

Розділ 6. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК БАЗИС ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ АГРАРНОЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

DOI: <https://doi.org/10.32782/978-966-2384-21-5-13>

6.1. *Новосад В.П.*

Експертні системи як прикладний напрямок застосування штучного інтелекту для розвитку агробізнесу

6.1.1. *Сучасні підходи до реалізації алгоритмів штучного інтелекту засобами експертних систем*

Вивчення інтелекту – надзвичайно складний, широкий і, водночас, захопливий напрямок наукових досліджень. Здатність до саморефлексії та розширена порівняно з іншими живими істотами «куля свідомості» з кожним етапом розвитку цивілізації штовхають все більшу кількість високопрофесійних фахівців до нових здобутків у сфері людинознавства. Водночас найвагоміші практичні потреби та актуальний стан науково-технічного і технологічного розвитку людства сприяють виникненню нових теорій та відповідних до них прикладних напрямків. Прикладом такої практично орієнтованої теорії, яка особливо бурхливо почала розвиватися з початком ХХІ століття, є методологія штучного інтелекту. Адже, на наш погляд, найсуттєвішою об'єктивною передумовою для інтенсифікації досліджень у сфері штучного інтелекту стало зріле інформаційне суспільство як сучасна стадія розвитку людства.

Інформаційне суспільство, у першу чергу, характеризується:

- ❖ постійним зростанням ролі інформації та знань у досягненні економічних успіхів;
- ❖ бурхливим розвитком комп'ютерних технологій;
- ❖ зростанням частки населення, зайнятого у сфері інформаційно-комунікаційних технологій, та рівня його прибутків (особливо це стосується розвинутих країн);
- ❖ створенням новітніх суспільно-технологічних феноменів (електронне урядування, соціальні мережі, хмарні сервіси та ін.).

Ці риси інформаційного суспільства мають глибоко антропоцентричний характер, що й призвело до розширення змістовної частини ком-

п'ютерних наук у вигляді розвитку теорії та практики штучного інтелекту зокрема.

Метою наших досліджень є теоретичні та прикладні аспекти застосування штучного інтелекту до побудови спеціалізованих експертних систем, придатних до вирішення актуальних проблем аграрної економіки.

Один з найбільш авторитетних дослідників у сфері штучного інтелекту професор Джорж Ф. Люгер дає таке визначення цьому поняттю: «Штучний інтелект (з англ. *artificial intelligence*) – галузь комп'ютерної науки, яка займається автоматизацією розумної поведінки» [1].

На перший погляд, таке формулювання видається чітким та зрозумілим. Проте, попри свою лаконічність, воно породжує цілу низку запитань з глибоким філософським, біологічним, логіко-математичним та інженерним підтекстом. Серед таких запитань виділимо наступні.

1. Що вважати інтелектом з точки зору програміста і користувача?
2. За якими критеріями відрізнити розумну поведінку від нерозумної?
3. За допомогою яких математичних моделей можливо коректно формалізувати людські знання?
4. Якими рисами має володіти комп'ютерна програма для того, щоб адекватно відображати розумну поведінку, а отже належати до класу програм штучного інтелекту.
5. Чи достатньо для створення алгоритмів штучного інтелекту лише інженерії людського розуму, або ж потрібно враховувати також емоції, досвід, інтуїцію?

Більш прозорими ці теоретичні проблеми стають після розгляду окремих історичних віх у розвитку сучасної теорії штучного інтелекту.

Вважається, що вагомими науковими передумовами для розвитку штучного інтелекту були створені ще у ХІХ й на початку ХХ століть. До таких передумов належали зародження та перші вагомими результати у таких сферах, як дослідження операцій, формальна семантика та математична логіка. Однак штучний інтелект стали виокремлювати в окрему наукову дисципліну тільки після створення перших обчислювальних машин.

На нашу думку, першою найбільш відомою та науково значимою роботою, яка започаткувала дослідження саме інтелектуальних програм стала стаття «Обчислювальні машини та інтелект», яку опублікував британський математик Алан Тьюрінг у 1950 р. у філософському журналі «*Mind*». У цій статті вчений запропонував методологічні підходи, відомі як тест Тьюрінга, які дозволяють визначити «розумність машини». Також у публікації було розглянуто питання про можливості комп'ютерної техніки для реалізації інтелектуальних алгоритмів.

Подальший стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій разом з відповідним апаратним забезпеченням створив інструмен-

тальні можливості для розвитку штучного інтелекту. Водночас у ХХ ст. стрімко розвивалися його математичні основи (наприклад, дискретна математика та теорія графів). Новітні філософські традиції спонукали до побудови соціальних та біологічних моделей інтелекту, до розуміння його емерджентності та залежності від культурного контексту. Це, у свою чергу, сприяло збагаченню та розширенню самого поняття «штучний інтелект» та формуванню більш різнобічних підходів до його дослідження.

Розглянуті вище чинники в поєднанні із запитом сучасного інформаційного суспільства створили фундаментальну базу для розвитку штучного інтелекту, який проникає у нові сфери діяльності та використовується з кожним днем все більш інтенсивно.

У прикладному аспекті теорія штучного інтелекту найчастіше знаходить своє вираження у таких напрямках:

- 1) Пошук, структуризація та узагальнення необхідної користувачу інформації.
- 2) Доведення теорем та автоматичне формулювання висновків.
- 3) Створення програм, які здатні розуміти та відтворювати людську мову.
- 4) Створення програмного забезпечення.
- 5) Робототехніка.
- 6) Машинне навчання.
- 7) Експертні системи.

Перед тим як зосередити увагу читача на заключному пункті наведеного переліку, наведемо характерні найсучасніші приклади й окреслимо відповідні перспективи та проблеми застосування штучного інтелекту, про які, зокрема, повідомлялося у віртуальному просторі вітчизняними та зарубіжними фахівцями у сфері інформаційно-комунікаційних технологій та штучного інтелекту.

За даними американської компанії Bloomberg, яка є провідним міжнародним постачальником фінансової інформації, впродовж п'яти років приблизно 80% робочих місць очікують зміни внаслідок глобальних економічних впливів [2]. Серед першочергових причин цих змін називають цифрову трансформацію та штучний інтелект.

Наприклад, у звіті повідомляється, що “поява додатків зі штучним інтелектом, які використовують машини для імітації людських міркувань і вирішення проблем, матиме особливо помітний вплив, витісняючи і автоматизуючи багато ролей, пов'язаних з міркуваннями, спілкуванням і координацією”.

Значне скорочення зайнятості очікується серед працівників, які займаються діловодством, веденням даних, бухгалтерським обліком, касирів тощо.

Натомість збільшення робочих місць передбачається у сферах аналітики великих даних, захисту інформації та управлінських технологій.

Якщо ж в цілому оцінювати ризики працевлаштування, то штучний інтелект є вагомою загрозою, хоча й меншою порівняно з такими макроекономічними факторами, як інфляція, уповільнення економічного зростання та дефіцит пропозиції.

У кінці 2022 року було представлено четверту версію чат-боту ChatGPT (англ. *Generative Pre-trained Transformer*) з інтегрованими алгоритмами штучного інтелекту, розробленими лабораторією *OpenAI*. Компанія, створена у 2015 році групою засновників, одним з яких був Ілон Маск, проголосила своєю метою створення таких систем штучного інтелекту, які б допомагали людству в цілому.

У зв'язку з цим доволі змістовними з практичної точки зору видаються факти та високорівневі висновки, наведені в електронній публікації [3].

Зокрема, стверджується, що *ChatGPT* здатен виконувати рутинні операції, наприклад редагування тексту, у сотні разів швидше від звичайного фахівця-людини.

Серед найближчих перспектив розвитку та використання *ChatGPT* виокремлюються такі:

- ❖ універсализація, тобто здатність виконати будь-яке завдання від людини;
- ❖ роботизація, тобто просторова реалізація можливостей штучного інтелекту;
- ❖ удосконалення голосового інтерфейсу, тобто здатність чути людину та говорити до неї;
- ❖ інтеграція технологій штучного інтелекту в інші технології (автомобілі, дизайн, кіноіндустрію тощо);
- ❖ здатність ефективно писати програмні коди;
- ❖ швидке вдосконалення і розроблення нових версій (наприклад, *GPT-4*).

З іншого боку, такі «таланти» можуть призвести до негативних соціально-економічних наслідків та проблем етичного плану. Особливо це небезпечно з огляду на те, що індустрією штучного інтелекту займаються приватні компанії-гіганти, для яких основним стимулом є одержання надприбутків.

Для того щоб забезпечити відповідальний перед суспільством розвиток штучного інтелекту різними країнами та інженерними організаціями розробляються певні стандарти. У цій же публікації [3] виділяють такі основні стандартизовані риси моделей, на яких тренуються:

- ❖ всебічність і толерантність;
- ❖ надійність;

- ❖ обмеження використання особистих даних;
- ❖ безпечність або стійкість до злону.

Щоб ефективно взаємодіяти з системами штучного інтелекту потрібно володіти вмінням правильно формулювати питання, це має назву «*prompting*».

Інтелектуальна діяльність нерозривно пов'язана з процесами сприйняття, адаптації, перетворення і взаємодії з навколишнім середовищем. Щоб глибше вивчити ці процеси науковці послідовно побудували певну теоретично обґрунтовану ієрархію досліджень [1].

Теорія нейронних мереж та алгоритми обчислень, що мають здатність до еволюції, розташовані на нижчому щаблі цієї ієрархії. З їхньою допомогою опрацьовуються та модифікуються традиційні синтетичні, аналітичні, верифікаційні та логіко-математичні методики.

На більш високому рівні знаходяться абстракції, що використовуються для побудови експертних систем та систем розпізнавання та відтворення людської мови. Це пов'язано з тим, що фахівці, які працюють у цьому напрямку, змушені враховувати вплив соціальних та культурних факторів на створення, передачу та підтвердження знань, адже інтелект продукується в суспільстві і виникає через взаємодію елементів суспільства (культур, особистостей) [4].

Створення дієвої експертної системи вимагає суттєвого фінансового та інтелектуального вкладів. Тому перед ухваленням рішення щодо створення такої системи необхідно розглянути питання доцільності через призму критеріїв, які б виправдовували вирішення необхідних завдань саме засобами експертних систем.

До таких критеріїв, на наш погляд, належать:

1. Відсутність перспективи розв'язати проблему традиційними кількісними методами чи засобами дослідження операцій.
2. Можливості для економії фінансів та часу після впровадження експертної системи.
3. Здатність захистити здоров'я працівників.
4. Можливості нівелювання потенційних негативних і соціальних наслідків після впровадження експертної системи.
5. Недостатність чи відсутність досвіду у ситуаціях, в яких він є необхідним.
6. Можливість залучення досвідчених фахівців-експертів, які здатні чітко передати свої знання і взаємодіяти з розробниками.
7. Рівень можливостей для формалізації проблем.
8. Рівень структурованості предметної сфери (небажано створювати експертні системи там, де часто потрібні міркування на основі “здорового глузду”).

9. Проблема має чіткі і не надто широкі межі застосування.

Ці критерії мають розглядатись щодо конкретної сфери діяльності.

Розробники експертних систем обов'язково мають вирішити такі питання:

1. побудувати структури даних, придатних до опису знань у певній предметній галузі;
2. формалізувати ці знання;
3. створити алгоритми використання вже структурованих і формалізованих знань;
4. для реалізації алгоритмів застосувати ефективну та адекватну поставленим цілям мову програмування.

Розробників систем штучного інтелекту найчастіше хвилюють дві проблеми – представлення (чи подання) знань і пошук, тобто систематичний перегляд простору станів задачі або, іншими словами, альтернативних стадій розв'язування задачі. Принагідно зауважимо, що порівняння та оцінювання альтернатив є одним з найбільш типових завдань, що постає у діяльності експертних груп. Тому й не дивно, що розробка та впровадження експертних систем є важливою та практично значущою ділянкою застосування теорій штучного інтелекту.

Експертне знання – це поєднання теоретичного розуміння проблеми і набору евристичних правил для її вирішення. Як показує практика, універсальних евристичних правил не існує. Вироблені на основі знань, специфічних для певної предметної ділянки, ці правила є, зазвичай, ефективними у відповідних практичних галузях.

У наш час експертні системи розв'язують задачі в таких галузях, як медицина, освіта, бізнес, дизайн, наукові дослідження та ін. Багато методик експертних систем, що використовуються сьогодні, тією чи іншою мірою були випрацьовані в рамках проєкту *MYSIN*, що був розроблений у Стенфорді в середині 1970-х років. Виконавці проєкту досягли важливих результатів у вирішенні проблеми ухвалення рішень на основі ненадійної або недостатньої інформації.

Найчастіше експертні системи призначаються для здійснення таких функцій:

1. Інтерпретація – формування високорівневих висновків з набору первинних даних.
2. Прогнозування – передбачення можливих наслідків поточної ситуації.
3. Діагностика – визначення причин на основі наявних симптомів.
4. Проєктування – визначення конфігурації системи, що відповідає поставленій меті та усім проєктним обмеженням.
5. Планування – визначення послідовності дій для досягнення мети при заданих початкових умовах та часових обмеженнях.

6. Моніторинг – порівняння спостережуваної поведінки системи з очікуваною.

7. Управління поведінкою складного середовища.

Важливо відзначити, що більшість експертних систем були створені для вирішення тих завдань, для яких чітко визначено ефективність стратегії прийняття рішень. Завдання, що характеризуються нечіткою основою “здорового глузду“, засобами експертних технологій розв’язати набагато важче. Основні проблеми, які при цьому виникають, такі:

- ❖ нездатність надавати осмислені пояснення;
- ❖ труднощі під час тестування;
- ❖ неможливість самовдосконалення та самонавчання;
- ❖ недостатні гнучкість та адаптивність до змін.

До розробки експертної системи залучають інженерів, що подають знання, експертів у цій предметній галузі й користувачів.

Інженер має бути фахівцем з мови штучного інтелекту і подання знань за допомогою символічних представлень. Його головне завдання – вибрати програмні та апаратні інструменти, допомогти експерту чітко сформулювати потрібну інформацію, а також реалізувати її в конкретній базі знань.

У ролі експертів потрібно запрошувати людей, які працювали в галузі розробки експертної системи, розуміють основні принципи виконання типових завдань, знають відповідні методи, можуть забезпечити управління неточними даними і оцінити часткові випадки. Експерт відповідає за те, щоб якомога повніше і точніше передати свої знання і навички інженеру.

У більшості випадків основні вимоги до експертної системи та проєктні обмеження визначає кінцевий користувач. Розробку системи продовжують до того часу, поки вимоги користувача не будуть виконані. Навички та потреби користувача враховуються впродовж усього циклу розробки. Зокрема, постійно відслідковуються такі основні питання:

1. Чи дозволяє програма полегшити роботу користувача, зробити її зручнішою та продуктивнішою?
2. Який рівень пояснень від експертної системи потрібен користувачу?
3. Чи може користувач у процесі роботи експертної системи постійно надавати їй коректну інформацію?
4. Чи відповідає середовище, в якому працює експертна система, обмеженням на застосування програми?
5. Чи є зручним і адекватним інтерфейс користувача?

Зауважимо, що кількість фахівців (інженерів, експертів, користувачів), які залучаються до створення системи, залежить від таких основних факторів:

- ❖ широта предметної галузі;
- ❖ масштаби поставлених завдань;

- ❖ часові обмеження на створення;
- ❖ обсяги фінансування проєкту;
- ❖ вимоги до надійності.

Експертні системи (як і більшість розробок із штучного інтелекту) потребують нетрадиційного циклу розробки, що характеризується швидким створенням прототипів та їх постійними модифікаціями і вдосконаленням.

Робота з системою розпочинається зі спроби інженера описати процеси, що відбуваються у досліджуваній предметній галузі. Цьому допомагає взаємодія з експертом у цій галузі. Адекватність описів досягається за допомогою попередніх інтерв'ю з експертами і спостережень за ними у процесі діяльності. Після цього інженер та експерт розпочинають процес встановлення тих знань, які дають змогу вирішити типові проблеми. Для цього експерту дають кілька простих завдань, які він намагається вирішити, пояснюючи при цьому свої думки та дії. Інколи ці процеси записують на відео- чи аудіокасети. В окремих випадках корисно, щоб інженер з опису та подання знань був новачком у предметній галузі. Це пояснюється тим, що експерт не завжди може точно пояснити хід розв'язання складної проблеми. Часто він забуває вказати кроки, які з набуттям досвіду стали для нього очевидними чи автоматичними. Якщо інженер є новачком у предметній галузі, то він обов'язково помітить усі концептуальні розриви і попросить пояснити їх. На *рисунку 6.1* подано блок-схему, що описує загальний алгоритм створення експертної системи.

Коли інженер отримує загальне уявлення про предметну галузь і проведе достатню кількість сеансів розв'язування задач з експертом, можна переходити до безпосередньої розробки системи: обрати способи подання знань (наприклад, правила), визначити стратегії пошуку оптимальних варіантів рішень, розробити користувацький інтерфейс. Виконання цих обов'язкових дій приводить до створення прототипу експертної системи. Після створення прототипу інженери та експерти здійснюють випробування, уточнюють базу знань та програмні кроки шляхом розв'язування конкретних завдань та усунення недоліків і дефектів. Якщо рішення, що були закладені під час створення прототипу, виявляються коректними, прототип можна поступово розширювати до того часу, поки він не перетвориться на повноцінну експертну систему [4].

Експертні системи будуються методами послідовних наближень до деякого “ідеального” варіанту (див. *рис. 6.1*). Знайдені помилки спонукають до коректувань програми та нарощування бази знань, що закладена в основу експертної системи (*рисунок 6.2*).

Зауважимо, що створення прототипу дозволяє розробникам дослідити проблему та її важливі взаємозв'язки шляхом побудови реальної програми. Якщо прототип виявився дуже громіздким або розробники вирі-

шили змінити підхід до вирішення проблем, то наявний прототип можна просто відкинути, створивши новий. Після завершення поступової модифікації найчастіше створюється більш компактна та ефективна версія з меншою порівняно з початковою кількістю правил та блоків-програм.



Рис. 6.1. Алгоритм розробки експертної системи

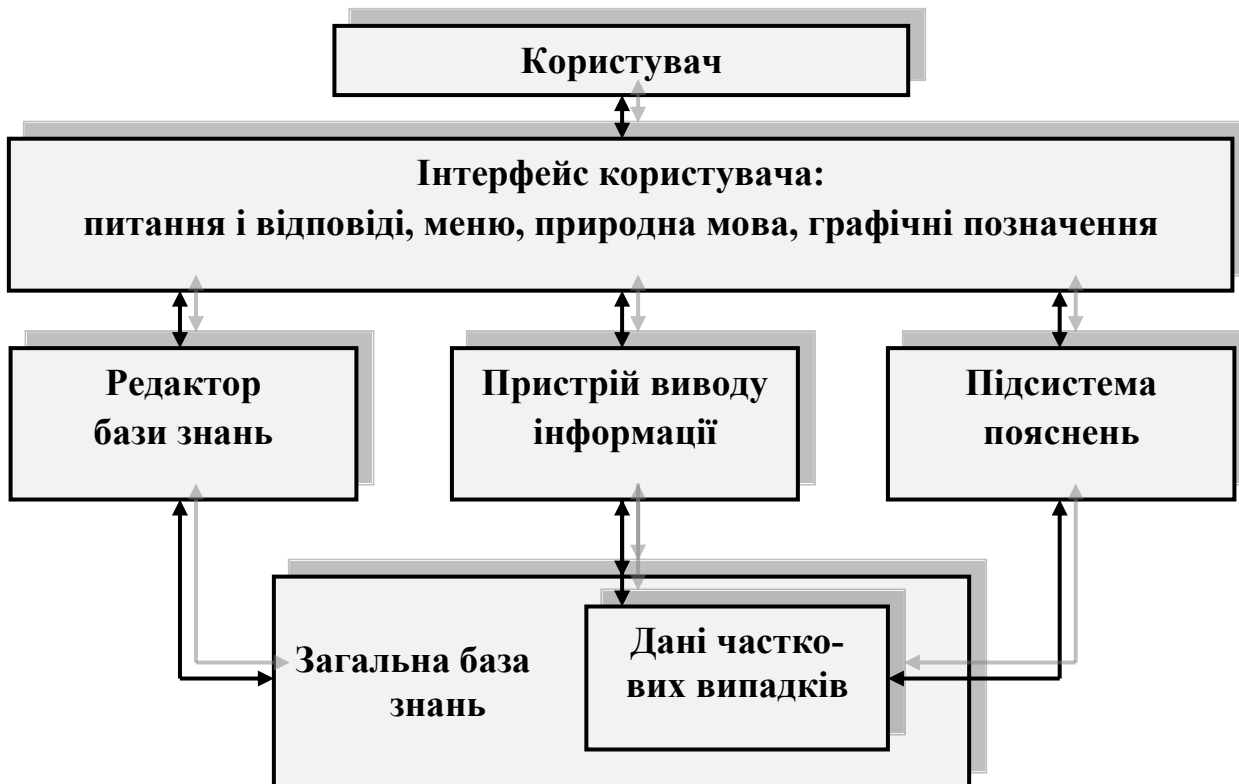


Рис. 6.2. Архітектура типової експертної системи

Важливою особливістю експертних систем є те, що програма ніколи не має розглядатись як завершена. Евристична база знань завжди буде мати обмежені можливості. Динамічність розглянутої моделі дозволяє безболісно додавати нові правила або коректувати поточні алгоритми.

Застосування описаної вище технології має привести до створення такої експертної системи, яка:

- 1) відслідковує свої “процеси міркувань”, виводить проміжні результати і відповідає на ключові питання, що стосуються процесу виконання завдання;
- 2) ефективно використовує евристичні побудови;
- 3) дозволяє модифікувати базу знань (додавати та видаляти основну інформацію).

Сучасні геополітичні виклики, наслідки та загрози, пов’язані із розв’язаною росією війною проти українського народу, вимагають від нашого уряду, громадянського суспільства та бізнесового середовища надзвичайних зусиль для стабілізації вітчизняної економіки як основи досягнення переможного миру та подальшої відбудови країни.

Як свідчать опубліковані нещодавно дані Держкомстату, впродовж усього одного року система агропромислового виробництва зазнала кардинальних, часом абсолютно непрогнозованих, змін [5]. Для підтвердження цього факту ознайомимо читача з окремими структурованими даними.

6.1.2. Інженерія знань та застосування методів експертного оцінювання в агропромисловому виробництві

У таблиця 6.1 наведено цифрові показники, які стосуються окремих напрямків агропромислового виробництва, які відображають, на наш погляд, найбільш типові зміни та тенденції у регіональному контексті.

Таблиця 6.1

Порівняння агропромислового виробництва (у тис. тонн)
за окремими напрямками у 2021 та 2022 рр.

Область	Напрямки агропромислового виробництва								
	Зернові			Овочі			Фрукти		
	2021	2022	зміни у %	2021	2022	зміни у %	2021	2022	зміни у %
Вінницька	7475	4280	-43	1875	2028	8	256	213	-17
Волинська	1434	1304	-9	1383	1551	12	33	32	-3
Дніпропетровська	6271	4317	-31	1157	1178	2	107	91	-15
Донецька	2920	763	-74	610	230	-62	60	22	-63
Житомирська	3551	2238	-37	2091	2090	0	39	40	3
Закарпатська	363	309	-15	653	697	7	128	125	-2
Запорізька	4751	986	-79	332	162	-51	41	17	-59
Івано-Франківська	1074	931	-13	1134	1159	2	49	45	-8
Київська	5047	3389	-33	1806	1813	0	69	60	-13
Кіровоградська	6486	5150	-21	653	623	-5	14	18	29
Луганська	2164	373	-83	293	295	1	45	40	-11
Львівська	1868	1960	5	2236	2393	7	106	116	9
Миколаївська	4986	2716	-46	824	253	-69	33	44	33
Одеська	5947	3581	-40	471	491	4	217	202	-7
Полтавська	6890	6269	-9	1382	1553	12	89	90	1
Рівненська	1716	1422	-17	1462	1481	1	65	65	0
Сумська	4962	4271	-14	906	1001	10	14	14	0
Тернопільська	3536	2945	-17	1204	1134	-6	92	91	-1
Харківська	6233	3085	-51	1017	512	-50	47	17	-64
Херсонська	4093	0	-100	1346	0	-100	35	0	-100
Хмельницька	5278	4057	-23	1285	1300	1	193	180	-7
Черкаська	5904	4284	-27	1107	1182	7	20	29	45
Чернігівська	6471	4538	-30	1297	1250	-4	17	16	-6
Чернівецька	782	707	-10	785	765	-3	227	219	-4
АР Крим	Дані відсутні								

У цілому по Україні збір зерна впав на майже 40%, овочів – на 25%, фруктів – на 10%. Серед усіх напрямків агропромислового виробництва найбільше зниження відбулось у виробництві зернових, які є основою вітчизняного агроекспорту [6].

Найбільших втрат, зрозуміло, зазнали окуповані та прифронтові області. Натомість у західних областях ситуація є більш стабільною. Львівська область виявилася єдиною, яка наростила виробництво за усіма напрямками. В основному це відбулось в результаті релокації агропромислових компаній.

Зауважимо, що укрупнення за окремими напрямками проводилось на основі таких конкретних показників: зернові пшениця, кукурудза, соняшник, ячмінь, гречка; овочі картопля, цибуля, капуста, морква, помідори; фрукти яблука, виноград, сливи, полуниця, вишня. Цікаво також відмітити деякі зміни та диспропорції у вирощуванні вищезгаданих культур, що відображено у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Регіональне лідерство у вирощуванні сільськогосподарських культур

Культура	Трійка лідерів у 2021 р.	Трійка лідерів у 2022 р.	Приріст (спад) в цілому по Україні, у %	Зауваження
1	2	3	4	5
Пшениця	Харківська, Запорізька, Одеська	Дніпропетровська, Кіровоградська, Харківська	-36	Наростили виробництво тільки Львівська, Тернопільська та Закарпатська обл.
Кукурудза	Чернігівська, Вінницька, Полтавська	Полтавська, Чернігівська, Вінницька	-38	Львівська обл. на тому ж рівні, усі інші скоротили
Соняшник	Кіровоградська, Харківська, Дніпропетровська	Кіровоградська, Полтавська, Дніпропетровська	-31	Суттєво (на 25%) наростила виробництво Полтавська обл.
Ячмінь	Одеська, Миколаївська, Херсонська	Одеська, Дніпропетровська, Миколаївська	-41	Усі області, крім Сумської і Тернопільської скоротили вир-цтво
Гречка	Житомирська, Хмельницька, Вінницька	Житомирська, Хмельницька, Сумська	+37	Сумська обл. наростила виробництво більше ніж у 2 рази
Картопля	Житомирська, Львівська, Вінницька	Житомирська, Львівська, Вінницька	-2	Суттєво (на 20 %) наростила виробництво Полтавська обл.

1	2	3	4	5
Цибуля	Київська, Херсонська, Вінницька	Київська, Вінницька, Львівська	-21	Усі області, крім Львівської, Тернопільської і Хмельницької, скоротили виробництво
Капуста	Львівська, Дніпропетровська, Харківська	Львівська, Дніпропетровська, Запорізька	-11	Найбільший прогрес (понад 30 %) досягнуто у Сумській обл.
Морква	Львівська, Волинська, Київська	Волинська, Львівська, Київська	-12	Єдиною областю, яка значно збільшила вирощування, є Волинська
Помідори	Херсонська, Миколаївська, Дніпропетровська	Дніпропетровська, Полтавська, Одеська	-49	Одеська обл. збільшила виробництво майже у 2 рази.
Яблука	Вінницька, Чернівецька, Хмельницька,	Вінницька, Чернівецька, Хмельницька,	-12	Найбільше зростання (11%) у Львівської обл.
Виноград	Одеська, Запорізька, Миколаївська	Одеська, Миколаївська, Запорізька	-3	Миколаївська обл., попри значний спад у вирощуванні інших культур, збільшила збір винограду майже у 2 рази. Більша половина усього збору винограду в Україні належить Одеській обл.
Слива	Хмельницька, Рівненська, Полтавська	Хмельницька, Рівненська, Полтавська	-10	Незначне зростання є тільки у Вінницькій і Хмельницькій обл.
Полуниця	Житомирська, Київська, Донецька	Житомирська, Київська, Дніпропетровська	-11	Найбільший прогрес (близько 25%) досягнуто у Дніпропетровській області
Вишня	Одеська, Дніпропетровська, Рівненська	Одеська, Дніпропетровська, Рівненська	-9	Черкаська обл. збільшила виробництво у 2 рази

Бачимо, що серед розглянутих культур гречка виявилась єдиною культурою, виробництво якої зросло і до того ж суттєво (37%). Найбільше зниження спостерігається у вирощуванні помідорів. Це пояснюється тим, що Херсонська область, яка до війни заповнювала чверть вітчизняного ринку помідорів, фактично припинила їх виробництво у 2022 р.

Уже наведені тут далеко не повні та вибіркові відомості дозволяють сформулювати доволі широку проблематику, яка постала перед аграрною економікою України і, найімовірніше, буде поглиблюватися найближчим часом за умови її ігнорування.

З-поміж інших вирізняються своєю гостротою і нагальністю ухвалення як стратегічних, так і оперативних управлінських рішень такі виклики:

1. Підрив Каховської гідроелектростанції призведе до далекосяжних технологічних та екологічних змін, що негативно вплине на агропромислове виробництво овочевих культур на півдні України.
2. Руїнація транспортної інфраструктури у Запорізькій, Херсонській та Миколаївській областях вимагає нестандартних логістичних підходів.
3. Наслідки повного простою площ та шляхи перепрофілювання площ для вирощування нових більш «надійних» в економічному сенсі культур.

Таким чином, до класичних, притаманних аграрній економіці України проблем, додалися нові, про які з впевненістю можна сказати, що вони непередбачувані, малопрогнозовані та глибоко руйнівні за своїми наслідками та подальшим впливом. Без кардинальних нейтралізуючих кроків аграрний сектор може зазнати катастрофічних змін. Одним зі шляхів протидії негативним тенденціям може бути створення нових технологічних механізмів. Україна володіє значним інтелектуальним потенціалом і має доволі потужну ІТ-сферу.

Як стверджується в актуальній електронній публікації [3], «попри війну, у 2022 році українська ІТ-індустрія експортувала послуг на рекордні для галузі 7,35 млрд \$», що становить практично половину всього експорту послуг. Водночас, обсяг ІТ-експорту у 2023 значно впав разом з кількістю нових проєктів. У першу чергу це пов'язують з ослабленням вітчизняної інфраструктури та безпековими ризиками для співробітників та замовників.

З огляду на факти, викладені у попередніх двох абзацах, можна порекомендувати тим структурам агропромислового комплексу, які є відносно успішними і зберегли свій фінансовий та виробничий потенціал, робити інвестиції для реалізації передових ІТ-рішень у своїй галузі (зокрема, для створення експертних систем). Такий крок сприяв би досягненню подвійної мети залучити новітні інструменти для вирішення своїх неординарних і глибоких проблем і, водночас, в цілому підтримати економіку України шляхом додаткового стимулювання ІТ-сфери.

Позитивні приклади в Україні є, і вони мають стати дороговказом для інших. Агропромисловий холдинг «Астарта-Київ» уперше в Україні створив окрему компанію для вирішення власних ІТ-задач [7]. Ця компанія, яка була заснована у 2017 р. і отримала назву *AgriChain* («аграрний ланцюг»), окреслила для себе амбітну мету – побудувати таку інформаційну систему управління агробізнесом, яка б визначила галузеві стандарти на ринку України.

Сьогодні ця компанія допомагає агросектору України перейти до високотехнологічних рішень. Було створено власний універсальний портал *ERP (enterprise resource planning)*, який надає послуги не тільки холдингу, а й іншим агропромисловим компаніям). Також було розроблено цілий набір мобільних та вебдодатків для потреб великих, середніх та малих аграрних компаній. Назви та функціональне спрямування цих продуктів відображає *таблиця 6.3*.

Таблиця 6.3

Призначення цифрових додатків компанії *AgriChain*

Назва	Призначення
<i>AgriChain Land</i>	Управління земельним банком
<i>AgriChain Scout</i>	Моніторинг посівів
<i>AgriChain Logistics</i>	Польова логістика
<i>AgriChain Barn</i>	Контроль та збереження ресурсів
<i>AgriChain Kit</i>	Конструктор бізнес-процесів
<i>AgriChain Machinery</i> (у процесі розробки)	<i>GPS</i> -моніторинг, збір, накопичення та аналіз даних з обладнання

Звичайно, ці цифрові додатки не можна поки що вважати експертними системами у тому сенсі, який вкладають у цей термін фахівці зі штучного інтелекту. Проте їх можна розглядати як елементи системи ухвалення управлінських рішень в агробізнесі і як модулі для створення класичних експертних систем.

Важливою віхою на шляху адекватної інженерії знань у будь-якій сфері є вибір таких методів теорії експертного оцінювання, за допомогою яких можна би було:

- ❖ врахувати специфічні нюанси предметної галузі;
- ❖ мінімізувати кількість операцій у процесії реалізації алгоритмів;
- ❖ зробити максимально комфортним і, наскільки це можливо, простим діалог користувача та експертної системи.

Існують різноманітні класифікації методів експертного оцінювання. Зокрема, їх поділяють на колективні та індивідуальні, якісні та кількісні тощо. Питання класифікації та вивчення особливостей застосування методів експертного оцінювання є доволі обширними і заслуговують на окремі академічні дослідження. Доволі детально ці питання розглянуто в публікаціях [4,8]. У рамках цієї монографії ми коротко опишемо суть та особливості застосування лише тих методів, які зрештою будуть рекомендовані для вирішення конкретних практичних завдань розвитку агробізнесу.

І. Методи впорядкування альтернатив за критеріями значимості (ранжування об'єктів, багатовимірне ранжування, попарне порівняння, аналіз ієрархії).

Методи ранжування об'єктів полягають у впорядкуванні об'єктів за зростанням чи спаданням певної якості.

Рангову систему доцільно застосовувати, коли головною метою є визначення місця об'єкта серед подібних до нього (наприклад, рентабельності сільськогосподарської культури) і для оцінюваної якості (групи якостей) важко побудувати еталонну шкалу.

Використовуючи метод рангів, експерти можуть оцінювати важливість кожного об'єкта за шкалою відносної значимості в наперед обумовленому діапазоні значень від нуля до певної величини. Тоді є змога оцінити не тільки пріоритетність показника, але й ступінь його впливу на досліджуваний об'єкт (вагомність).

До рангових методів обробки результатів опитування відносять також метод надання переваг. Його можна використовувати для оцінювання ризиків за такою схемою:

1. Спочатку експертна система, керуючись власними алгоритмами і підказками користувача, нумерує об'єкти (показники) у порядку їх характерності, при цьому найменш характерний елемент отримує номер 1 і т. д.
2. У процесі оброблення результатів розраховується коефіцієнт відносної важливості (характерності) кожного елемента.

Показник з найбільшим коефіцієнтом відносної важливості є показником ризику. Здійснюючи діалог з системою декілька разів (за участю кількох стейкхолдерів або модифікуючи початкові умови), можна визначити потрібні переваги.

Оскільки властивості об'єктів характеризуються, як правило, множиною ознак, то під час упорядкування одиниць сукупності виникає необхідність агрегування усіх ознак множини в одну інтегральну оцінку. Цей процес називають багатовимірним ранжуванням і здійснюють за такими принципами [9]:

1. Агрегування ознак відбувається засобами теорії «адитивної цінності», згідно з якою цінність цілого дорівнює сумі цінностей складових.
2. Якщо показники мають різні одиниці вимірювання, то потрібно привести їх до однієї основи (*стандартизувати*).
3. Забезпечення інформаційної односпрямованості показників досягається шляхом перетворень *дестимуляторів* на *стимулятори* за допомогою спеціальних формул.
4. Якщо показники мають різну вагу, то формула:

$$G_j = \sum_{i=1}^n Z_{ij} W_i \quad (6.1)$$

де n – кількість показників, Z_{ij} – стандартизована оцінка j -го об'єкта за i -им показником, W_i – ваговий коефіцієнт i -го показника), є базовою для обчислення багатовимірної оцінки G_j j -го об'єкта.

Якщо показники як елементи ознакової множини мають різну цінність, то для них потрібно певним чином задавати початкові вагові коефіцієнти.

Точність задання цих коефіцієнтів безпосередньо впливає на якість підсумкового результату. Тому вирішенню цієї проблеми приділяють особливу увагу. Зокрема, для встановлення вказаних коефіцієнтів можна скористатися судженнями експертів, що часто й роблять. Однак усе більше науковців схиляються до думки, що такий підхід є часто некоректним. Адже експерт, як правило, може дати об'єктивну оцінку за правилом «краще»-«гірше» і мало ймовірно, що зможе якісно оцінити, у скільки разів одна ознака важливіша за іншу.

У роботі [10] запропоновано метод визначення вагових коефіцієнтів багатокритеріального експертного оцінювання. Цей метод дозволяє засобами математичного програмування визначити вагові коефіцієнти так, що застосування принципу адитивної цінності критеріїв досить добре узгоджується з гіпотетичними результатами роботи експертної комісії. Спираючись на кількісні оцінки експертів за окремими показниками, можна формулювати такі оптимізаційні задачі, які мінімізують відхилення лінійної функції, яка має зміст багатовимірної оцінки, від індивідуальних ранжувань експертів.

Окремим методом проведення експертиз вважають метод попарного порівняння. У багатьох випадках докладна числова інформація про досліджувані об'єкти не є обов'язковою, а порівняння можна здійснювати за принципом “більше-менше” або “краще-гірше”, без уточнення, у скільки разів або наскільки більше чи краще. Якісне порівняння двох об'єктів вважається більш легким та достовірним, ніж вираження переваги у бальній чи рейтинговій шкалах. Після побудови класичної матриці парних порівнянь чи її аналогів можна встановити вагові коефіцієнти кожного об'єкта, а отже, перейти до бальної чи рейтингової системи.

Метод попарного зіставлення можна удосконалювати, не змінюючи механізму утворення шкали порядку, наприклад, таким чином: 1 – перевага одного об'єкта над іншим, 0 – рівноцінність, -1 – відставання одного об'єкта від іншого.

Методику побудови матриць парних порівнянь з кількісним порівнянням об'єктів описано в роботі [11]. У цій же роботі розглянуто способи нормування матриць, обчислення нормованих вагових коефіцієнтів та коефіцієнтів узгодженості порівнянь.

Найважливішими перевагами методу парних порівнянь та його модифікацій є:

- ❖ простота у формуванні початкових матриць;
- ❖ чітке математичне обґрунтування здійснюваних операцій;
- ❖ можливість переходу до інших представлень експертної інформації (ранжування, бальні оцінки тощо).

Метод аналізу ієрархій також є одним з методів вибору найкращої альтернативи серед декількох можливих. Згідно з цим методом, для кожної проблеми потрібно, насамперед, визначити кількість ієрархічних рівнів, критерії прийняття рішень, варіанти альтернативних рішень та їх початкові вагові коефіцієнти. Після цього доцільно зобразити побудовану структуру у вигляді дерева-схеми. Для кожного «відгалуження» цієї схеми потрібно обчислити проміжні вагові коефіцієнти. Ці коефіцієнти обчислюються як добутки відповідних початкових вагових коефіцієнтів. Для остаточного прийняття рішення використовують комбіновані вагові коефіцієнти, які обчислюють як суму відповідних проміжних коефіцієнтів.

Важливими позитивними рисами методу аналізу ієрархій є [12]:

- ❖ можливість урахування як завгодно великої кількості критеріїв;
- ❖ побудова ієрархії критеріїв, тобто встановлення відношень підпорядкування одних критеріїв іншим;
- ❖ можливість урахування як завгодно великої кількості альтернатив;
- ❖ можливість поєднання критеріїв, що чітко підлягають формалізації, з критеріями, що передбачають побудову числової шкали для ідей, почуттів, переживань;
- ❖ адаптивність до ситуацій, коли рішення доводиться приймати в умовах ризику чи невизначеності;
- ❖ можливість включення в загальну схему імітаційного моделювання, яке передбачає розбиття єдиної системи на сукупність елементів та модулів, що певним чином між собою пов'язані, з подальшим вивченням їх поведінки.

II. Методи еталонних бальних оцінок.

Еталонні оцінки визначаються за об'єктивними критеріями і загальноновизнаним еталоном. Довіра до таких оцінок тим вища, чим точніше визначені відхилення від еталону.

Розглянемо класичні формули еталонної системи бальних оцінок. Нехай x_{ij} – бальні оцінки i -го об'єкта j -им експертом. Якщо експерти рів-

ноправні (однаково компетентні), то найпростішу групову оцінку x_i i -го об'єкта визначають як середнє арифметичне:

$$x_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (6.2)$$

де n – число експертів. Якщо потрібно врахувати рівень обізнаності, то розглядають вагові коефіцієнти q_j компетентності. Тоді

$$x_i = \sum_{j=1}^n q_j x_{ij} \quad (6.3)$$

Якщо об'єкт оцінювання є досить складним і водночас добре структурованим, то доцільно провести експертизу його окремих складових. Позначимо x_{ijk} – оцінка i -го показника j -им експертом за k -им показником, y_{kj} – оцінка вагомості k -ої ознаки j -им експертом. Тоді оцінка вагомості k -ої ознаки визначається за формулою:

$$y_k = \sum_{j=1}^n q_j y_{kj} \quad (6.4)$$

Якщо m – число ознак, то остаточну оцінку об'єкта знаходимо за формулою:

$$x_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m q_j y_k x_{ijk} \quad (6.5)$$

Практика подібних експертиз показує, що значення x_i , обчислені за формулами (6.2)-(6.5), мають достатньо велику стійкість під час зміни складу експертної групи. Однак стійкі результати, що реально свідчать про узгоджену позицію фахової групи, спостерігаються за таких умов:

- 1) існує чітко визначена та підтверджена досвідом роботи єдина система оцінювання (еталон);
- 2) кількість експертів перевищує три особи;
- 3) до роботи експертної групи не залучаються особи з дуже високими або дуже малими коефіцієнтами компетентності порівняно з іншими членами групи.

У формулах (6.3) і (6.5) враховується міра компетентності експертів у вигляді коефіцієнтів q_j . До апріорних методів їх визначення належать диференціальне самооцінювання та взаємне оцінювання. Коли застосовують диференціальний метод, то, як правило, оцінку дають за двома групами критеріїв: за критеріями, що характеризують ознайомленість експерта з основними джерелами інформації в досліджуваній галузі, і за критеріями, що характеризують ознайомленість з об'єктами експертизи.

Метод взаємного оцінювання передбачає побудову матриці, елементами якої є числа q_{ij} , що мають зміст оцінок, які експерти дають кожен кожному (наприклад, це може бути число експертів, які вважають i -го експерта більш компетентним, ніж j -ий).

Серед апостеріорних способів оцінювання експертів найпростішим і, водночас, досить ефективним є розрахунок коефіцієнтів відхилень оцінок. Ці коефіцієнти обчислюють для кожного експерта за формулою:

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{x_{ij} - x_i}{x_{ij\max} - x_i}}{p} \quad (6.6)$$

де p – кількість об'єктів що підлягали експертному оцінюванню, x_i – остаточна групова оцінка об'єкта, x_{ij} – оцінка, яку дав j -ий експерт, $x_{ij\max}$ – оцінка, яка максимально відрізняється від x_i (її може дати будь-хто з експертів).

Ваговий коефіцієнт q_j можна виразити за допомогою коефіцієнта відхилення K_j , наприклад, так:

$$q_j = 1 - \frac{K_j}{K_{\max}} \quad (6.7)$$

де K_{\max} – максимальний серед усіх експертів коефіцієнт відхилення.

Про рівень обізнаності фахівця можна судити тим точніше, чим більше є в наявності результатів його участі в однотипних експертизах та експериментах з інженерії знань.

Основними перевагами еталонних бальних оцінок є:

- ❖ простота визначення групових оцінок об'єктів після здійснення експертизи;
- ❖ можливість урахувати компетентність експертів;
- ❖ можливість аналізу за допомогою як кількісних, так і якісних методів, що дає змогу порівняти результати. Якщо висновки збігаються, то можна констатувати, що вони достовірні і базуються на матеріалі експертизи, а не на методах оброблення даних.

Водночас, експертне оцінювання за допомогою еталонних бальних оцінок має недоліки, які пов'язані з труднощами отримання об'єктивних початкових оцінок x_{ijk} , x_{ij} , q_j . Серед них базовими є x_{ij} . Дійсно, якщо експерти рівноправні, то у визначенні q_j немає потреби. Розділяти оцінку об'єкта на окремі складові за певними ознаками також не завжди раціонально. Особливо це стосується об'єктів, цілісність яких є основною рисою їх ефективного функціонування. Крім того, створення багатопараметричної сукупності еталонів для оцінювання x_{ijk} – дуже трудомістка

робота. Однак, якість початкових даних x_{ij} завжди вимагає наукового обґрунтування. Щоб оцінки x_{ij} були максимально об'єктивними, можна рекомендувати такі загальні кроки:

- 1) повно та чітко описати еталонну шкалу;
- 2) якомога точніше описати та оцінити відхилення від еталона;
- 3) поряд із загальною оцінкою об'єкта запропонувати експертам оцінити об'єкти без урахування окремих їх властивостей чи сукупностей властивостей.

III. Методи експертного прогнозування.

Під прогнозуванням у класичному варіанті цього терміну розуміють передбачення наслідків поточної ситуації з урахуванням наявних та потенційно можливих факторів впливу. Значна частина прогнозованих величин представляється у вигляді часових рядів. Але застосування лише статистичних методів не завжди є найкращим, оскільки вони не можуть повністю передбачити випадкові зміни у поведінці системи. Таким чином, постала потреба в розробці нового класу методів, які б могли базуватися не тільки на статистичних дослідженнях. Тому варто розглядати можливості поєднання статистичних методів та суджень експертів, їх переваги та недоліки, що дозволяє наблизитися до утворення постійної системи прогнозування часових рядів, які представляють макроекономічні змінні [13].

Залучення експертів є найбільш типовим для мікроекономічного прогнозування, коли, наприклад, менеджери фірм прогнозують об'єми продажу сільськогосподарської продукції у наступний період. Причому статистичні (об'єктивні) та експертні (суб'єктивні) методи все частіше використовуються разом у деякому поєднанні. Особливо важливим є таке поєднання за умови різких змін у економіці внаслідок непередбачуваних подій, що якраз притаманно теперішньому часу.

Вплив несподіваних подій або факторів, які неможливо врахувати у детермінованих статистичних моделях, можна до певної міри передбачити та уточнити шляхом використання експертного оцінювання.

Експертне прогнозування має такі характеристики.

1. Відомі як інформація про часовий ряд, так і контекстуальна інформація.
2. Немає причин припускати незмінність поведінки часового ряду в майбутньому.
3. Існують можливості організаційного або політичного впливу на утворення прогнозу та впливу самого прогнозу на економічне середовище.
4. Організатори експертизи і самі експерти мають можливості:
 - ❖ використовувати свій досвід у володінні методами прогнозування;
 - ❖ впливати на розвиток системи, тобто на значення прогнозованих величин;

- ❖ перевіряти та аналізувати результати свого прогнозування;
- ❖ реалізувати додаткові мотиваційні переваги фінансового, кар'єрного чи соціального характеру.

Взаємодія статистичних методів з теорією експертного оцінювання може відбуватися, зокрема, такими шляхами:

1. Побудова детермінованих моделей, коли експерт може вказати всі необхідні змінні, визначити структуру моделі та деяким чином перевести наявну контекстуальну інформацію у параметри моделі.
2. Імовірнісне експертне прогнозування, коли експерти вказують імовірність здійснення деякої події, наприклад, зростання величини змінної в наступний період. На основі групи таких прогнозів будується загальний імовірнісний прогноз.

Також відзначимо основні фактори, від яких залежить якість експертного прогнозування:

1. Передбачуваність навколишнього середовища визначає верхню межу точності утворення прогнозів, а тому показує, наскільки можливо підвищити їх точність завдяки іншим компонентам.
2. Прогностичні навички можуть бути нівельовані, якщо інформаційна система вимірює часовий ряд неточно, тобто первинні дані є недостовірними.
3. Взаємозв'язок між експертом і прогнозованою системою є актуальним та стабільним.
4. Надійність статистичних даних і додаткової інформації.
5. Умовне та безумовне зміщення, які на практиці майже неможливо подолати. Перше виникає внаслідок надлишкової впевненості або невпевненості експертів у прогнозних значеннях, що призводить до песимістичних чи оптимістичних прогнозів. Друге є звичайним рівнем зміщення прогнозу.

IV. Методи перевірки узгодженості суджень експертів.

Під час створення програмного забезпечення для експертних систем важливо коректно формалізувати знання фахівців. Зрозуміло, що таких фахівців має бути принаймні декілька. Тому, формуючи експертну групу, доцільно проводити тестування, самооцінку і/або взаємну оцінку запрошених експертів та перевірку узгодженості суджень.

Процес тестування передбачає розв'язування експертами завдань, відповіді на які їм не повинні бути відомими, але вони відомі архітекторам експертних систем. Після цього перевіряється гіпотеза про належність оцінок різних експертів до однієї генеральної сукупності оцінок (найчастіше перевірка здійснюється з використанням критерію Фішера).

Самооцінка може відбуватися таким чином: кожен запрошений експерт відповідає на запитання спеціально складеної анкети за

максимально короткий проміжок часу, після чого за допомогою обчислювальної техніки отримують дані щодо глибини та широти його обізнаності, а також щодо рівня узгодженості його суджень з оцінками інших експертів. Якщо експерти мають досвід сумісної роботи або довіряють один одному, то за спільною домовленістю можуть не тільки оцінювати самі себе, а й один одного.

Загальний висновок про узгодженість суджень експертів, що є підставою для того, щоб відхилити чи взяти за основу для програмування відповідні знання, можна зробити, наприклад, обчисливши так званий коефіцієнт конкордації. Для цього застосовують формулу:

$$W = \frac{12S}{mn^2(m^2 - 1)} \quad (6.8)$$

де n – кількість експертів, m – кількість об'єктів дослідження (експертизи), S – сума квадратів відхилень всіх оцінок рангів кожного об'єкта експертизи від середнього значення.

Якщо коефіцієнт конкордації дорівнює нулю, то між оцінками експертів абсолютна розбіжність, якщо одиниці – має місце повна узгодженість думок експертів стосовно досліджуваних об'єктів. Зауважимо, що крайні випадки є однаково небажані. Оскільки в першому випадку можна «запідозрити» некомпетентність експертів чи повну недосконалість методики оцінювання, а в другому заангажованість експертів чи занадто велику очевидність проблеми, що автоматично означає недоцільність створення експертної системи.

Якість проведення експертизи можна покращити шляхом збільшення кількості експертів. Потрібну кількість експертів, яку зазвичай позначають n , можна вирахувати, якщо відомі закон розподілу думок експертів і максимально допустима стандартна похибка оцінки S_x , а саме:

$$n = \sqrt{\frac{S_x}{\sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}} \quad (6.9)$$

де k – кількість зроблених експертами оцінок, \bar{x} – середнє арифметичне значення оцінок експертів.

Встановлено, що аналіз узгодженості думок експертів за допомогою обчислення коефіцієнта конкордації є досить неповним, оскільки орієнтований на перевірку однотайності суджень. Якщо судження експертів концентруються навколо кількох точок (тобто експерти розділяються на кілька різних груп з однаковими поглядами всередині групи), то коефіцієнт конкордації не дозволяє це виявити.

Більш тонкі висновки щодо узгодженості суджень дозволяє зробити методика, яка ґрунтується на перевірці статистичних гіпотез стосовно коефіцієнтів рангової кореляції.

На першому етапі потрібно знайти вибіркові коефіцієнти рангової кореляції *Спірмена* для кожної пари експертів. Для цього використовуємо формулу:

$$\rho_{ij} = 1 - \frac{6 \sum_{k=1}^m D_{ij}^k{}^2}{m^3 - m} \quad (6.10)$$

де ρ_{ij} – коефіцієнт рангової кореляції між i -им j -им експертом, D_{ij}^k – різниці між рангами, наданими k -ому об'єкту i -им та j -им експертом.

На другому етапі з таблиці розподілу *Стюдента* знаходимо критичні точки двосторонньої критичної ділянки $t_{kp}(\alpha, k)$, де α – рівень значущості, $k = m - 2$ – число ступенів вільності.

Третій етап полягає в обчисленні спостережуваного значення критерію для кожного з коефіцієнтів *Спірмена* за формулою:

$$T_{k\delta} = t_{kp}(\alpha, k) \sqrt{\frac{1 - \rho^2}{m - 2}} \quad (6.11)$$

На завершальному етапі перевіряємо, чи потрапляють коефіцієнти *Спірмена* в критичну ділянку, і робимо висновок про значущість наявного кореляційного зв'язку.

Запропонована методика дозволяє зробити нові уточнені висновки щодо експертних суджень, а саме:

- ❖ про наявність чи відсутність дисидентів, тобто експертів, судження яких найбільш кардинально відрізняються від решти;
- ❖ про експерта з «центральною думкою», тобто такого, судження якого мінімально відрізняються від загальної думки (підсумкового ранжування);
- ❖ стосовно групових точок зору.

На завершення розгляду перспективних, з нашої точки зору, методів у плані застосування для інженерії знань в аграрній економіці відмітимо, що з окремими питаннями верифікації експертних суджень більш детально можна ознайомитися у праці [14].

Під час вибору методики організаторам професійних експертиз треба розуміти, що досягнути якомога кращого результату можливо лише за умови застосування комплексу кількісних методик у поєднанні з уже апробованими на практиці стандартними методами оцінки. Це обумовлено

наявністю в кожного окремого методу недоліків чи обмежень. Під час комплексного використання кожен метод може слугувати інструментом додаткового контролю результатів, одержаних на основі інших методів, чим досягається більша об'єктивізація оцінки. Таким чином, кількісні методики експертного оцінювання повинні бути складовими частинами загальної методики проведення експертизи (бажано, окремої для кожного напрямку інформаційно-аналітичної діяльності), у якій регламентуються правила роботи експертно-аналітичної групи, визначається порядок проведення експертизи та критерії оцінки досліджуваних об'єктів та процесів і т. д.

Варто відзначити, що використання кількісних експертних методик не обмежується математичною і статистичною обробкою оцінок експертів та виданням результату експертизи. Вони можуть бути успішно використані і на підготовчих етапах експертизи, зокрема:

- ❖ під час формування експертних комісій (у рамках науково-дослідної роботи розроблено відповідні стохастичні моделі та модель відбору експертів з використанням нечітких запитів);
- ❖ для визначення компетентності експертів (класичні методи, методи на основі аксіоми незміщеності та з використанням функцій приналежності);
- ❖ для виявлення рівня узгодженості думок експертів (зазвичай, з використанням методів рангової кореляції).

Якщо спроектувати особливості застосування методів експертного оцінювання на специфіку тих практично важливих завдань, які притаманні агросектору, то можна запропонувати певні пріоритети, відображені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Рекомендації щодо застосування окремих методів експертного оцінювання та прогнозування за конкретними напрямками діяльності в агробізнесі

Напрямки діяльності	Методи експертного оцінювання									
	I.Н	I.Б	I.О	I.П	II.Е	II.О	III.Д	III.І	IV.К	IV.С
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Комплексний аналіз діяльності підприємств		V							V	
Побудова стратегії розвитку				V		V				
Оцінювання ефективності інноваційного розвитку бізнесових структур		V			V					
Визначення бажаних для об'єкта управління результатів діяльності	V				V					

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Управління земельним банком			✓					✓		
Сезонне планування та управління виробничою програмою						✓				✓
Конструювання бізнес-процесів					✓		✓			
Моніторинг посівів		✓			✓					
Польова логістика	✓	✓								
Контроль та збереження ресурсів	✓				✓					
Визначення рейтингів інвестиційних проєктів				✓						✓
Встановлення привабливості урядових програм з підтримки АПК				✓						✓
Оцінювання стану та перспектив реалізації проєктів						✓		✓		
Визначення компетентності та відповідності посаді		✓							✓	
Підвищення кваліфікації персоналу	✓						✓			
Оцінювання роботи працівників		✓							✓	
Реалізація проєктів взаємодії з освітнім середовищем	✓					✓				
Прогнозування можливих наслідків реалізації альтернативних управлінських рішень			✓				✓			
Прогнозування можливого боргу чи обсягів надходжень								✓		
Прогнозування основних напрямків розвитку регіону						✓	✓			
Прогнозування часу настання/тривалості критичних економічних, соціальних і політичних подій								✓		
Вибір схем реалізації та експортних ланцюжків			✓					✓		✓
Створення планів реалізації вигід		✓		✓						

У таблиці 6.4 введено такі позначення описаних вище методів експертного оцінювання:

I.Н – метод надання переваг;

I.Б – багатовимірне ранжування;

I.О – оптимізаційний метод визначення вагових коефіцієнтів багатокритеріального оцінювання;

I.П – попарне порівняння;

II.Е – еталонне бальне оцінювання;

II.О – метод еталонних бальних оцінок з урахуванням рівня обізнаності експертів;

III. Д – детерміноване експертне прогнозування;

III. І – імовірнісне експертне прогнозування;

IV.К – узгодження експертних суджень за допомогою коефіцієнтів конкордації;

IV.С – узгодження експертних суджень за допомогою коефіцієнтів Спірмена.

Вироблені рекомендації можуть бути використані розробниками експертних систем і спеціалізованих додатків, а також інформаційно-аналітичними підрозділами агропромислових компаній.

Таким чином, за результатами проведеного дослідження сформуємо наступні висновки:

1. Події, спричинені військовим вторгненням росії на територію нашої країни, характеризуються невизначеністю, слабкою прогнозованістю та неформалізованістю в цілому і, зокрема, в тих питаннях, які стосуються стійкості та надійності аграрної галузі. Тому виникає необхідність застосування новітніх технологій та передових наукових розробок для розвитку тих секторів економіки, які є визначальними для відбудови України і сприятимуть швидкому входженню її у сприятливі міжнародні політичні, економічні та безпекові союзи.

2. Під час вирішення багатьох проблем (особливо стратегічного характеру) аграрної економіки виникає потреба у залученні знань фахівців-експертів. Що стосується використання комерційних спеціалізованих програмних продуктів (статистичних програм, експертних систем, систем підтримки прийняття рішень тощо) структурами АПК, то вони доцільні при необхідності опрацювання великих обсягів інформації, і затрати на їх купівлю повинні бути виправдані значним (зазвичай, економічним) ефектом.

3. Використання в агробізнесі експертних систем як прикладного напрямку теорії штучного інтелекту дозволить отримати такі першочергові здобутки:

❖ фінансові та часові вигоди;

- ❖ мінімізація ризиків у процесах виробництва та реалізації сільсько-господарської продукції;
- ❖ компенсація нестачі досвіду працівників у ситуаціях, коли він не-обхідний;
- ❖ сприяння розвитку суміжних галузей, наприклад, ІТ-сфери.

Системне та науково-обґрунтоване використання експертних систем потребує стабільного фінансового забезпечення, створення та розвитку відповідної нормативно-правової бази та інституційної підтримки.



Література

1. George F. Luger. Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving. 4th Edition. ADDISON WESLEY, 2001. 978 p.
2. Павлиш О. Технології та ШІ змінять роботу майже для чверті всіх працівників у світі – звіт. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/05/1/699635/>.
3. Яворський А. Що чекає український ІТ-ринок у 2023 році? Як ChatGPT та розвиток штучного інтелекту загалом змінять життя людей? URL: <http://surl.li/jyuac>
4. Новосад В. П., Селіверстов Р. Г., Артим І. І. Кількісні методи експертного оцінювання: науково-методична розробка. Київ: Вид-во НАДУ, 2009. 36 с.
5. Гордійчук Д. Як змінилася аграрна мапа України за рік, наскільки впало виробництво зерна, фруктів та овочів і чому в рази зросли посіви гречки. URL: <http://surl.li/jyuai>
6. Черевко Г.В. Економіка зернопродуктового комплексу АПК / Г.В. Черевко, П.М. Гарасим, В.А. Колодійчук та ін. // – Львів: Українські технології, 2000. – 197 с.
7. Богачева Н. Ми створюємо сучасну цифрову культуру українського агробізнесу. URL <http://surl.li/jyuap>
8. Методологія експертного оцінювання: конспект лекцій для використання в навчальному процесі в системі підвищення кваліфікації кадрів/ уклад. Новосад В. П., Селіверстов Р. Г. Київ: НАДУ, 2008. 48 с.
9. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування: навч. посіб. Київ.: КНЕУ, 2001. 170 с.
10. Новосад В. П., Кухар Р. Б., Єлейко О. І. Оптимізаційний метод визначення вагових коефіцієнтів багатокритеріального експертного оцінювання. Управління соціально-економічними процесами засобами математичного моделювання та інформаційних технологій: матер. наук.-метод. семін. кафедри математичного моделювання та інформаційних технологій (2007-2011 рр.) / за заг. ред. В. П. Новосада та Р. Г. Селіверстова. Львів: ЛРІДУ НАДУ, 2012. С. 69-71.
11. Hamdy A Taha. Operations Research: An Introduction, 10Th Edition. Published by Pearson India, 2019. 843 p.
12. Новосад В. П. Метод аналізу ієрархій як засіб обґрунтування управлінських рішень. Ефективність державного управління в контексті європейської інтеграції: матеріали щорічної наук.-практ. конф., м. Львів, 23 січня 2004 р. Львів, 2004. Ч. 1, с. 180-183.
13. Юринець Р. В. Стохастичне моделювання формування експертної комісії. Вісник Львівського університету. Серія економічна. Львів, 2007. Вип. 37(2). С. 449-452.
14. Степанюк О. І., Новосад В. П. Верифікація підсумкових ранжувань, отриманих внаслідок експертного оцінювання. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Економічні науки. Львів, 2019. Т. 21, № 93. С. 96-101.

