виконання робіт у виробничих проектах рослинництва з використанням нейронних мереж

У ВПР виконуються численна кількість впорядкованих завдань. Кожне завдання означає дії, які сприяють створенню частини продукту проекту шляхом різноманітних перетворень, переміщень і змін у стані об'єктів, серед інших факторів. Для виконання цих завдань використовується різноманітний спектр ресурсів, включаючи персонал, енергетичне обладнання, таке як трактори, а також причіпні, напівпричепні та самохідні сільськогосподарські машини та комбайни.

Вибір ефективних видів ресурсів для виконання завдань у ВПР потребує визначення відповідних технічних ресурсів разом із відповідним енергоносієм для цих завдань та оцінки вимог до виконавців. Одночасно оцінюються основні показники встановленого технічного ресурсу (агрегату), в тому числі продуктивність і питома витрата палива. Крім того, технологічний регламент регламентує необхідність для виконавців, пов'язаних з кожним видом встановленого технічного засобу.

Для виконання роботи можна використовувати різні типи технічних ресурсів, кожен з яких пропонує різні рівні впевненості щодо визначених показників ефективності. Ключовим фактором ефективного управління ВПР є створення його календарного плану. Встановлення цього календарного плану вимагає визначення тривалості для кожного завдання, яка залежить від обсягу роботи, яку необхідно виконати, рівня продуктивності та кількості задіяних технічних ресурсів. Враховуючи різноманітність видів технічних ресурсів і вплив численних факторів зовнішнього середовища проекту, сформованих характеристиками об'єкта трансформації та агрометеорологічними умовами,

вирішення цього завдання потребує впровадження сучасних інформаційних технологій.

У ВПР традиційним етапом при складанні календарних планів робіт є визначення основних оперативних показників технічних засобів (підрозділів). Ці показники охоплюють стандартну витрату палива та показники продуктивності для конкретного технічного обладнання, як зазначено в стандартних довідниках [7]. Як правило, ця інформація представлена в таблицях у нормативних довідниках, що потребує значної праці для підтвердження цих цифр. Крім того, нормативні посібники створюються лише для типів технічних засобів, які використовуються на підприємствах протягом тривалого періоду, залишаючи нові види технічних засобів без відповідних стандартів.

Методи штучного інтелекту, особливо нейронні мережі, широко використовуються в усьому світі для аналізу та обробки значних наборів даних. Принципи нейронних мереж знаходять застосування в різних сферах, включаючи аналіз і обробку мультимодальних зображень, класифікацію зображень, класифікацію текстових документів і ідентифікацію неоднозначних ситуацій, серед іншого.

Нейронні мережі відіграють значну роль у вирішенні завдань управління проектами. Крап Н.П. та Юзевич В.М. [9] використовували нейронні мережі для керування конфігураціями, пов'язаними з проектами туристичних потоків. Тим часом Назимко В.В. [17] використали оптимальний регулятор нейронної мережі для вибору найефективнішого керуючого сигналу для проекту, досягаючи рішень, які є майже оптимальними в рамках визначених проектних обмежень і часових обмежень. Тим не менш, автоматизація визначення параметрів технічних засобів комплексу ВПР залишається малодослідженою сферою.

Як зазначалося раніше, окремий ВПР полегшує реалізацію серії технологічних завдань $\{O_i\}$, кожне з яких призначене для впровадження змін на різні об'єкти (наприклад, ґрунт, рослини, матеріали тощо). Щоб точно визначити конкретні завдання в межах проектів, одне завдання можна визначити як кортеж, що містить такі атрибути:

$$O_i = \langle VO_i, \{AV_i\}, \tau_i, [t_i] \rangle, \quad (3.1)$$

де VO_i – категорія завдання (роботи) (оранка, лушення, культивуація, обприскування, тощо); $\{AV_i\}$ – множина агротехнічних вимог до завдань (глибина обробітку, норма внесення тощо); τ_i – агротехнічно-зумовлений час початку завдання; $[t_i]$ – допустима тривалість виконання завдання.

На ефективність кожного завдання O_i у ВПР впливають різноманітні фактори середовища проектування (вхідні нейрони) $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$. Тут x_1 представляє питомий опір ґрунту в полі, x_2 позначає середній кут нахилу поля, x_3 вказує на довжину поля, а x_4 відноситься до стану об'єкта трансформації (рослина або матеріал). Крім того, кожен із цих факторів має вагу ω , що впливає на ефективність виконання роботи.

Ключовим обов'язком на етапі планування ВПР є вибір технічного обладнання з наявного на підприємстві чи ринку обладнання, гарантування того, що зазначена трансформація відповідає відповідним агротехнічним стандартам. Для несамохідної сільськогосподарської техніки важливо визначити найбільш ефективне джерело енергії з доступних опцій для приводу машини, тим самим гарантуючи оптимальну продуктивність для поставлених завдань.

При створенні нового парку технічного обладнання для сільськогосподарського підприємства або проведенні його реінжинірингу вибираються конкретні технічні засоби з широкого асортименту представленого на ринку обладнання. У діючому сільськогосподарському підприємстві, якщо розроблено календарний план роботи, технічне обладнання (агрегат) складається із сукупності сільськогосподарських машин $\{SM_i\}$ та енергоресурсів $\{EZ_i\}$, які є у підприємства.

Для вибору раціональних типів ресурсів під час виконання робіт у ВПР важливо враховувати декілька із зазначених раніше факторів, що підкреслює корисність теорії нейронних мереж. Кожна нейронна мережа в основному складається з відносно простих елементів (клітин), які зазвичай імітують функціонування нейронів мозку. У цьому контексті нейрон відноситься до

штучного нейрона, який по суті є клітиною в нейронній мережі. Подібно до нервових клітин у мозку, які можуть збуджуватися або гальмуватися, кожен нейрон визначається своїм поточним станом. Він має набір синапсів — односпрямованих вхідних з'єднань, пов'язаних із виходами інших нейронів — і аксон, який служить вихідним з'єднанням для цього нейрона, дозволяючи сигналу (збудженню чи гальмуванню) проходити до синапсів наступних нейронів. Малюнок 3.1 ілюструє загальну структуру нейрона.

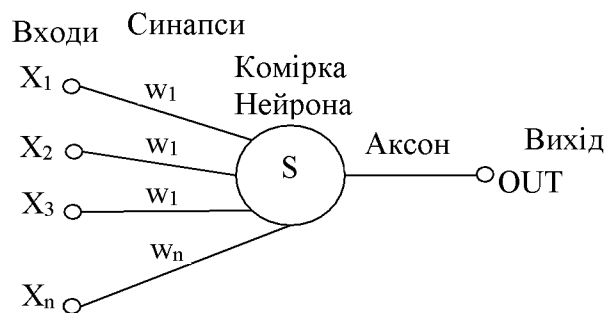


Рис. 3.1. Загальний вигляд штучного нейрона

Вага w_i , що відповідає синаптичному зв'язку, характеризує кожен синапс і фізично еквівалентна електропровідності. Поточний стан нейрона визначається зваженою сумою його вхідних даних, що називається NET:

$$NET = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i . \quad (3.2)$$

На вихід нейрона впливає його стан, який часто називають функцією активації:

$$OUT = f(NET - \Theta) . \quad (3.3)$$

де Θ – значення порогового рівня даного нейрону.

У контексті побудови нейронних мереж існує велика різноманітність функцій активації, вибір яких значною мірою залежить від конкретного характеру завдання, простоти реалізації на комп'ютері та алгоритму навчання мережі. Враховуючи те, що раціональний вибір типів ресурсів під час виконання робіт у ВПП потребує врахування низки умов, пов'язаних із технічною оснащеністю зазначених проектів, рекомендовано використовувати нейронну мережу, структуровану як багатошаровий перцептрон (рис. 3.2).

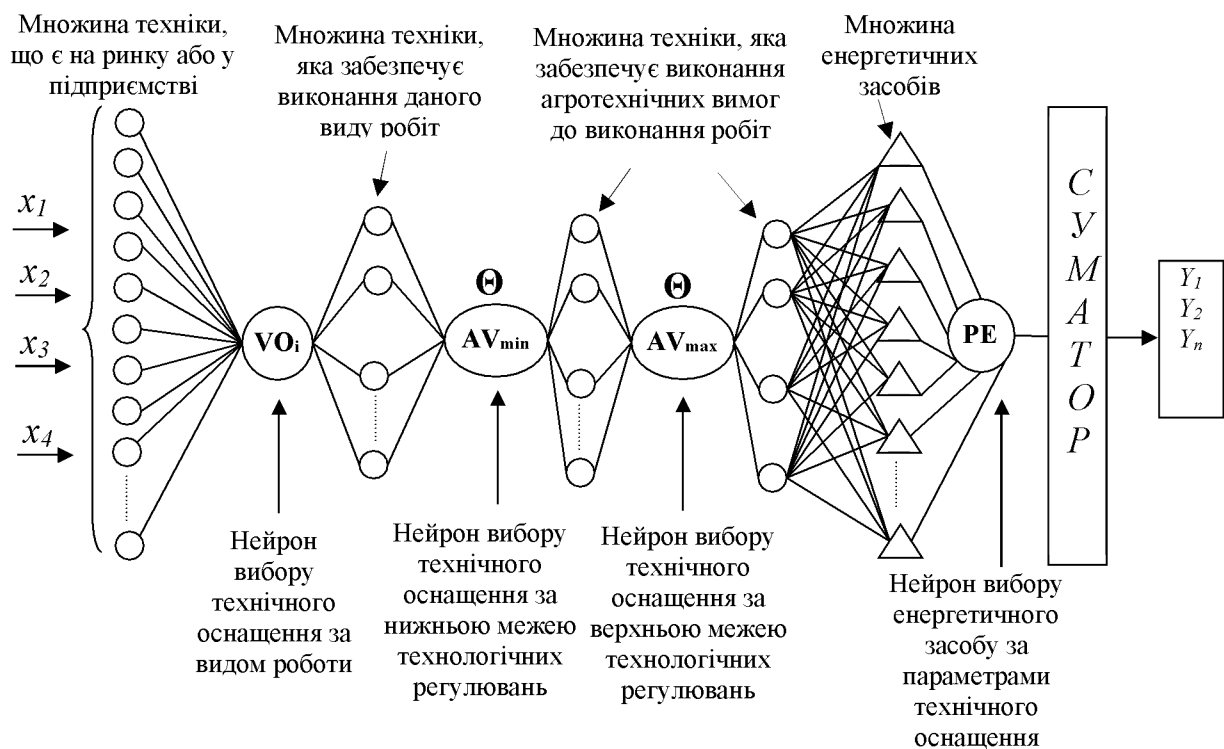


Рис. 3.2. Модель нейронної мережі вибору раціональних типів ресурсів під час виконання робіт у ВПП

Багатошаровий перцептрон отримує вхідні дані від набору обладнання $\{CM_i\}$ і енергетичних засобів $\{EZ_i\}$ для їх приводу, які доступні на ринку або в сільськогосподарських підприємствах для їх роботи. У цій мережі початковий шар нейронів відповідає за вибір із групи машин $\{CM_i\}$ тих, які здатні виконувати певний тип роботи VO_i . Крім того, тип функції активації для нейронів у цьому шарі було позначено як «жорстка сходи́нка» (рис. 3.3):

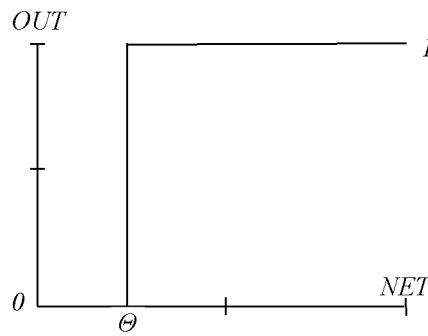


Рис. 3.3 Функція активації нейрона «жорстка сходи́нка»

$$OUT = \begin{cases} 1, VO_i = PM_i \\ 0, VO_i \neq PM_i \end{cases}, \quad (3.4)$$

де PM_i - технологічне призначення сільськогосподарської машини.

Нейрон вибирає набір методів, які служать вхідними даними для наступного шару нейронів. Цей шар призначений для вибору техніки, що відповідає визначеним агротехнічним нормам для експлуатації. Наприклад, такі завдання, як лушення стерні, можна виконувати за допомогою дискових лушчильників, борон або плужних лушчильників, кожен з яких досягає різного рівня ефективності (ваги) w . На ефективність виконання завдання, у свою чергу, впливає те, наскільки відповідна сільськогосподарська техніка відповідає заданим агротехнічним вимогам AV_i .

Для різних видів сільськогосподарської продукції ВПР вимагає проведення спеціальних робіт, які дотримуються як мінімальних меж AV_{min} , так і максимальних меж AV_{max} щодо допустимих агротехнічних норм. Крім того, сільськогосподарська техніка підлягає власним мінімальним порогам TR_{min} та максимальним TR_{max} для технологічних налаштувань робочих елементів техніки, визначеним виробником. Отже, у цьому сценарії перевірка відповідності техніки агротехнічним нормам буде проводитися послідовно за допомогою двох нейронів, орієнтованих на мінімальний і максимальний порог технологічних налаштувань.

Рекомендується використовувати «жорстку сходинку як функцію активації для цих нейронів. На нижній межі технологічних налаштувань вихід нейрона вибору буде мати такий вигляд:

$$OUT = \begin{cases} 1, AV_{\min} + \Theta \cdot AV_{\min} \geq TR_{\min} \\ 0, AV_{\min} + \Theta \cdot AV_{\min} < TR_{\min} \end{cases}, \quad (3.5)$$

де Θ – граничний рівень нейрону, який задає допустиме відхилення від заданих агротехнічних вимог до роботи.

Вихід нейрона вибору на піку технологічних модифікацій матиме аналогічну форму:

$$OUT = \begin{cases} 1, AV_{\max} - AV_{\max} \cdot \Theta \leq TR_{\max} \\ 0, AV_{\max} - AV_{\max} \cdot \Theta > TR_{\max} \end{cases}. \quad (3.6)$$

Кожну несамохідну сільськогосподарську машину можна поєднати з відповідним набором енергетичних засобів. Всередині нейронної мережі нейрон *PE* (рис. 3.2) відповідає за завдання вибору джерела енергії. Цей нейрон вибирає електроінструмент на основі специфікацій сільськогосподарської машини, особливо орієнтуючись на клас тяги, який є основним показником, що вказує на доцільність поєднання сільськогосподарської машини з відповідним енергетичним засобом. Функція активації цього нейрона нагадує функцію першого рівня мережі, зокрема «жорстка сходинка»:

$$OUT = \begin{cases} 1, P_{Hi} \geq R_{Hj} \\ 0, P_{Hi} < R_{Hj} \end{cases}, \quad (3.7)$$

де P_{Hi} – номінальне тягове зусилля на гаку i -го енергетичного засобу, кН, R_{Hi} – тяговий опір j -ї сільськогосподарської техніки у даних умовах проектного середовища X_1 та X_2 , кН.

Аналіз встановлених варіантів раціональних типів ресурсів для виконання завдань у ВПР проведено за допомогою суматора. Результатом цього процесу є вихідний нейрон, який охоплює ряд характеристик, пов'язаних з технічними ресурсами, включаючи Y_1 – погодинну продуктивність технічного обладнання для виконання робіт; Y_2 – питома витрата палива; та інші важливі показники використання (Y_n). Для встановлення раціональної категорії технічних ресурсів для виконання завдань у ВПР оцінюється варіант технічного оснащення, який дає оптимальні задані показники. Додатково на підставі існуючих нормативних документів визначено потребу в основному та допоміжному персоналі для виконання поставлених завдань.

3.2. Моделювання прогнозування втрат продукту у виробничих проектах рослинництва.

Ключовою вимогою для ефективного управління VPR є вирішення проблем, пов'язаних з ефективним наглядом за ресурсами, змістом і часом. Щоб вирішити ці проблеми управління, використовуються методи сітки та календарного планування. Оскільки керівник проекту повинен швидко аналізувати значний обсяг інформації для успішного виконання проекту, існує попит на спеціальні інструменти, включаючи сітку проекту та календарні графіки. Календарний графік наочно представляє діяльність проекту, ілюструючи їх послідовність, взаємозв'язки, тривалість і терміни їх виконання. Методи сітки та календарного планування широко застосовуються в різних секторах, включаючи будівельні та інженерні проекти. Тим не менш, VPR має відмінні характеристики, які роблять традиційні підходи сіткового та календарного планування неефективними [11].

Враховуючи сучасний спектр альтернативних методів виконання робіт та залучення конкретних видів ресурсів для реалізації ВПР, поряд із встановленими часовими обмеженнями на графік виконання робіт, виникає необхідність створення спеціалізованих моделей для автоматизованої сітки та календаря планування, що стосується цих проектів. Як зазначалося раніше, VPR має кілька помітних характеристик, які перешкоджають ефективному застосуванню звичайних методів сітки та календарного планування. Зокрема, ці проекти передбачають значний обсяг робіт, які необхідно виконати в агротехнічні терміни, на які впливають біологічні особливості культур, що вирощуються, фази їх розвитку та агрометеорологічні умови проектної території. Ці терміни розглядатимуться як обов'язкові; будь-яке порушення призведе до незворотних втрат продукції проекту (врожаю). Отже, коригування термінів виконання ключових завдань для оптимізації використання ресурсів може відбуватися лише в межах встановлених параметрів.

Окремі ВПР проводяться на окремих родовищах або кластерах родовищ, що зумовлює необхідність послідовного виконання основних завдань визначених проектів на окремих земельних ділянках. У зв'язку з цим неможливо виконувати різні види робіт одночасно.

Крім того, на результати створеного продукту VPR значною мірою впливають ризики, пов'язані зі стихійними лихами та несприятливими погодними умовами, які є частиною кліматичних факторів проектного середовища та повинні бути включені в моделі. Зокрема, проект ВПР можна розглядати як серію систематичних дій (таких як робота з ґрунтом, рослинами чи матеріалами), що виконуються відповідно до визначених агротехнічних норм.:

$$P = \{O_i\}. \quad (3.8)$$

У ВПР кожне i -те завдання (O_i) визначається кортежем, який включає різні атрибути: тип роботи (VO_i) (наприклад, оранка, культивування, хімізахист

тощо); набір агротехнічних вимог, необхідних для виконання завдання (включаючи глибину обробітку, норму внесення тощо); і директивний час початку $[\tau_i]$ разом з тривалістю $[t_i]$ для i -ї роботи:

$$O_i = \langle VO_i, \{AV_i\}, [\tau_i], [t_i] \rangle. \quad (3.9)$$

Під час виконання ВПР підприємство має обмежений масив виробничо-технічних ресурсів, який включає різні сільськогосподарські машини $\{M_{ij}\}$ та енергетичні засоби $\{T_{ij}\}$ для їх роботи. Ці ресурси складають пул, який можна використовувати в різних проектах. Враховуючи обмеження наявних ресурсів, доцільно змоделювати застосування цих ресурсів, враховуючи коливання обсягів роботи Q у межах проекту та обмеження допустимих термінів виконання роботи.

Календарний графік робіт у ВПР встановлюється в два етапи. Початковий етап передбачає створення технологічної моделі формування продукту в рамках проекту (рис. 3.4).

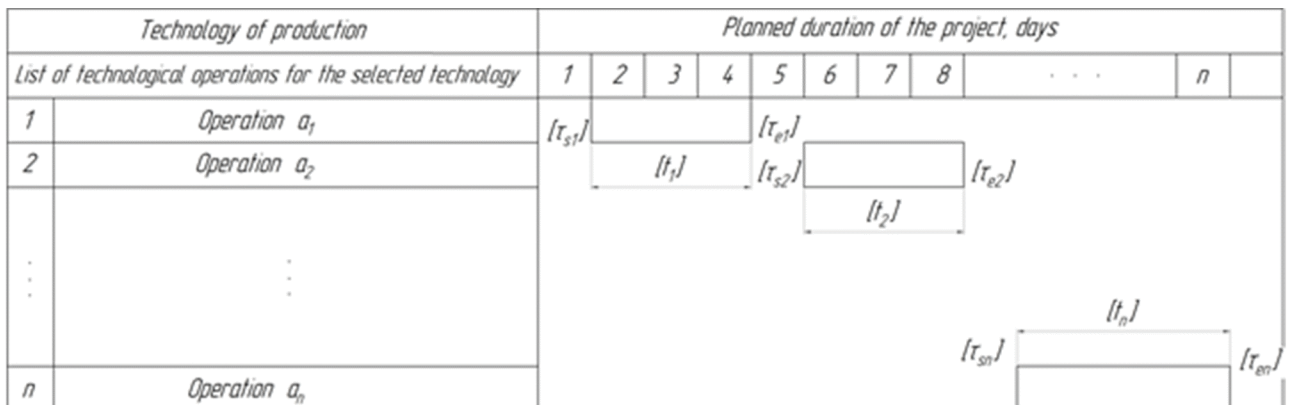


Рис. 3.4. Технологія формування продукту проекту

Технологічна модель формування продукту проекту ілюструє послідовність завдань ВПР, організованих як за часом, так і за змістом, разом із векторами, що вказують директивні календарні терміни їх виконання. У цій моделі початкова точка $[\tau_{s_i}]$ вектора календарного терміну роботи визначається

початковим часом директиви, тоді як кінцева точка $[\tau_{e_i}]$ обчислюється за такою формулою:

$$[\tau_{e_i}] = [\tau_{s_i}] + [t_i]. \quad (3.10)$$

Структура технології, задіяної у створенні продукту проекту, встановлює «ідеальний» графік для ВПР. Досягнення максимального результату продукту проекту було б можливим, якщо всі завдання, окреслені в проекті, були виконані в призначені терміни.

На другому етапі для кожної роботи a_i конкретне технічне обладнання (сільськогосподарська машина) вибирається з наявного набору $\{M_{ij}\}$ для проекту, гарантуючи, що він відповідає необхідним агротехнічним вимогам для виду робіт, які будуть виконуватися.

Для сільськогосподарської техніки, яка не є самохідною, важливо вибрати енергетичний засіб $\{T_{ij}\}$ який забезпечить оптимальну рушійну потужність цієї машини, тим самим гарантуючи найбільш ефективне виконання завдання. Таким чином, ми отримуємо технічний ресурс (агрегат), необхідний для виконання зазначеної роботи.

У цьому технічному ресурсі розглядаються експлуатаційно-технічні характеристики, а також кілька факторів зовнішнього середовища проектування. Ключові фактори включають питомий опір ґрунту в полі, середній кут нахилу, довжину поля та стан об'єкта трансформації (будь то рослина чи матеріал). Ці елементи використовуються для встановлення його змінної продуктивності W_v та питомої витрати палива g_p .

При встановленій змінній продуктивності технічного ресурсу розраховується фактична тривалість кожної технологічної операції O_i з з урахуванням кількості наявних технічних ресурсів:

$$t_i = \frac{Q}{W_v \cdot K_v \cdot n}, \quad (3.11)$$

де Q – обсяг робіт, га (т, м³); W_v – продуктивність агрегату за зміну (норма виробітку агрегату), га/зміну; K_v – коефіцієнт змінності, n – кількість залучених до роботи технічних засобів на i -й роботі з доступної множини $\{M_{ij}\}$ і $\{T_{ij}\}$.

Необхідно також встановити час початку і закінчення для кожного конкретного завдання, враховуючи, що може бути лише одне завдання яке виконуються одночасно на окремих земельних ділянках. Для початкового завдання в рамках ВПР координата вектора, що позначає його початок, відповідатиме його директивному календарному часу, який визначається наступним чином:

$$\tau_{s1} = [\tau_{s1}]. \quad (3.12)$$

Для кожної наступної i -ї роботи у ВПР початкові координати векторів встановлюються за директивним календарним часом їх початку за умови, що виконання попередньої роботи в полі завершено, тобто:

$$\tau_{s_i} = \begin{cases} [\tau_{s_i}], & \text{if } [\tau_{s_i}] > \tau_{e_{i-1}} \\ \tau_{e_{i-1}}, & \text{if } [\tau_{s_i}] \leq \tau_{e_{i-1}} \end{cases}. \quad (3.13)$$

У ВПР координата вектора завершення роботи отримується підсумовуванням тривалості завдання з координатою його початкової точки:

$$\tau_{e_i} = \tau_{s_i} + t_i. \quad (3.14)$$

При виконанні визначених обсягів робіт обмеження наявного складу сільськогосподарської техніки $\{M_{ij}\}$ та енергетичних засобів $\{T_{ij}\}$ можуть призвести до порушення встановлених директивних термінів. Обсяг тривалості робіт, що перевищує ці директивні терміни (рис. 3.5), встановлюється за умовою:

$$t_u = \begin{cases} \tau_{e_i} - [\tau_{e_i}], & \text{if } \tau_{e_i} > [\tau_{e_i}] \\ 0, & \text{if } \tau_{e_i} \leq [\tau_{e_i}] \end{cases} \quad (3.15)$$

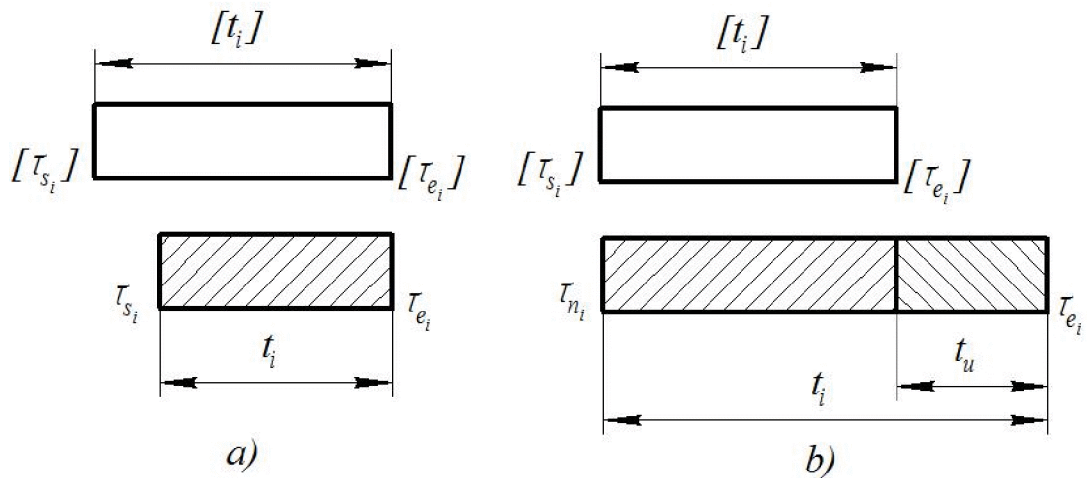


Рис. 3.5. Графічне представлення проектів, тривалість яких знаходиться в межах (а) або поза межами (б) зазначеного терміну

Якщо час виконання самостійного завдання в рамках ВПР перевищує встановлений календарний час виконання (рис. 3.5., б), це призводить до втрат продукту проекту. Для недопущення виконання завдань у встановлені терміни вносяться коригування або денної тривалості робочого часу (коефіцієнта змінності), або кількості технічних засобів, що використовуються для роботи.

Якщо жоден із заходів не перешкоджає перевищенню тривалості роботи зазначених термінів, оцінюються збитки продукту ВПР через затримку виконання цього завдання [11].

$$Z_i = 0,5 \cdot U_{\max_i} \cdot Q_{u_i} \cdot t_{u_i} \cdot \kappa_l, \quad (3.16)$$

$$Q_{u_i} = Q - W_{d_i} \cdot ([\tau_{e_i}] - \tau_{s_i}). \quad (3.17)$$

де U_{\max_i} – максимальна урожайність сільськогосподарської культури (характеристика продукту проекту), ц/га; Q_{u_i} – обсяг несвоєчасно виконаних робіт, га (т, м³); t_{u_i} – тривалість виконання роботи понад директивні терміни,

днів; κ_l – коефіцієнт втрати урожаю сільськогосподарської культури внаслідок затримки роботи на одну добу [13, 14]; W_{d_i} – добова продуктивність технічного оснащення при виконанні даної роботи, га/добу.

Отже, початок наступних робіт може бути відкладено понад визначений директивний час через використання конкретних складових праці (полів, рослин) або технічних ресурсів під час виконання попередніх завдань (рис. 3.6).

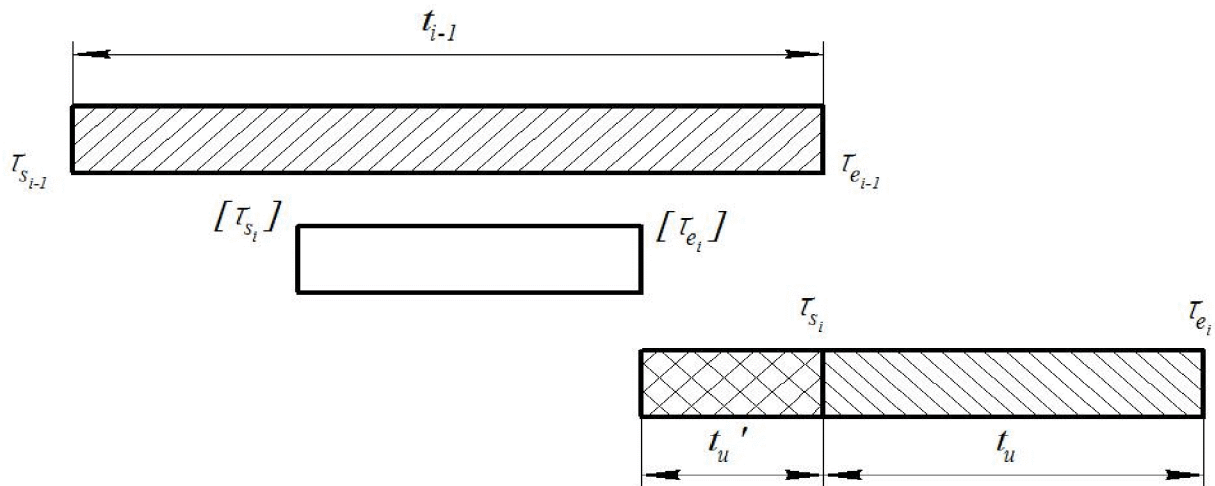


Рис. 3.6. Графічне представлення проектів, у яких початок виконання перевищує встановлений термін.

Водночас збитки, понесені продуктом ВПР через затримку початку діяльності, визначаються за такою формулою:

$$Z'_i = Q_u \cdot t'_u \cdot U_{\max_i} \cdot \kappa_l, \quad (3.18)$$

$$t'_u = \begin{cases} \tau_{s_i} - [\tau_{e_i}], & \text{if } \tau_{s_i} \geq [\tau_{e_i}] \\ 0, & \text{if } \tau_{s_i} < [\tau_{e_i}] \end{cases}. \quad (3.19)$$

Подальший етап прогнозування втрат продукту в ВПР передбачає обчислення загальних втрат продукту проекту для кожного завдання, які є результатом затримок у виконанні:

$$\sum Z_{S_i} = Z'_i + Z_i. \quad (3.20)$$

Використовуючи рамки календарного плану для виконання завдань, очікувані втрати продукту для всіх видів діяльності в рамках проекту P разом із загальними очікуваними втратами для результату проекту можна розрахувати за такою формулою:

$$Z_{P_i} = \sum_{i=1}^n Z_{S_i} . \quad (3.21)$$

Отримані результати є основою для обґрунтування управлінських рішень щодо подальшого впровадження ВПР. Аналізуючи окремі дослідження, стає можливим ідентифікувати критичні аспекти ВПР, які призводять до найбільших втрат продукту, таким чином точно визначаючи ресурси, відсутність яких сприяє цим втратам. Для керівника проекту, який контролює ВПР, ця інформація є основою для рішень, пов'язаних із забезпеченням належного забезпечення проекту шляхом співпраці, найму або додаткової закупівлі одного чи кількох типів ресурсів. Якщо ці варіанти неможливі, це вимагатиме коригування шкали ВПР у бік зменшення. Таке зменшення масштабу згодом зменшить навантаження на існуючі ресурси, що призведе до мінімізації втрат продукції, пов'язаних із проектом.

3.3. Підходи до управління виробничо-технічними ресурсами виробничих проектів рослинництва

Українські сільськогосподарські підприємства працюють в умовах невизначеності та постійних коливань умов виробництва. Щороку виробництво та обсяги виробництва продукції рослинництва на окремих підприємствах необхідно переналаштовувати, враховуючи динаміку ринку сільськогосподарської продукції, на яку значною мірою впливають неконтрольовані фактори як внутрішнього, так і світового попиту. Постійно

впроваджуються нові високоефективні технічні засоби і технології виробництва. Отже, щоб залишатися конкурентоспроможними, ці підприємства повинні щорічно адаптувати структуру сільськогосподарського виробництва та впроваджувати новітні технології та обладнання.

Управління ВПР для окремих сільськогосподарських підприємств потребує проектно-орієнтованої стратегії. Ця стратегія розглядає виробництво рослинної продукції як окремий проект. ВПР характеризуються визначеними датами початку та закінчення, підкреслюючи їх тимчасову сутність. Початок цих проектів знаменується рішенням виробляти певний набір і кількість рослинної продукції, яка відповідає необхідним стандартам якості. Проекти завершуються, коли вироблені товари продаються та результати оцінюються, завершуючись оцінкою отриманого продукту.

Управління ВПР щороку створює труднощі через зміни як у структурі, так і в обсязі виробництва, що, у свою чергу, призводить до зміни земельних ділянок, які використовуються для реалізації проекту. Ці зміни в земельних ділянках призводять до варіацій в умовах вирощування та збору врожаю, включаючи такі фактори, як розташування, розмір поля, конфігурація, рельєф, характеристики ґрунту та вміст поживних речовин. Такі зміни впливають на використання трудових і технічних ресурсів, а також на споживання палива, добрив і пестицидів.

Вирішальну роль у ВПР відіграє технологічне регулювання, яке складається з ряду завдань, які необхідно виконувати протягом усього періоду вегетації культури. Кожне завдання визначається агротехнічно прийнятними директивними графіками, які включають як початок, так і визначену тривалість, протягом якої робота має бути завершена.

Кожна посада потребує використання відповідних технічних ресурсів, які в основному є універсальними та застосовними для різних робіт. Отже, щоб гарантувати ефективне виконання роботи в рамках ВПР, керівник проекту повинен розподілити наявний пул технічних ресурсів між різними проектами. Брак цих ресурсів або їх неефективний розподіл може призвести до незворотних

втрат продукту через недотримання директивних термінів і затримок у виконанні проекту.

Враховуючи великий спектр робіт у VPR, які використовують подібні технічні ресурси та на які впливають численні фактори всередині середовища проектування, що розвивається, — визначаються як характеристиками проектів трансформації, так і агрометеорологічними умовами — вирішення цієї проблеми вимагає застосування сучасних інформаційних технологій. Для ефективного впровадження цих технологій необхідно створити методику управління виробничо-технічними ресурсами, пов'язаними з ВПР.

Необхідний обсяг випуску продукції в установлені терміни визначається масштабами виробництва, відповідно до номенклатури, асортименту і якості, передбачених планом реалізації. Цей масштаб також впливає на перелік і обсяг проектів, задіяні ресурси, попит на виробничі та технічні ресурси, а також вимоги до робочої сили та інші фактори.

У окремому сільськогосподарському підприємстві обсяг виробництва (PP) можна проілюструвати загальною площею S_i на якій вирощують культури:

$$PP = \{S_1, S_2, S_3 \dots, S_n\}. \quad (3.22)$$

При виконанні ВПР використовується сукупність виробничо-технічних ресурсів, зокрема: земельні ділянки $\{P_i\}$; сільськогосподарські машини $\{M\}$; енергетичні засоби $\{T\}$; трудові ресурси $\{W\}$.

Кожна земельна ділянка (Pl_i) характеризується такими показниками: площа (s_i); середня довжина робочого гону (l_i); середній схил рельєфу (α_i); питомий опір ґрунту (ρ_i).

$$Pl_i = \{s_i, l_i, \alpha_i, \rho_i\}. \quad (3.23)$$

Масив «енергетичних засобів» (T_i) характеризується такими параметрами, як: тягове зусилля (P_{H_i}); тип двигуна (TP_i); характеристики начіпної та

гідравлічної систем (HC_i); питома витрата палива (q_{ni}); кількість доступних енергетичних засобів (n_i).

$$T_i = \{P_{H_i}, TP_i, HC_i, q_{ni}, n_i\}. \quad (3.24)$$

Масив «сільськогосподарські машини» (M_i) характеризується кількома визначальними ознаками: технологічне призначення ($ТП_i$); оперативна (робоча) швидкість (V_{p_i}); ефективна робоча ширина захвату (B_{p_i}); тяговий опір (R_{H_i}); атрибути начіпної та гідравлічної систем (HC_i); кількість оперативних виконавців (n_{on}); загальна кількість наявних сільськогосподарських машин (n_i)

Отже, параметри для i -ї сільськогосподарської машини (M_i) будуть представлені у вигляді:

$$M_i = \{ТП_i, V_{p_i}, B_{p_i}, R_{H_i}, HC_i, n_{on}, n_i\}. \quad (3.25)$$

Ключовим завданням управління ресурсами у ВПП є встановлення зв'язку між масштабом виробництва та різними наборами виробничо-технічних ресурсів.

$$PP \Leftrightarrow \{PI\} \Leftrightarrow \{T\} \Leftrightarrow \{M\}. \quad (3.26)$$

Невиправдане підвищення обсягу i -го виду продукції в рамках ВПП призводить до дефіциту виробничо-технічних ресурсів, що в кінцевому підсумку призводить до безповоротних втрат продукції через затримку виконання завдань. І навпаки, невиправдане зменшення обсягу j -го виду продукції у ВПП викликає неефективне розміщення виробничо-технічних ресурсів, що, у свою чергу, підвищує витрати, пов'язані з виробництвом продукту проекту.

Для вирішення цього питання ми запровадили методику управління виробничо-технічними ресурсами у ВПП, проілюстровану структурною схемою, представленою на рис. 3.7.

На початковому етапі цього підходу аналізується ринок сільськогосподарської продукції та встановлюються обсяги продукції ВПП. Дані

про обсяг продукції ВПП слугують основою для обґрунтування масштабів ВПП для конкретного сільськогосподарського підприємства, особливо в частині визначення площі посіву під різні культури.

На наступному етапі встановлюються технологічні орієнтири виробництва сільськогосподарських культур, що представляють собою послідовне розташування завдань у межах ВПП:

$$TR = \begin{Bmatrix} \{O_1\}, n_1 \\ \{O_1\}, n_2 \\ \vdots \\ \{O_k\}, n_k \end{Bmatrix}, \quad (3.27)$$

де $\{O_1\}, \{O_2\} \dots \{O_k\}$ – набір робіт у 1, 2, ..., k -му ВПП; k – виконаних окремим сільськогосподарським підприємством, $n_1, n_2 \dots n_k$ – кількість завдань у межах ВПП.

У ВПП кожне завдання (O_i) визначається певним набором атрибутів:

- характер роботи (VO_i) (оранка, культивування, хімічний захист, тощо);
- множина агротехнічних вимог до завдань $\{AV_i\}$ (наприклад, глибина обробітку, норма внесення тощо);
- визначений час початку завдання $[\tau_i]$;
- визначена тривалість виконання завдання $[t_i]$.

$$O_i = \{VO_i, \{AV_i\}, [\tau_i], [t_i]\}, \quad (3.28)$$

На четвертому етапі запропонованого підходу до управління виробничо-технічними ресурсами ВПП відбувається оцінка технічних ресурсів та розрахунок їх техніко-економічних показників. Щоб вирішити проблему визначення оптимальних типів ресурсів для виконання проекту в рамках ВПП, рекомендується модель, викладена в Розділі 3.1. У цій моделі використовується нейронна мережа, структурована як багатошаровий перцептрон. Початковий рівень визначає технічне оснащення за характером роботи, а другий і третій рівні

визначають технічне оснащення відповідно до заданих нижньої та верхньої меж технологічних регулювань. Потім четвертий рівень вибирає відповідний енергетичний засіб з вибраних сільськогосподарських машин на основі параметрів технічного обладнання. Суматор використовується вихідним нейроном для визначення найбільш підходящого технічного обладнання з огляду на умови проектного середовища.

На п'ятому етапі управління виробничо-технічними ресурсами в рамках ВПР виконується обґрунтування невпорядкованої моделі формування проектної продукції (TP) для конкретних сільськогосподарських культур, представленої у вигляді календарного графіка робіт.

$$TP = \left\{ \begin{array}{l} VO_{1,1}, \{AV_{1,1}\}, [\tau_{1,1}], [t_{1,1}], s_{1,1}, f_{1,1} \\ VO_{1,2}, \{AV_{1,2}\}, [\tau_{1,2}], [t_{1,2}], s_{1,2}, f_{1,2} \\ \vdots \\ VO_{i,nk}, \{AV_{i,nk}\}, [\tau_{i,nk}], [t_{i,nk}], s_{i,nk}, f_{i,nk} \end{array} \right\}, \quad (3.29)$$

де $s_{1,1}, s_{1,2} \dots s_{i,nk}$ – представляють час початку конкретних завдань у невпорядкованій моделі формування продукту проектів; $f_{1,1}, f_{1,2} \dots f_{i,nk}$ – позначають час завершення цих завдань у тій же невпорядкованій моделі формування продукту проектів.

На шостому етапі управління виробничо-технічними ресурсами в рамках ВПР організація роботи зосереджується навколо визначених проектів. Ця дія має на меті точно визначити різні типи технічних ресурсів, що використовуються одночасно в різних проектах, дозволяючи коригувати кінцеві терміни виконання цих завдань, враховуючи пріоритети кожного проекту.

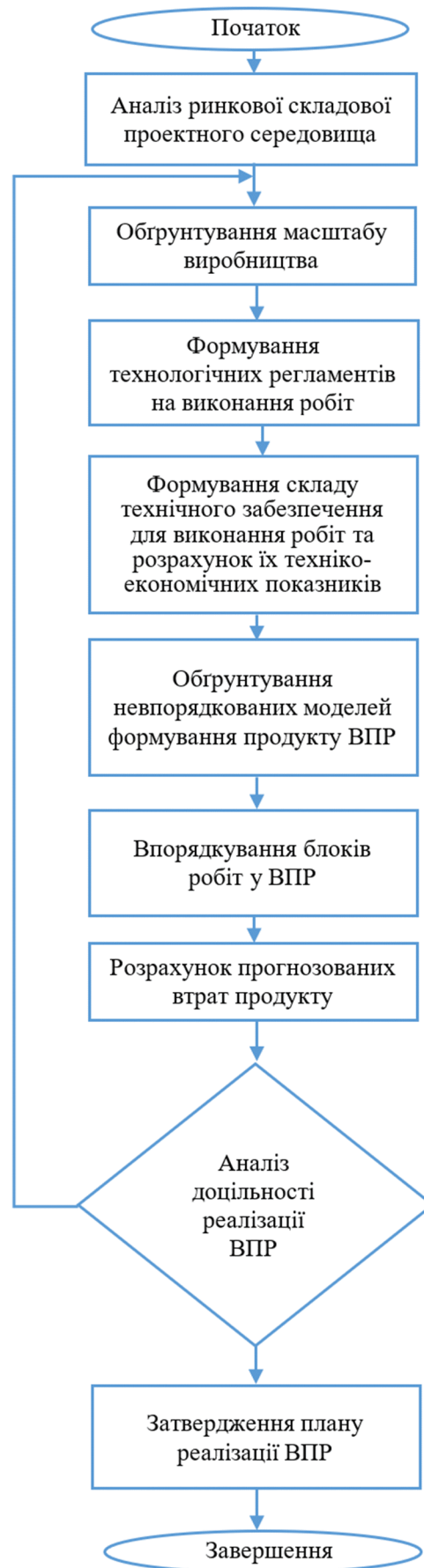


Рис. 3.7. Структурна схема, що ілюструє метод управління виробничо-технічними ресурсами у ВПР

На наступному етапі запропонованого підходу до управління виробничо-технічними ресурсами в рамках ВПР оцінюються очікувані втрати продукту проекту, які виникають під час виконання кожного конкретного проекту внаслідок порушення директивних термінів. Після оцінки цих очікуваних втрат визначаються параметри оптимізаційної моделі та встановлюється поточна вартість цільової функції.

$$\sum_{i=1}^{n_k} S_i \cdot U_i \cdot C_i - \sum_{i=1}^{n_k} B_i \cdot C_i \Rightarrow \max, \quad (3.30)$$

де S_i – площа i -ї культури, га; U_i – очікувана урожайність i -ї культури, т/га; C_i – ринкова ціна продукції, зібраної з i -го врожаю; B_i – кількість втрат продукції, пов'язаних з i -ю культурою, т.

Виникнення значних втрат продукту з i -ї культури спонукає до дослідження альтернативних варіантів реалізації ВПР, а також обґрунтування організаційно-технологічних рішень, пов'язаних із розподілом ресурсів на ці проекти. Поправки, спрямовані на мінімізацію масштабу ВПР, проводяться для тих сільськогосподарських культур, які зазнають найбільших втрат продукції. Після цього ітераційно проводиться перегляд потенційних варіантів ресурсного забезпечення ВПР та вибираються раціональні сценарії реалізації ВПР на основі встановленої цільової функції. Сценарій, який досягає максимуму цільової функції (3.30), вважається раціональним.

Висновки до розділу 3

1. Запропонована модель для вибору раціональних типів ресурсів для виконання робіт у проектах рослинництва базується на розробці та застосуванні штучних нейронних мереж, зокрема багатошарового персептрона з функцією активації нейронів «hard step». Цей підхід ефективно враховує виробничі та кліматичні умови регіону, де здійснюються проекти з рослинництва, а також спектр технічних ресурсів, доступних на ринку.

2. Удосконалена модель, розроблена для прогнозування втрат продукції в проектах сільськогосподарського виробництва, спирається на методи календарного планування та імітаційне моделювання для оцінки виконання завдань у рамках цих конкретних проектів. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити показники, пов'язані з незавершеними роботами, враховуючи наявні ресурси. На відміну від поточних моделей, представлена в цьому дослідженні враховує технологічні вимоги щодо директивних термінів виконання завдань, масштабу проектів, а також характеристик і кількості доступних ресурсів.

3. Запропонований підхід до управління виробничо-технічними ресурсами в проектах рослинництва є основою для встановлення оптимальних потреб у ресурсах. Такий спосіб підвищує ефективність виконання зазначених проектів при зниженні втрат продукції. Крім того, він забезпечує надійний засіб прогнозування показників ефективності, пов'язаних з використанням ресурсів, і полегшує вибір найбільш прийнятних ресурсів для конкретного середовища проектування.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Структурно функціональний аналіз технологічного процесу

Умови в яких перебуває виконавець технологічних операцій на полі характеризуються певною травмо- та аварійною небезпекою. Охорона праці безпосередньо на робочому місці - в кабіні трактора та біля нього, значним чином впливає на показники використання робочого часу, а відтак і на продуктивність агрегату загалом.

Таким чином, створення безпечних умов праці є одним із важливих шляхів підвищення ефективності виконання процесу механізованого вирощування сільськогосподарської культури.

Для окреслення груп чинників, котрі характеризуються тією особливістю, що зумовлюють виникнення травмонебезпечних та аварійно небезпечних умов розглянемо види технологічних фаз і операцій, що мають місце в процесі механізованого вирощування культури. Технологічні фази: 1) переїзд агрегату на поле; 2) робота агрегату на полі; 3) переїзд агрегату з поля. Технологічні операції: 1) робочий хід машини; 2) холостий хід машини (розворот, переїзд в іншу загінку); 3) зупинка.

Можливими травмонебезпечними чинниками є: 1) ураження обертовими частинами машини; 2) несправність органів керування, гальм, муфти; 3) перевищення швидкості руху; 4) відмова одного з вузлів агрегату; 5) аварійно-небезпечний стан доріг; 6) недотримання правил пожежної безпеки; 7) алкогольне сп'яніння [20].

4.2. Моделювання процесу виникнення травм та аварій

Використання методу, що розроблений Д.Хенлі і Х.Кумамото, дає можливість шляхом побудови “дерева” відмов і помилок операторів різних

систем вести математичну обробку моделі з метою одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як аварія, травма, катастрофа [21].

Наведемо основні принципи побудови логічно-імітаційної моделі. Окреслюється досліджувана технологічна операція, під час виконання якої вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастрофи. В графічній інтерпретації, модель за своєю формою нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву “дерево відмов і помилок”. В свою чергу кінцеві події називають базовими.

Для окреслення та характеризування тієї чи іншої події в побудові логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи. Як правило, побудова моделі починається з головної події, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій.

Кожен блок рисунку, позначений відповідним номером, означає подію або окремий етап побудови моделі: 1 – відмова (аварія, травма) системи – головна подія; 2 – послідовність подій, що приводять до відмови системи; 3 – послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів; 4 – усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині; 5 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі; 6 – базові події зображують у вигляді кружечків з написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі.

4.3. Розробка логічно-імітаційної моделі травм

Шляхом проведення аналізу, кожний із логічних процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, можна виокремити та знайти подію з якої починається небезпечний процес, ще до виникнення небезпечних наслідків.

Методикою оцінки рівня безпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію

рівня небезпеки для конкретного об'єкта [21]. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від явища що досліджується.

Наведемо методику побудови логічно-імітаційної моделі.

За даними виробництва визначаємо ймовірність базових подій. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідно ймовірність дорівнює 0.

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки “дерева”, позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логічно-імітаційної моделі

Отже, для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі вирощування культури складемо перелік базових подій. Вони лежатимуть в основі даної моделі. Кожній події (пункту) присвоїмо певне значення ймовірності його виникнення:

Стан контролю з охорони праці	$P_1 = 0,25;$
Несерйозне відношення до проходження ТО.....	$P_2 = 0,05;$
Відсутність комплектуючих	$P_3 = 0,1;$
Невисока міцність	$P_4 = 0,03;$
Застарілі технічні засоби	$P_6 = 0,3;$
Виникнення перешкод на полі під час робочого ходу.....	$P_7 = 0,2;$
Досвід роботи	$P_{12} = 0,5.$
Професійний рівень тракториста	$P_{13} = 0,5;$
Психофізіологічний стан тракториста	$P_{14} = 0,3;$

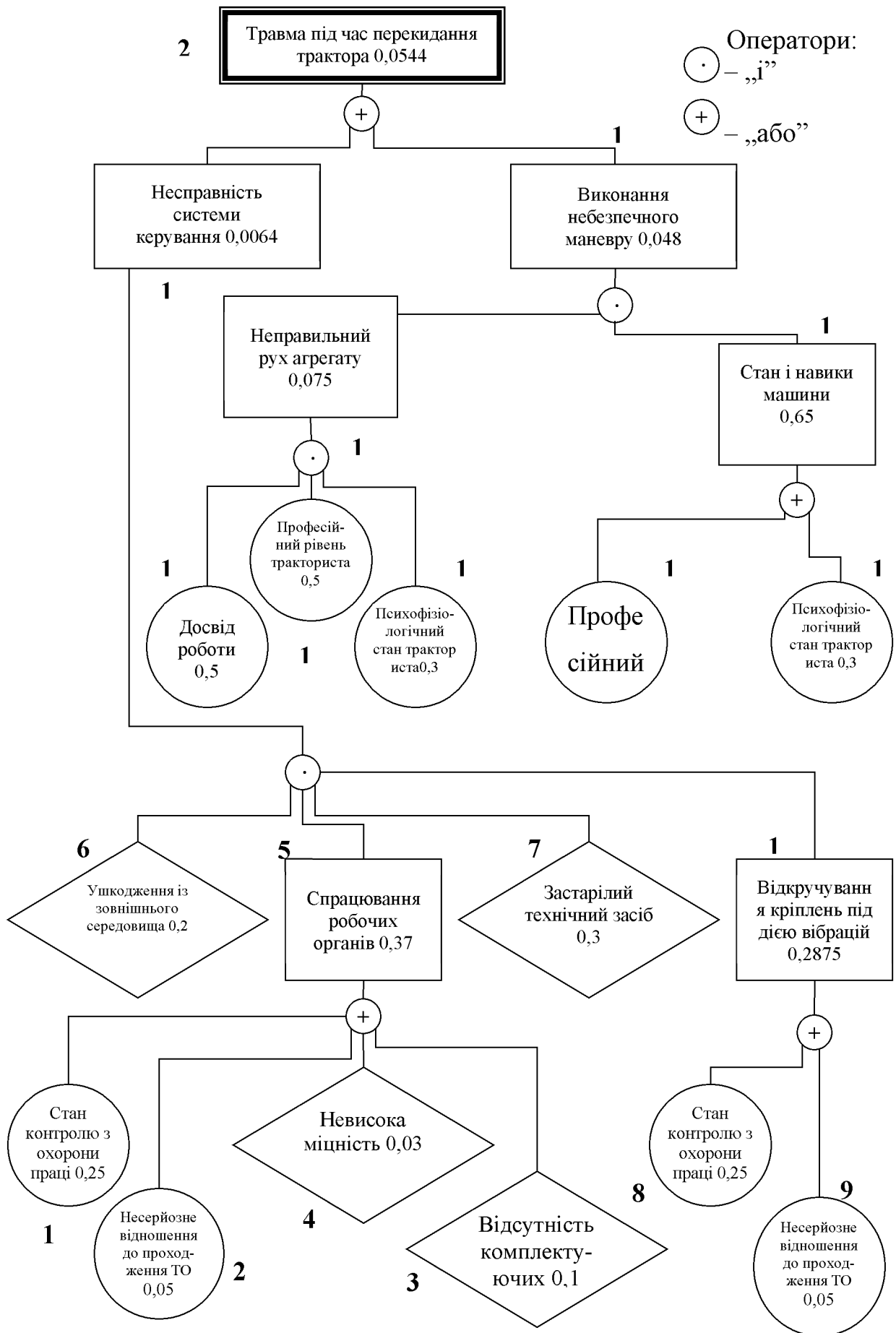


Рис.4.1. - Матриця логічних взаємозв'язків між окремими подіями травмонебезпечної ситуації [23]

На основі наведених подій будуємо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічна інтерпретація якої зображено на рис. 4.1.

Розрахуємо ймовірності виникнення подій, що формують логіко-імітаційну модель технологічного процесу механізованого вирощування картоплі. Розглянемо травмонебезпечну ситуацію, що виникає за умови роботи машини на значних ухилах поля, близько ярів чи при їх об'їзді, котра може призвести до перекидання машини. Ймовірність виникнення події P_5 визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,25 + 0,05 + 0,03 + 0,1 - 0,25 \cdot 0,05 - 0,25 \cdot 0,03 - 0,25 \cdot 0,1 - 0,05 \cdot 0,03 - 0,05 \cdot 0,1 - 0,03 \cdot 0,1 + 0,25 \cdot 0,05 \cdot 0,03 \cdot 0,1 = 0,37$$

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо так:

$$P_{10} = 0,25 + 0,05 - 0,25 \cdot 0,05 = 0,2875$$

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо:

$$P_{11} = 0,2 \cdot 0,37 \cdot 0,3 \cdot 0,3 = 0,0064$$

Ймовірність виникнення події P_{15} визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,3 = 0,075$$

Ймовірність події P_{18} :

$$P_{18} = 0,5 + 0,3 - 0,5 \cdot 0,3 = 0,65$$

Ймовірність події P_{19} :

$$P_{19} = 0,075 \cdot 0,65 = 0,0488$$

Ймовірність події P_{20} :

$$P_{20} = 0,0064 + 0,0488 = 0,0544$$

Таким чином, ймовірність виникнення травми працівника під час перекидання агрегату є досить мала і становить $P_{20} = 0,0544$.

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій.

4.4. Розробка заходів щодо безпеки у надзвичайних ситуаціях

Актуальність проблеми природно-техногенної безпеки для населення і території, зумовлена зростанням втрат людей, що спричиняється небезпечними природними явищами, промисловими аваріями та катастрофами. Ризик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру невпинно зростає, тому питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій на сьогодні є дуже важливе.

Заходи щодо зниження ступеня впливу негативних наслідків аварійних ситуацій здійснюються з метою завчасної підготовки підприємств від надзвичайних ситуацій, та створення умов для підвищення стійкості їх роботи, та проведення своєчасних робіт щодо рятувальних заходів [7].

Відповідальність за організацію цивільної оборони згідно із Законом “Про цивільну оборону України” лягає на керівника підприємства. Керівництво підприємств повинно забезпечити працівників засобами захисту (індивідуального та колективного), створює загони для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

У системі цивільного захисту окремого господарства необхідно забезпечити захист населення таким чином:

- можливість укриття населення у захисних спорудах;
- використання засобів індивідуального і медичного захисту;
- будівництво захисних споруд, насадження лісосмуг.

Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності, досягається за рахунок створення 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.

Висновки до розділу 4.

1. Як вказують результати досліджень, аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показує, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови “дерева відмов” та помилок оператора людино-машинних систем у сільському господарстві

2. Розглянули травмонебезпечну ситуацію, що виникає за умови роботи машинного агрегату на значних ухилах поля, близько ярів чи при їх об'їзді котра може призвести до перекидання машини і встановили, що ймовірність виникнення травми виконавця під час перекидання агрегату є досить мала і становить $P_{20} = 0,0544$.

3. Ризик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру невпинно зростає, тому питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій на сьогодні є дуже важливе.

РОЗДІЛ 5.

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС РЕАЛІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЕКТІВ РОСЛИННИЦТВА

5.1. Алгоритм і блок-схема розробленої системи підтримки прийняття рішень для управління ресурсами у виробничих проектах.

На основі розширених методів і моделей, викладених у розділі 3 цієї магістерської роботи, була створена структурна схема системи підтримки прийняття рішень, спрямованої на управління ресурсами ВПР. Ця система містить інструменти для автоматизованої розробки календарних графіків виконання проекту в рамках ВПР, а також оцінку ефективності використання зазначених технічних, людських і матеріальних ресурсів.

Система підтримки прийняття рішень ВПР щодо управління ресурсами системи складається з наступних підсистем (рис. 5.1):

- Введення та збереження даних;
- Створення організованого календарного графіка виконання завдань у ВПР;
- - Оцінки та звітності щодо використання ресурсів у ВПР.

Підсистема введення та зберігання даних базується на реляційній СУБД і складається з таких модулів бази даних:

- - Технології формування продукції ВПР;
- - Характеристика сільськогосподарської техніки;
- - Характеристика самохідних машин і енергетичних засобів.

База даних технологій формування продукту ВПР складається з кортежу, який містить такі атрибути:

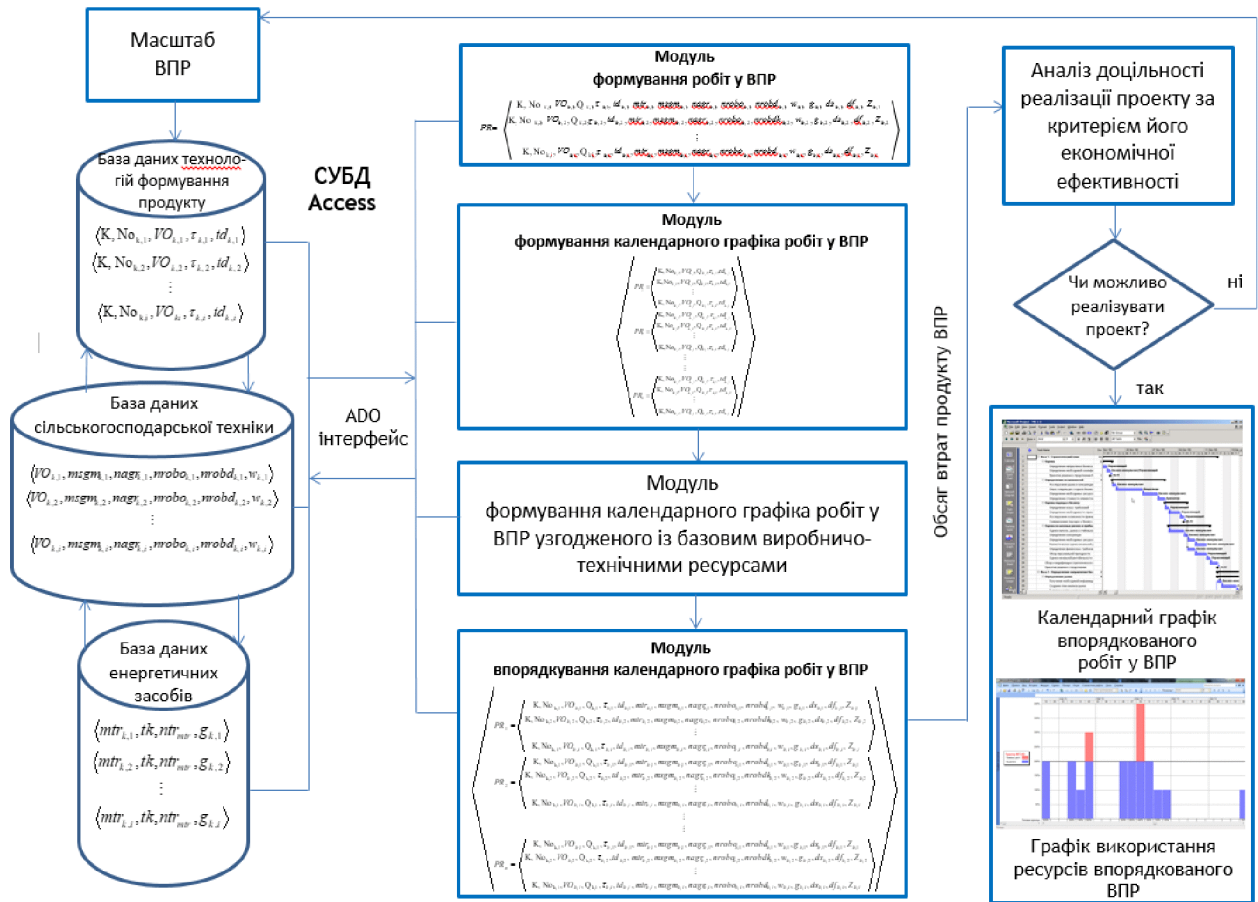


Рис. 5.1. Схема, що ілюструє структуру системи підтримки прийняття рішень щодо управління ресурсами в ВПР.

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle K, No_{k,1}, VO_{k,1}, \tau_{k,1}, td_{k,1} \rangle \\ \langle K, No_{k,2}, VO_{k,2}, \tau_{k,2}, td_{k,2} \rangle \\ \langle K, No_{k,3}, VO_{k,3}, \tau_{k,3}, td_{k,3} \rangle, \\ \vdots \\ \langle K, No_{k,i}, VO_{k,i}, \tau_{k,i}, td_{k,i} \rangle \end{array} \right. \quad (5.1)$$

де K – вид культури; $No_{k,i}$ – номер завдання; i – вид завдання; $VO_{k,i}$ – об’єм i -го завдання; $\tau_{k,i}$ – агротехнічно-визначений час початку i -го завдання; $td_{k,i}$ – агротехнічно допустима тривалість i -го завдання.

База сільськогосподарської техніки представлена наступним кортежем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle VO_{k,1}, msgm_{k,1}, nagr_{k,1}, nrobo_{k,1}, nrobd_{k,1}, w_{k,1} \rangle \\ \langle VO_{k,1}, msgm_{k,1}, nagr_{k,1}, nrobo_{k,1}, nrobd_{k,1}, w_{k,1} \rangle \\ \langle VO_{k,1}, msgm_{k,1}, nagr_{k,1}, nrobo_{k,1}, nrobd_{k,1}, w_{k,1} \rangle, \\ \vdots \\ \langle VO_{k,1}, msgm_{k,1}, nagr_{k,1}, nrobo_{k,1}, nrobd_{k,1}, w_{k,1} \rangle \end{array} \right. \quad (5.2)$$

де $VO_{k,i}$ – тип завдання; $msgm_{k,i}$ – модель сільськогосподарської техніки, що використовується на i -му завданні; $nagr_{k,i}$ – кількість залучених технічних засобів на i -й роботі; $nrobo_{k,i}$, $nrobd_{k,i}$ – кількість основних і додаткових учасників, задіяних у i -му завданні проекту; $w_{k,i}$ – змінна продуктивність використаних технічних засобів на i -му завданні проекту.

База енергетичних засобів і самохідної техніки, яка структурована як кортеж, що містить такі атрибути:

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle mtr_{k,i}, tk_1, ntr_{mtr}, g_{k,i} \rangle \\ \langle mtr_{k,i}, tk_2, ntr_{mtr}, g_{k,i} \rangle \\ \langle mtr_{k,i}, tk_3, ntr_{mtr}, g_{k,i} \rangle, \\ \vdots \\ \langle mtr_{k,i}, tk_i, ntr_{mtr}, g_{k,i} \rangle \end{array} \right. \quad (5.3)$$

де $mtr_{k,i}$ – марка енергетичного засобу або самохідної техніки; tk_l – тяговий клас енергетичного засобу; ntr_{mtr} – загальна кількість енергетичних засобів конкретної марки і самохідних машин, $g_{k,i}$ – питома витрата палива енергетичним засобом або самохідною технікою.

Підсистема, відповідальна за введення та зберігання даних, пов'язана з підсистемою, яка встановлює організований календарний графік виконання робіт у ВПП, використовуючи інтерфейс доступу до даних ADO (ActiveX Data Objects). Цей інтерфейс полегшує зв'язок між підсистемами системи підтримки прийняття рішень, спрямованих на управління ресурсами. Розроблена підсистема формування впорядкованого календарного графіка виконання робіт у ВПП складається з чотирьох виконавчих модулів.

- Встановлення регламенту роботи в рамках ВПР;
- Вибір технічних засобів;
- Визначення календарного графіка роботи у ВПР;
- Організація календарного графіка роботи у ВПР.

Використання модуля формування розкладу робіт у ВПР гарантує розробку комплексного набору завдань для кожного окремого блоку з урахуванням конкретної технології створення продукту ВПР з урахуванням масштабу визначених проектів. Одночасно система підтримки прийняття рішень визначає найбільш ефективно поєднання виробничих і технічних ресурсів для кожного завдання.

Система підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління ВПР включає модуль, який вибирає технічні засоби з наявних ресурсів для створення оптимального комплексу обладнання (машинно-тракторного агрегату) для кожного завдання в рамках поставленого проекту. Для встановлення календарного графіка робіт у ВПР будується графік, виходячи з агротехнічно придатного часу початку та тривалості виконання заданих завдань. На цьому етапі використовуються дані, отримані з бази даних технологій формування продуктів ВПР.

Модуль, призначений для розрахунку календарного графіка робіт у ВПР, формує календарний графік проекту, використовуючи агротехнічно відповідний час початку та тривалість робіт, з інформацією, отриманою з технологічної бази даних ВПР для формування продукції. Це полегшує організацію виробничо-технічних ресурсів серед проектних завдань по відношенню до визначеного обсягу робіт.

Модуль календарного планування робіт у ВПР полегшує координацію наявних виробничих і технічних ресурсів у визначених проектах. Одночасно відбувається перерозподіл ресурсів між завданнями на основі їх пріоритетів, а також оцінюються загальні очікувані втрати продукту проекту через затримки в цих проектах.

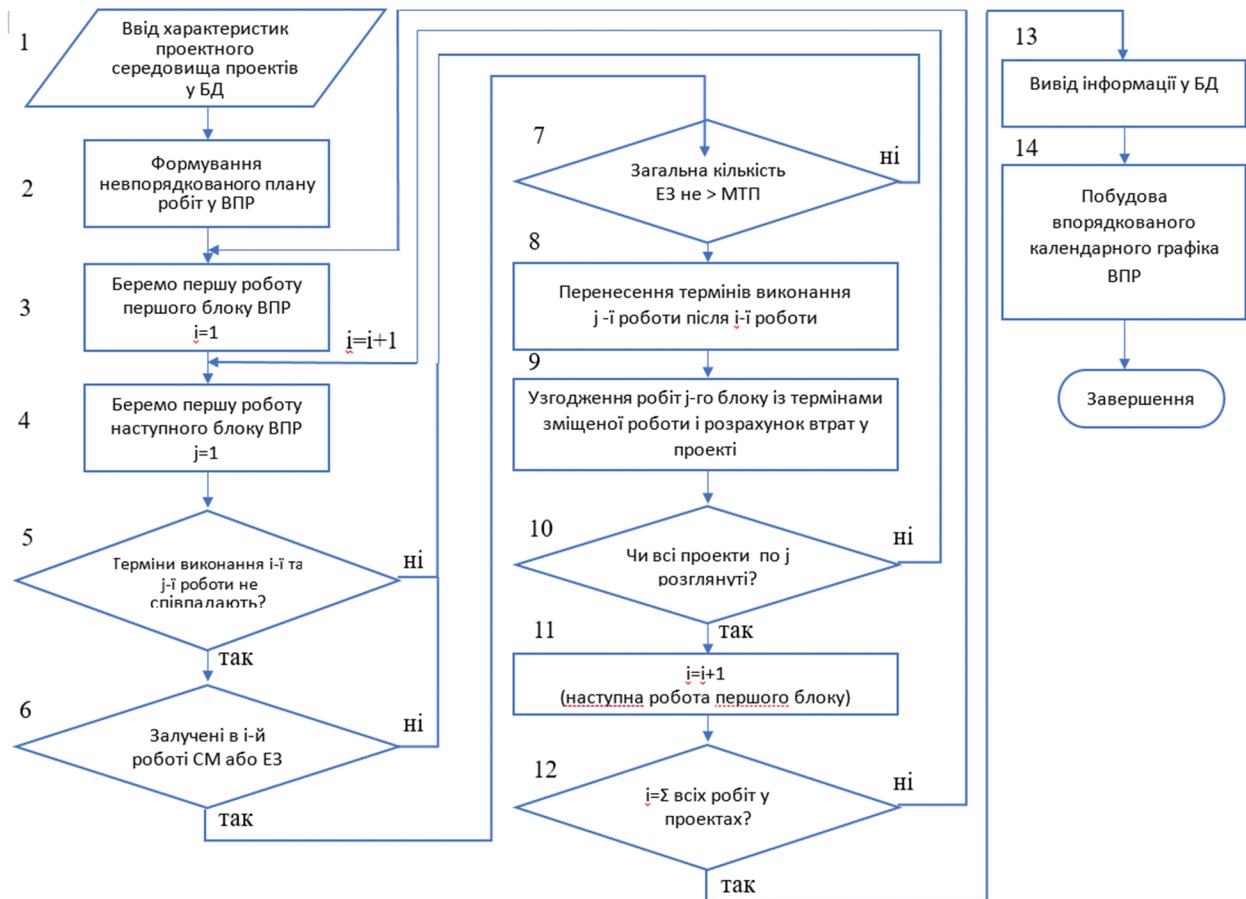


Рис. 5.2. Алгоритм роботи системи підтримки прийняття рішень в управлінні ресурсами ВПР

Загальний обсяг втрат продукту ВПР є основою для аналізу доцільності реалізації зазначеного проекту за критерієм його економічної ефективності. При цьому, у випадку недоцільності виконання ВПР за даних характеристик проектного середовища, масштабів та доступних ресурсів здійснюється його коригування і повторне моделювання.

У випадку одержання узгодженого із проектним середовищем та ресурсами ВПР, за допомогою системи MS Office Project виконується графічна побудова календарного графіка, одержаного за допомогою система підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління ВПР, впорядкованого проекту та графіків використання ресурсів у ньому. Це дає змогу проектному менеджеру ефективно проаналізувати використання наявних виробничо-технічних ресурсів під час виконання ВПР та за необхідності залучити додаткові ресурси для уникнення втрат продукту у ньому.

Аналіз економічної ефективності проекту залежить від загального обсягу втрат, пов'язаних з продуктом ВПР. Якщо впровадження проекту виявиться нереальним через економічні характеристики проекту, масштаб або наявні ресурси, тоді буде проведено коригування та повторне моделювання.

При отриманні ВПР, який відповідає середовищу та ресурсам проекту, система MS Office Project використовується для створення графічного представлення календарного графіка цього проекту. Це досягається за допомогою системи підтримки прийняття рішень, призначеної для управління ресурсами ВПР, яка формує проект і будує графіки використання його ресурсів. У результаті керівник проекту може ефективно оцінити використання наявних виробничих і технічних ресурсів протягом виконання ВПР і, якщо необхідно, забезпечити додаткові ресурси для запобігання втратам продукції.

5.2. Результати верифікації моделей використання ресурсів під час реалізації виробничих проектів рослинництва

Показники, пов'язані з використанням технічних ресурсів під час виконання в умовах ННДЦ ЛНУП ми перевірили шляхом моделювання, враховуючи тенденції кліматичних змін тривалості робіт для зазначених проектів. Щоб проілюструвати дані, отримані щодо продуктивності технічного обладнання, що використовується у даних виробничих проктах, ми використали бібліотеки `matplotlib`, `numpy` та `scipy` мови програмування Python 3.8. Для прикладу наведемо результати, які підтверджують розподіл продуктивності агрегату МТЗ-82+КПС-4, функція розподілу та щільність якого зображені на рис. 5.5.



Рис. 5.5. Густина та функція розподілу по продуктивності техніки (агрегат МТЗ-82+КПС-4), га/зміну.

На основі проведених досліджень встановлено, що розподіл продуктивності технічного обладнання (агрегат МТЗ-82+КПС-4) з урахуванням впливу кліматичного фактору на ВПР (рис. 5.5) має наступні статистичні характеристики:

- математичне сподівання – $M(W_{\text{МТЗ-82+КПС-4}}) = 11,9 \text{ га / зміну}$;
- середньоквадратичне відхилення $\sigma(W_{\text{МТЗ-82+КПС-4}}) = 6,3 \text{ га / зміну}$;
- коефіцієнт варіації $v(W_{\text{МТЗ-82+КПС-4}}) = 0,52$.

Таблиця 5.4. Результати оцінки ризиків щодо роботи технічного обладнання (агрегат МТЗ-82+КПС-4)

Визначена кількісна міра продуктивності технічного обладнання, га/зміну	Імовірність досягнення зазначеного значення продуктивності	Ризик недосягнення зазначеного значення продуктивності
6	0,996	мінімальний
8	0,891	мінімальний
10	0,654	допустимий
12	0,372	допустимий
14	0,167	високий
16	0,093	критичний
18	0,0	критичний

Густина та функція розподілу продуктивності технічного обладнання (агрегату МТЗ-82+КПС-4) описуються рівняннями:

$$f(W_{MT3-82+KPC-4}) = 0,063 \cdot \exp \left[-\frac{(W_{MT3-82+KPC-4} - 5,1)^2}{79,4} \right], \quad (4.1)$$

$$F(W_{MT3-82+KPC-4}) = 0,063 \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[-\frac{(W_{MT3-82+KPC-4} - 5,1)^2}{79,4} \right] dW_{MT3-82+KPC-4}, \quad (4.2)$$

Аналіз результатів оцінки роботи технічного обладнання (агрегат МТЗ-82+КПС-4) (див. рис. 5.5) привів до створення гістограми, яка ілюструє коливання ризику, пов'язаного з прийнятою продуктивністю під час планування роботи, який можна знайти на рис. 5.6.

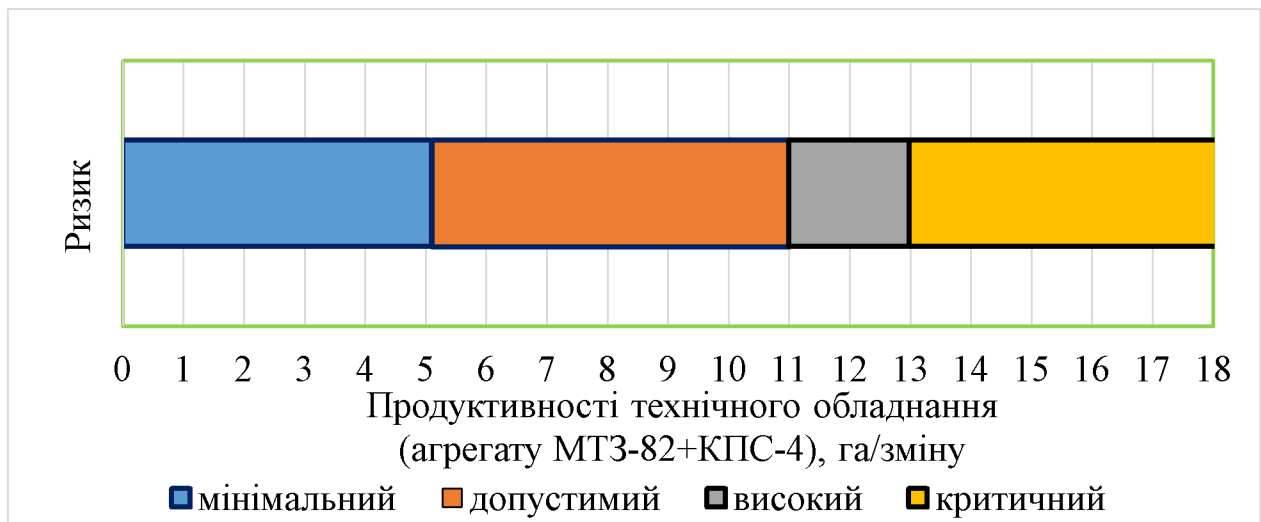


Рис. 5.6. Гістограма, що ілюструє варіації ризику, пов'язаного з цільовою експлуатацією технічного обладнання (МТЗ-82+КПС-4) в заданому проектному середовищі.

На підставі гістограми зміни ризику, пов'язаного з очікуваною продуктивністю технічного обладнання (агрегат МТЗ-82+КПС-4) за конкретних проектних умов ННДЦ ЛНУП, можна зробити висновок, що допустимий ризик при плануванні виконання робіт підтримується за допомогою призначеної техніки в межах від 5,11 до 11,0 га/зміну. Результати аналізу, служать основою для ефективного планування виконання окремих робочих блоків, враховуючи при цьому ризику, які можуть призвести до затримок і, як наслідок, втрати продукту зазначеного проекту.

Висновки до розділу 5

1. Розроблена система підтримки прийняття рішень з управління виробничо-технічними ресурсами містить запропоновану структурну схему та алгоритм. Ця система складається з двох підсистем: одна для зберігання даних і інша для створення впорядкованого календарного графіка виконання робіт. Ці компоненти дозволяють ретельно проаналізувати використання наявних виробничо-технічних ресурсів протягом усього робочого процесу, а також виявити потребу в додаткових ресурсах. Цей проактивний підхід допомагає

запобігти втратам продукту проекту внаслідок затримок у виконанні робіт, зрештою слугуючи основою для прискорення та підвищення якості прийняття управлінських рішень.

2. На підставі моделі оцінки ризику, пов'язаного зі зміною очікуваної продуктивності технічного обладнання (агрегат МТЗ-82+КПС-4) у конкретному проектному середовищі (умови ННДЦ ЛНУП), можна зробити висновок, що призначене технічне оснащення забезпечує прийнятний ризик для планової продуктивності при виконанні робіт, підтримуючи рівні від 5,11 до 11,0 га/зміну.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Рослинництво є життєво важливим для продовольчої безпеки України, але сільськогосподарські виробники борються зі зростанням витрат на виробництво. Ефективне управління ресурсами та ретельне планування проекту необхідні для підвищення ефективності виробництва. Стабільність земельних ресурсів вимагає адаптації до технологічного прогресу. Управління ресурсами охоплює різні типи, включаючи натуральні та грошові, і має вирішальне значення для успіху проекту. Системний підхід, включаючи імітаційне моделювання, може покращити процес прийняття рішень і забезпечити своєчасне виконання проекту.

2. Модель для вибору типів ресурсів у рослинництві зосереджена на проектному управлінні, розглядаючи часові та ресурсні обмеження разом із факторами навколишнього середовища. Він акцентує увагу на агротехнічних вимогах, плануванні ресурсів та оцінці продуктивності для підвищення врожайності та мінімізації втрат. Ключові елементи включають категоризацію завдань і вибір ресурсів з акцентом на ефективному плануванні та координації роботи для оптимізації розподілу ресурсів і уникнення затримок виробництва, особливо за обмежених ресурсів і змінних кліматичних умов.

4. Запропонована модель вибору раціональних типів ресурсів у проектах рослинництва використовує штучні нейронні мережі, зокрема багат шаровий перцептрон із функцією активації «жостка сходинка». Ця модель ефективно враховує регіональні виробничі та кліматичні умови, а також наявні технічні ресурси. Крім того, вдосконалена модель прогнозування втрат продукту використовує календарне планування та імітаційне моделювання, кількісну оцінку показників незавершеної роботи з урахуванням технологічних вимог, масштабу проекту та наявності ресурсів.

5. Запропонований підхід до управління виробничо-технічними ресурсами в проектах рослинництва спрямований на оптимізацію потреб у ресурсах, підвищення ефективності проекту та мінімізацію втрат продукції.

Розроблено систему підтримки прийняття рішень зі структурною схемою та алгоритмом, що включає сховище даних та підсистему планування. Ця система забезпечує ретельний аналіз використання ресурсів і передбачає додаткові потреби в ресурсах, тим самим запобігаючи затримкам і покращуючи управлінські рішення. Крім того, модель оцінки ризику свідчить про те, що агрегат МТЗ-82+КПС-4 підтримує прийнятний рівень ризику для запланованої продуктивності, досягаючи 5,11-11,0 га/зміну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арчібальд Р. Управління високотехнологічними програмами та проектами / Пер. з англ. К., 2004. 472 с.
2. Арчібальд Рассел. Моделі життєвого циклу високотехнологічних проектів. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://manager.net.ua/content/view/552/52/>
3. Арютов Б. А. Важенін А. Н. Пасін А. В. Методи підвищення ефективності механізованих виробничих процесів за умовами їх функціонування в рослинництві [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://monographies.ru/ru/book/view?id=81>.
4. Баркалов П.С. Буркова І. В. Глаголев А. В. Колпачов. В. Н. Завдання розподілу ресурсів в управлінні проектами. К., 2002. 65 с.
5. Богданов В. В. Богданов В. В. Управління проектами в Microsoft Project 2003: Навчальний курс — К., 2006. — 604 з.: іл.
6. Довідник з охорони праці в сільському господарстві: Запитання і відповіді /С.Д. Лехман, В.П. Целинський, С.М. Козирев та ін.: За ред. С.Д. Лехмана. – К.: Урожай, 1990
7. Ільченко В. Ю. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві. Київ : Урожай. 1993. 288 с.
8. Крап Н. П. Юзевич В. М. Нейронні мережі як засіб управління конфігураціями проектів туристичних потоків. *Управління розвитком складних систем* : Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2013. № 14. С. 37-40.
9. Кучер Л. Ю. Концептуальний підхід до економічного управління інноваційними проектами аграрних підприємств. *Вісник економічної науки України*. 2016. № 2. С. 103–106.
10. Кулішов В. В. Економіка підприємства: теорія і практика : [навч. посіб.] / В. В. Кулішов. - К: Ніка-Центр, 2002.-216 с

11. Кушнир Д. А. Радиально-базисная нейронная сеть встречного распространения. *Научно-теоретический журнал "Искусственный интеллект"*. Донецк: ИПИИ.2005. № 4. С. 364-370.
12. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами. К.: ТОВ «Дорадо-Друк». 2013. 192 с.
13. Методичні положення та норми продуктивності і витрати палива на збиранні сільськогосподарських культур. К.: ТОВ «Дорадо-Друк». 2013. 264 с.
14. Мельник І.І. Тиворенко І.Г. Фришев С .Г. та ін. Інженерний менеджмент /За ред. І.І. Мельника. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2007. –536с;
15. Морозов, В. В. Чумаченко І. В. Доценко Н. В. Чередніченко А. М. Управління проектами: процеси планування проектних дій: підручник. К.: Університет економіки та права «КРОК». 2014. 673 с.
16. Назимко В. В. Питання побудови системи автоматизованого управління проектом. *Управління розвитком складних систем : Зб. наук. праць*. К.: КНУБА, 2013. № 14. С. 61-67.
17. Нечволода Л. В., Пилипенко К. В., Удосконалення календарного планування виконання ІТ-проекту. *Економічний вісник Донбасу*. № 1(51). 2018. С. 87-91.
18. Основи баз даних: [Навч. посіб.] / І.О. Завадський. К.: Видавець І.О. Завадський, 2011. 192 с. :іл.
19. Охорона праці у сільському господарстві. Збірник нормативних актів /Гайовий О.Є., Куксенюк П.Н., Левченко В.І. та ін. – К.: «Ватра», 1996
20. Охорона праці: практикум /І.П. Пістун, Ю.В. Кіт, А.П.Березовецький – Суми: Університетська книга, 2000. –205с
21. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., допов. Львів: НВФ "Українські технології". 2020. 806 с.

22. Присяжнюк О., Плотнікова М. Удосконалення моделі управління аграрними проектами. *Agricultural and resource economics: international scientific e-journal*. 2017. Vol. 3, № 1. С. 164–172.

23. Про затвердження Методики обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин : *Постанова Кабінету Міністрів України від 12 липня 2004 р. № 885* [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/>.

24. Ресурси матеріальні вторинні. Терміни та визначення : ДСТУ 2102-92. - [Чинний від 1993-07-01]. - К.: Держстандарт України, 1996. - 25 с - (Національний стандарт України).

25. Семко І.Б. Управління портфелями енергетичних проєктів сучасного підприємства в програмному середовищі MS Project [Електронний ресурс]. *Управління розвитком складних систем*. 2011. Вип. 8. Режим доступу: http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/Urss/2011_8/50-54.pdf

26. Copeland L. Keeping Farm in Family requires strategy. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://usatoday30.usatoday.com/money/smarv/2012-06-28/keeping-farms-in-the-familv/56117782/1>

27. Gry Agnete Alsos, S. Carter, E. Ljunggren. *The Handbook of Research on Entrepreneurship in Agriculture and Rural Development*. Edward Elgar Publishing, 2011. 336 p.

28. ISO 21500:2012. *Guidance on Project Management* [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: www.mosaicprojects.com.au/PDF/ISO_21500_Communique_No1.pdf.

29. Parviz R. Ginger L. *Project Portfolio Management*. New York, IIL Publishing. 2006. 143 p.

30. *Practice Standard for Project Configuration Management* [Text]. *Project Management Institute. Four Campus Boulevard*. Newton Square, PA 19073-3299, USA, 2007. 53 p.