

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У СИСТЕМІ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

В. В. Вітлінський

д-р екон. наук, професор,
завідувач кафедри економіко-математичного моделювання

ДВНЗ «Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана»

wite101@meta.ua

Розглядаються концептуальні положення стосовно побудови системи прийняття рішень із застосуванням інструментарію штучного інтелекту. Подано принципи побудови інтелектуальних систем прийняття управлінських рішень, окреслено відповідний інструментарій. Наголошується на необхідності врахування ризику в системах прийняття управлінських рішень.

Ключові слова. *Управлінські рішення, слабо структуровані проблеми, інтелектуальні системи, нейронні мережі, нечітка логіка, генетичні алгоритми, гібридні системи, ризикологія.*

Рассматриваются концептуальные положения построения системы принятия решений с использованием инструментария искусственного интеллекта. Рассмотрены принципы построения интеллектуальных систем принятия решений, описаны соответствующий инструментарий. Подчеркивается необходимость учета риска в системах принятия управленческих решений.

Ключевые слова. *Управленческие решения, слабо структурированные проблемы, интеллектуальные системы, нейронные сети, нечеткая логика, генетические алгоритмы, гибридные системы, рискология.*

The concept of building a system of decision-making with usage of artificial intelligence tools is considered in the article. It's revealed in the paper the principles of building the intelligent decision support systems, described the appropriate tools, emphasized the need to integrate risk into management decision-making systems.

Keywords. *Managing decisions, lightly structured problems, intelligent systems, neural networks, fuzzy logic, genetic algorithms, hybrid systems, riskology.*

Реалії сьогодення постійно вимагають прийняття виважених управлінських рішень: упровадження інноваційних технологій, організація випуску нових конкурентоспроможних товарів, вихо-

ду на нові ринки, забезпечення належної якості товарів і послуг, вирішення комплексу соціальних питань, пошуку нових методів стимулювання праці тощо.

Рішення — це, взагалі кажучи, результат інтелектуальної діяльності людини, що приводить до певного висновку та/або до необхідних дій. Воно має бути спрямоване на досягнення бажаних результатів у сфері економіки, підприємництва тощо.

Прийняття рішення — це процес, завдяки якому обирається лінія поведінки для вирішення конкретної проблеми (завдання).

Термін «прийняття рішень» є одним із основних напрямків економіко-математичного моделювання та прикладної математики. А теорія прийняття рішень виокремилась з наукового напрямку, відомого під назвою «Дослідження операцій» [2, 4, 6]. Прийняття рішень, розв'язування проблем є одним із центральних аспектів для науки про економічний ризик (ризикології) і для такого наукового напрямку як «штучний інтелект» [1, 3, 5].

Теорія прийняття рішень належить до числа міждисциплінарних, оскільки науково обгрунтований вибір способу дій — це результат урахування та системного взаємозв'язку різних аспектів, що впливають на обгрунтування того чи іншого альтернативного варіанту із низки можливих: інформаційного, економічного, психологічного, логічного, організаційного, математичного, правового, технічного тощо [9, 10].

Теорія прийняття рішень, як і будь-яка наукова теорія, має свою методологію, функції, основні завдання, методи дослідження, предмет, структуру і категоріальний апарат. Основними її категоріями є, зокрема, мета, функція, метод, діяльність.

Прийняття управлінських рішень ґрунтується, зокрема, на таких засадах:

- право приймати рішення та брати на себе ризик — його мають керівники та відповідні керівні органи, або ті, котрим це право делеговане;

- повноваження — передбачається розмежування компетенції між керівниками і керівними органами різних рівнів;

- обов'язковість — обов'язкове прийняття рішення керівником, якщо цього вимагає ситуація, що склалася;

- компетентності — вміння керівника приймати обгрунтовані і раціональні рішення та брати на себе ризик;

- відповідальності — санкції, котрі можна застосовувати до керівника за прийняття ним хибного рішення;

- своєчасності — необхідності прийняття рішення своєчасно в певний період (термін) часу.

Дотримання перелічених умов, а також послідовності проходження процесу прийняття рішень та ідентифікована їх типологія є підґрунтям вироблення ефективних рішень. Окрім цього існує чимало інших чинників, які мають значний вплив на ефективність прийняття управлінських рішень.

Актуальними та такими, що мають широке поле використання, є задачі пошуку ефективних управлінських рішень в умовах невизначеності, конфлікту та породженого цим ризику. Вони (ці задачі) характеризуються неповнотою, недостовірністю інформації, різноманітністю та складністю впливу на процес прийняття рішень великої кількості чинників тощо [3-8].

Необхідно також урахувати й неоднозначність та розпливчастість чинників і параметрів ситуації на момент прийняття рішень (політичної, соціальної), високу динамічність і нелінійність соціально-економічних процесів, роль особистості в процесі розробки, обґрунтування та прийняття рішень. Невизначеність — фундаментальна характеристика недостатньої інформаційної забезпеченості прийняття рішень, браку знань стосовно певної проблемної ситуації. Невизначеність класифікують і деталізують низкою способів.

Породжений невизначеністю ризик є невід’ємною складовою в оцінюванні ситуації та прийнятті рішень. Нами запропоноване таке означення ризику, яким обтяжене прийняття рішень.

Ризик — це системна характеристика (економічна категорія), що відображає особливості сприйняття заінтересованими суб’єктами суспільних відносин об’єктивно існуючих невизначеності та конфліктності, іманентних процесам цілепокладання та прийняття рішень.

Наголосимо, що ризик має діалектичну об’єктивно-суб’єктивну структуру.

У низці наукових праць пропонуються концептуальні положення та інструментальні засоби до створення інтелектуальних систем прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності та породженого цим ризику з використанням технологій штучного інтелекту (ШІ) [1, 7, 8, 12, 16].

Прийняття рішень у складних випадках, коли поєднуються різні види невизначеності та конфліктності, може стати процесом, який має багато стадій для зняття (крок за кроком) початкової

невизначеності. Прийняття управлінських рішень на підґрунті використання математичних моделей і методів передбачає наявність наступних складових:

1. Особа, котра приймає рішення (ОПР) — це людина або група людей, наділених відповідними повноваженнями (компетенціями) для прийняття рішення, з її схильністю (чи несхильністю) до ризику, й котра несе відповідальність за наслідки реалізації і прийняття рішень;

2. Керовані змінні — сукупність чинників та умов, що викликають появу тієї або іншої альтернативи, якими може керувати (здійснювати вибір) особа, котра приймає рішення;

3. Некеровані змінні — це чинники, параметри, якими не може керувати особа, що приймає рішення, але які необхідно враховувати, оцінювати, прогнозувати з урахуванням невизначеності та конфліктності. У сукупності з керованими змінними некеровані змінні впливають на результати вибору, утворюючи фон проблеми, зважаючи на турбулентне навколишнє середовище;

4. Обмеження (внутрішні й зовнішні) на оцінені відповідним чином кількісні значення керованих і некерованих змінних і чинників ризику, які в сукупності визначають область допустимих меж рішення;

5. Альтернативи (можливі результати), залежні як від значень якісних і кількісних керованих і некерованих змінних, від ставлення особи, що приймає рішення, від ризику, так і від самого вибору;

6. Рішення, що припускає вибір принаймні з двох альтернатив, з урахуванням ризику — інакше проблеми прийняття управлінського рішення не виникає, зважаючи на відсутність вибору;

7. Критерій (або критерії) для оцінювання альтернативних варіантів рішення, у структурі якого має бути врахований ризик. Критерій може бути заданий кількісною моделлю або якісною (в термінах індивідуальних переваг або в термінах нечіткої логіки);

8. Вирішальне правило (або система вирішальних правил) — принципи і методи вибору рішення, в структурі яких враховується ризик, у результаті застосування яких отримують рекомендації або рекомендоване рішення (хоча остаточне рішення залишається за ОПР).

Модель задачі прийняття рішень у низці наукових праць подається у вигляді кортежу: $\langle \Pi, X, R, A, F, G, D \rangle$, де Π — постановка задачі (наприклад, вибрати одну найкращу, в певному сенсі,

альтернативу чи частково впорядкувати всю множину альтернатив); X — множина допустимих альтернатив; R — множина критеріїв оцінювання ступеня досягнення поставленої мети (цілей) з урахуванням ризику; A — множина шкал вимірювання за критеріями (шкали: найменувань, порядкові, інтервальні, відношень тощо); F — відображення множини допустимих альтернатив у множину критеріальних оцінок; G — система переваг у задачі з урахуванням ризику; D — вирішальне правило, що відображає систему переваг.

Класифікація моделей задач прийняття рішень може здійснюватись за низкою ознак, зокрема:

1. За видом відображення F — імовірнісне чи нечітке. Аналогічно щодо повноти опису досліджуваного об'єкта класифікуються й задачі прийняття рішень [2, 9];

2. За потужністю множини R — одноелементна множина чи така, що складається з багатьох критеріїв (багатокритеріальні задачі);

3. За станом системи G — відображається система переваг (пріоритетів) однієї особи чи колективу загалом, виокремлюються задачі індивідуального чи колективного прийняття рішень.

Під моделлю вибору розуміють пару (X, R) , що складається з множини альтернатив X та відношення R на цій множині.

У низці наукових праць, зокрема в [12, 13, 16], наведена класифікація методів прийняття рішень за такими ознаками, як зміст експертної інформації, тип отримуваної інформації, на підґрунті якої можна визначити групи методів прийняття рішень в умовах невизначеності та породженого цим ризику.

Якщо дотримуватися класифікації проблем прийняття рішень, запропонованої американськими вченими А. Н'ювеллом і Г. Саймоном [18], то за ступенем складності проблем їх можна розподілити на три групи:

- перша група — проблеми структуровані, в яких співвідношення між елементами можуть одержувати числові значення чи символи. У вирішенні структурованих проблем використовують кількісні методи аналізу: лінійного, нелінійного, динамічного програмування, теорії масового обслуговування, а також теорії ігор, тобто методологія та елементи інструментарію, що дістали назву «дослідження операцій»;

- друга група — проблеми слабо структуровані, що характеризуються насамперед якісними (вербальними), а також і кількіс-

ними залежностями між елементами досліджуваної системи та зовнішнім середовищем. Зазначимо, що слабо структуровані проблеми містять як якісні чинники та зв'язки між елементами, так і кількісні, де переважають перші. Це царина застосування системної парадигми, побудови математичних моделей на підґрунті використання інструментарію нечіткої логіки, нейронних мереж, генетичних алгоритмів, поєднання кількісних методів дослідження операцій, методології та інструментарію ризикології, евристичних методів, тобто застосування інструментарію штучного інтелекту;

- третя група — проблеми неструктуровані, що містять лише вербальний опис деяких із найважливіших ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими в одному вигляді невідомі. Рішення неструктурованих проблем розробляються з використанням методів і моделей штучного інтелекту (евристичних методів, які ґрунтуються на інтуїції, логіці, теоретичних міркуваннях, досвіді, професіоналізмі особи чи колегіального органу — суб'єкта управління). До їх складу включаються експертні методи і моделі, а також нейро-нечіткі моделі. Важливу роль відіграють діалогові процедури, системний аналіз тощо.

Аналіз низки наукових праць, зокрема [5-13, 16], стосовно розробки і застосування систем прийняття рішень в управлінні економічними об'єктами і методологічних підходів до їх математичного моделювання показує, що в сучасних умовах складність слабо структурованих задач (проблем) зростає. Це, а також динамічність і невизначеність процесів в умовах трансформаційної економіки потребують розвитку та вдосконалення концептуальних положень, методології та інструментарію моделювання слабо структурованих задач (проблем).

Аналіз класичних математичних методів та інструментарію дослідження операцій для прийняття рішень, які знайшли досить широке застосування в багатьох прикладних проблемах і предметних областях, дозволяє дійти висновку, що традиційного інструментарію середини ХХ століття недостатньо для прийняття рішень за умов слабо структурованих та неструктурованих задач (проблем). Тобто, існує потреба у розробці та застосуванні методів і моделей штучного інтелекту з урахуванням ступеня ризику.

Щоб пояснити, чим відрізняється задача прийняття рішення, що вимагає застосування ІІІ, від простої задачі прийняття рішення,

ня, можна, зокрема, скористатися терміном «алгоритм» — одним із наріжних каменів математики та кібернетики.

Під алгоритмом розуміють точну (чітку) інструкцію для виконання у визначеному порядку низки операцій для розв'язування певної задачі з деякого класу (множини) задач. У математиці та кібернетичі клас задач певного типу вважається вирішеним (розв'язаним), коли для їх розв'язування встановлений (побудований) алгоритм. Побудова алгоритму для задач певного типу (класу) пов'язана в низці випадків з витонченими, складними розмірковуваннями, що вимагають винахідливості та високої кваліфікації. Такого роду креативна діяльність потребує участі людини. Задачі, що пов'язані зі знаходженням (побудовою) алгоритму розв'язування певного класу задач будемо називати інтелектуальними задачами.

Стосовно тих класів задач, алгоритми розв'язування яких уже побудовані, то, як зазначає відомий фахівець у сфері Ш Марвін Мінський [17], зайве буде приписувати їм таку містичну властивість, як «інтелектуальність». Справді, після того, як відповідний алгоритм вже побудовано, процес розв'язування даного класу задач стає таким, що його можуть точно виконати людина, обчислювальна машина (ретельно запрограмована) чи контроллер, які не мають жодного уявлення щодо сутності (семантики) самої задачі. Потрібно лише, щоб особа, що розв'язує задачу, була б здатна виконати ті операції, з яких складається процес, і, також, щоб вона педантично й акуратно керувалася запропонованим алгоритмом. А тому доречно вилучити такі задачі з класу інтелектуальних (для котрих існують стандартні алгоритми і методи розв'язування). Прикладами таких задач можуть слугувати, зокрема, такі обчислювальні задачі: розв'язування системи лінійних алгебраїчних рівнянь, чисельне інтегрування диференційних рівнянь тощо. На відміну від цього, для широкого кола інтелектуальних задач, таких як розпізнавання образів, гра в шахи, доведення теорем тощо, такий формальний розподіл процесу пошуку розв'язку шляхом розбиття проблеми (задачі) на окремі елементарні операції (кроки) часто виявляється досить складним, навіть якщо їх розв'язування не є складним.

Отже, можна перефразувати означення інтелекту, зокрема, як універсального метаалгоритму, котрий здатний створювати алгоритми для розв'язування конкретних класів задач (проблем).

Не варто розраховувати також на те, що обчислювальні машини можуть розв'язувати будь-які задачі. Аналіз різноманітних задач привів математиків до відкриття, де було строго доведено існування таких типів задач, для котрих неможливий єдиний ефективний алгоритм, за допомогою якого можна розв'язувати всі задачі даного класу (типу). Це сприяє кращому розумінню того, що можуть робити машини, а що ні. Воно має прогностичний характер про те, що подібного роду алгоритм нам не відомий і що він не існує взагалі.

Як же діє людина за необхідності отримання розв'язку неструктурованих задач? Здається, що вона їх просто ігнорує. Інший альтернативний шлях — це звуження умов універсальності задачі, коли задача розв'язується, зокрема, лише для певної підмножини умов (здійснення редукції). Ще один альтернативний шлях — коли людина методом «наукового тицяння» розширює множину доступних для себе елементарних операцій (наприклад, випадково створює нові матеріали, відкриває нові поклади родовищ, новий математичний інструментарій тощо).

Для означення поняття «Інтелектуальна система прийняття рішень» (ІСПР) необхідно звернутися до джерел, у котрих наводиться тлумачення терміну «Інтелект» [5].

Термін «інтелект» (intelligence) походить від латинського слова *intellectus*, що означає розум, розсудливість, розуміння, вміння розмірковувати раціонально. Відповідно штучний інтелект (*artificial intelligence*) — ШІ (AI) зазвичай тлумачать як властивість автоматизованих (комп'ютерних) систем, створених на підґрунті відповідних математичних методів і моделей, брати на себе окремі функції інтелекту людини, зокрема, генерувати й обґрунтовувати рішення на основі формалізованого у вигляді бази знань та моделей раніше отриманого досвіду, а також аналізу та врахування зовнішніх збурюючих впливів і невизначеності.

Будемо називати інтелектом здатність вирішувати задачі шляхом набуття, запам'ятовування та цілеспрямованого поглиблення (уточнення) знань у процесі навчання на підґрунті набутого досвіду та здатності до адаптації відповідно до зміни обставин.

Під терміном «знання» будемо розуміти не лише ту інформацію, котра надходить до мозку людини від органів чуття. Такого роду знання є надзвичайно важливими, але недостатніми для інтелектуальної діяльності. Об'єкти оточуючого середовища мають властивість не лише впливати на органи наших відчуттів, але й

знаходиться між собою у певних відношеннях. Для здійснення в оточуючому середовищі інтелектуальної діяльності необхідно мати у системі знань адекватну модель оточуючого середовища. У цій моделі реальні об'єкти, їхні суттєві властивості та відношення між ними, які є ключовими для суб'єкта прийняття рішень, не лише відображаються й запам'ятовуються як моделі середовища, але й, як це зазначено в наведеному означенні інтелекту, можуть «цілеспрямовано перетворюватись» та уточнюватись (адаптуватись).

Відповідно, характерними рисами інтелекту, які мають проявлятися у процесі розв'язування задач, є здатність до навчання, узагальнення, накопичення досвіду (знань, навичок) й адаптація до зміни умов.

Конструктивним є й концептуальний підхід до імітації (моделювання) мислення, запропонований Аланом Тьюрингом [19], який полягає у наступному: «Намагаючись імітувати інтелект дорослої людини, ми змушені багато розмірковувати про той процес, у результаті якого мозок дієздатної дорослої людини досягнув свого поточного стану... Чому б нам замість того, щоб намагатися створити програму, котра імітувала б інтелект дорослої людини, не спробувати створити програму, котра імітувала б інтелект дитини? Бо якщо інтелект дитини отримує відповідне виховання та навчання, то стає інтелектом дорослої людини... Ми розраховуємо на те, що пристрій (чи програма), йому подібний, може бути легко запрограмований... Отже, ми розділяємо нашу проблему на дві частини: задачу побудови «програми-дитини» і задачу «виховання» цієї програми».

Власне, цей шлях використовують практично всі системи ШІ. Зрозуміло, що на практиці неможливо закласти всі знання, що вичерпно б описували з усіх боків складну систему. Окрім цього, лише на шляху навчання проявляються такі ознаки інтелектуальної діяльності, як накопичення знань та досвіду, адаптація, самоорганізація, самовдосконалення тощо стосовно тих ключових граней об'єкта дослідження, які нас цікавлять та які є ключовими. Частина фахівців у сфері ШІ справедливо вважає, що ШІ є «підсилювачем людського інтелекту».

Під поняттям інтелектуальної системи прийняття рішень (ІСПР) будемо розуміти людино-машинні інтерактивні системи, що допомагають відповідальній та компетентній особі об'єднати

товувати і приймати раціональні управлінські рішення, в процесі вироблення яких задіяні штучні підсилювачі інтелекту.

Ці штучні підсилювачі інтелекту здатні до набуття знань, до навчання в процесі аналізу накопичених даних, до адаптації стосовно динамічно змінюваних зовнішніх і внутрішніх умов, а також до змін структури та складових елементів моделей аналізованої системи, що функціонує в умовах невизначеності та зумовленого цим ризику.

На нашу думку, розгорнутий процес прийняття рішень складається з таких послідовних етапів.

Етап 1. Усвідомлення проблемної ситуації. Проблемна ситуація породжує відповідний психічний стан людини, коли вона зіштовхнулася з невизначеністю. Розбіжність між необхідною чи бажаною ситуацією та реальною породжує спочатку (коли ще не зрозумілі причини розбіжності) емоційну особистісну реакцію. Вислови людини в цей момент вказують швидше на її емоції, ніж на саму проблему. Наприклад, якщо менеджер не вдоволений роботою персоналу, він може спочатку більш-менш безсистемно вказувати на ознаки поганої роботи: недостатню ініціативність підлеглих, порушення дисципліни, низьку компетентність тощо. Більшою мірою це те, що торкається його особисто і пов'язано з його емоціями та мотивацією.

Основна задача на цьому етапі пов'язана з чітким описом проблем, які викликали проблемну ситуацію. Описання проблем складається з трьох кроків:

- а) описання існуючої проблеми (ситуації);
- б) опис потрібної чи бажаної ситуації;
- в) порівняння а) і б).

Усі розбіжності в характеристиках потрібної (бажаної) і реальної ситуації є проблемами (у власному сенсі цього слова) або, інакше кажучи, труднощами в роботі менеджера. Менеджер має детально і конкретно відповісти на питання: «Що таке «незадовільна» робота персоналу і в чому конкретно ця «незадовільна» робота проявляється?». Докладний опис дозволяє скласти повний перелік проблем (труднощів), а після їх класифікації і впорядкування виокремити головні проблеми. Часто головними виявляються зовсім не ті проблеми, про які згадувалось раніше, в момент емоційного переживання проблемної ситуації. Повнота переліку проблем забезпечується розглядом проблемної ситуації в можливо найбільш різноманітних контекстах (наприклад, «пога-

на» робота персоналу може розглядатися в організаційному, економічному, моральному, кар'єрному, технологічному або інших контекстах, у кожному з яких можна порівнювати потрібну (бажану) і реальну ситуації). Також потрібно визначитися з тим, чого ми прагнемо досягти.

Етап 2. Формулювання (постановка) задачі. Наступний крок — виявлення причин, які породжують проблеми. Наприклад, «незадовільна» робота персоналу, котра виражається в проблемах недисциплінованості чи низької ініціативності, може мати за причину відсутність зв'язку між результатами і рівнем оплати праці, обмеження прав лінійних керівників у підборі персоналу, неадекватний стиль керівництва, недоліки системи контролю всередині фірми тощо. Причому одна і та ж причина може породжувати відразу кілька проблем. Отже, на даному етапі проблеми описуються, зокрема, як структура зв'язків між різними характеристиками ситуації.

Проблеми також класифікують за ступенем їхньої структуризації. Добре структурованою проблемою називається проблема з відомими кількісними співвідношеннями між характеристиками ситуації (наприклад, коли відомі зв'язки між стилем керівництва і рівнем задоволеності чи результативності роботи персоналу). Погано структурована проблема — це той випадок, коли характер зв'язків невідомий або лише наближено описаний на вербальному рівні. Описання зв'язків між характеристиками ситуації є головним етапом (кроком) процесу моделювання проблеми.

Визначення причин розбіжностей реальної і необхідної ситуації дозволяє сформулювати альтернативні способи усунення цих причин як мети. Мета в психології визначається як усвідомлений образ чи передбачення кінцевого результату дій. Цілі мають бути сформульованими досить конкретно і бажано, щоб їх можна було оцінювати кількісно, що дозволить на етапі реалізації «вимірювати» рівень їх виконання. Наприклад, якщо основною проблемою «незадовільної» роботи персоналу визнано низький рівень виконавчої дисципліни, а її головною причиною — неефективний контроль всередині фірми, то необхідно чітко сформулювати кінцеві вимоги до системи контролю (вид, періодичність, головні показники).

Формулювання цілей дозволяє перейти до постановки задачі. Задача, як уже зазначалось, — це мета, віднесена до засобів і умов її досягнення. Отже, у формулюванні задачі цілі доповню-

ються вказівкою на можливі обмеження, наявні засоби, ресурси організації (люди, фінанси, технічні засоби тощо), які мають бути враховані або використані для досягнення мети.

Етап 3. Пошук рішень (генерація альтернатив). Основна лінія пошуку рішень — послідовне переформулювання проблем (задач). Пізнавальний результат пов'язаний, насамперед, з новим «баченням» проблеми (задачі). У змістовному сенсі це є не лише доповненням опису проблеми новою інформацією, знаннями, але і систематизація інформації, виявлення нових співвідношень між умовами задачі, тобто переструктурування (реструктуризація) проблеми і задачі.

Пошук рішень вимагає генерації альтернатив, оскільки важливо розширити коло можливих раціональних альтернативних варіантів рішень, щоб не втратити найефективніші розв'язки. Розширення множини можливих варіантів рішень підтримується різноманітними евристичними техніками та технологіями, що ґрунтуються на переформулюванні проблем і задач [6, 13, 16].

Завершується цей етап складанням плану заходів для здійснення кожного зі згенерованих варіантів рішень.

Етап 4. Формулювання критеріїв оцінювання згенерованих варіантів. Щоб зробити вибір із множини згенерованих варіантів рішень, необхідно їх всебічно попередньо оцінити та порівняти між собою. Для цього потрібно мати критерії оцінювання. Виокремимо із багатьох існуючих два розуміння сутності критерію. Перше: критерій — це цільова функція, тобто функція, що порівнює варіанти рішень з рівнями (ступенями) досягнень однієї із цілей.

Кожний окремий критерій показує, наскільки варіант рішення забезпечує досягнення однієї із поставлених цілей. Досягнення поставленої цілі, залежно від рівня її значущості, може інтерпретуватись як «корисність» рішення. Оскільки в практиці управління, зазвичай, кожне із альтернативних рішень дозволяє зробити внесок у досягнення не лише однієї цілі, то оцінювання рішень стає багатокритеріальним. Отже, альтернативні варіанти оцінюються з погляду того, що вони означають для досягнення сукупності сформульованих цілей. Критерії цього виду, зокрема, називаються критеріями корисності (цінності) чи привабливості варіантів рішення.

Однак альтернативні варіанти рішення можуть відрізнитись і своєю здійсненністю. Завжди існує ризик, що рішення, як деякий

план дій, не буде реалізовано сповна через різні невраховані зовнішні і внутрішні обставини. Тому для оцінювання рішень використовуються також критерії їхньої здійсненності, що ґрунтуються, зокрема, на оцінюванні ймовірностей стосовно сприятливих і несприятливих результатів рішень (тобто ступеня досягнення чи недосягнення цілі). Критерії здійсненності пов'язані зі сподіваннями менеджера стосовно реалізації рішення в наявній конкретній ситуації, зокрема, з уявленнями про труднощі, складність, ризикованість дій. Для альтернативних варіантів рішень, які мають низькі оцінки за критеріями здійсненності, обмірковуються додаткові заходи щодо зниження рівня ризику.

Друге розуміння сутності критерію — критерій розуміють і трактують як деяке правило оцінювання. У такому разі йдеться про те, як використати і сумістити оцінювання за наявності низки показників привабливості, надійності та здійсненності, згорнувши їх в деяку єдину інтегральну оцінку (корисність, що враховує ставлення до ризику). Існують різні способи зіставлення корисності і сподівань (ймовірність, нечіткість здійснення) в оцінюванні варіантів рішень.

Етап 5. Порівняння альтернатив (варіантів рішення). Порівняння багатьох альтернатив за багатьма критеріями з урахуванням різних ймовірностей реалізації можливих сценаріїв є складною задачею. Існують, зокрема, моделі прийняття багатоцільових та багатокритеріальних рішень, які пропонують певні способи оцінювання і порівняння альтернативних варіантів рішень. Але, зазвичай, ці моделі висувають серйозні вимоги до вихідних даних (корисності, ймовірності, нечіткості) і ґрунтуються на гіпотезах щодо адитивності, взаємної незалежності окремих показників корисності чи ефективності рішень. Основна ідея цих моделей — зробити рішення більш раціональними. Однак, на практиці прийняття рішень у низці випадків не відповідає раціональним моделям, якщо не враховувати ставлення до ризику суб'єктів прийняття рішень.

Важливе значення мають, зокрема, психологічні дослідження прийняття багатокритеріальних рішень, які можна подати в кількох контекстах.

Перший контекст — вивчення процесу і стратегій прийняття багатокритеріальних рішень. Вченими доведено, що зіштовхуючись з багатокритеріальними порівняннями як із задачею великої розмірності та великим обсягом інформації, людина звертається

до різних евристик, які дозволяють розгорнути процес порівняння кількома послідовними кроками і на кожному кроці опрацювати обмежений обсяг інформації. Приклад — виявлена та описана в працях А.Тверські дуже поширена стратегія «виключення за аспектами» [20]. Користуючись цією стратегією, людина спочатку порівнює всі альтернативи за найважливішим критерієм і виключає із подальшого розгляду альтернативи, котрі отримали низькі оцінки. На наступному кроці стратегії вводиться другий за важливістю критерій оцінювання і альтернативи, що залишились, порівнюються між собою та відкидаються ті з них, які за другим критерієм отримали низькі оцінки. Цей процес продовжується введенням наступних критеріїв у порядку зменшення їхньої важливості до тих пір, доки не залишиться одна альтернатива, якій приписується найвища оцінка.

Однак, як показав А. Тверські [20], така стратегія може призвести до серйозних помилок. Наприклад, зробивши перший крок, людина може відкинути альтернативу, яка має найвищу сумарну оцінку за іншими критеріями.

Неважко помітити, що порядок введення критеріїв відображає ступінь домінантності різних мотивацій у особи, котра приймає рішення, і тут важливо застосувати різні методи та технології штучного інтелекту [11].

Другий контекст, за яким досліджується прийняття рішень людиною, це мотивація вибору. У межах мотиваційних моделей вибір певного рішення визначається силою мотиваційних тенденцій. Мотиваційна тенденція, чи намір виконати дію, розглядається як функція корисності результату дії і суб'єктивної ймовірності (сподівання) успіху обраної дії.

Корисність результату чи наслідків дії може бути пов'язана, на нашу думку, з самооцінкою, оцінкою з боку інших людей, з наближенням до досягнення цілі більш високого рівня (надмети).

Сподівання успіху чи неуспіху дії визначається особливістю ситуації, можливістю здійснювати різні дії в межах ситуації, ступенем контролю ситуації, складністю задачі. На формування мотивацій впливають і особистісні мотиваційні детермінанти: мотивація досягнення (співвідношення прагнення до успіху і до уникання невдачі), точка (місцезнаходження, локус) контролю (впевненість у залежності успіху від зовнішніх обставин чи від власних дій).

Етап 6. Прийняття рішень. На цьому етапі здійснюється прийняття рішення у вузькому сенсі: як акт вибору одного з попередньо знайдених і оцінених варіантів рішення. Акт прийняття рішення означає перехід від намірів до дій і характеризується наступними головними моментами:

1. Наявність залишкової невизначеності, оскільки не часто особа, котра приймає рішення, володіє вичерпною інформацією, необхідною для прийняття оптимальних рішень, а вести подальший пошук інформації не дозволяє, зокрема, дефіцит часу; залишкова невизначеність переборюється зусиллям волі: інколи попри значний ризик доводиться припинити аналіз ситуації і зупинитися на деякому із існуючих варіантів рішення з допустимим ступенем ризику, оскільки несвоєчасно прийняте рішення може втратити будь-який сенс.

2. Необхідність санкціонувати рішення, тобто прийняти на себе відповідальність.

Отже, акт прийняття рішення з допустимим ступенем ризику передбачає наявність в особи, котра приймає рішення, вольових якостей, рішучості, відповідальності, толерантності⁷ до наявної невизначеності і залежить від її схильності до ризику (прийнятого (допустимого) для менеджера рівня ризику).

Етап 7. Реалізація і контроль за виконанням рішень. Перехід від наміру до реалізації дій пов'язаний, насамперед, з контролем дій. У межах мотиваційної концепції виокремлюються чотири головних компоненти когнітивної репрезентації намірів: реальний стан, потрібний чи бажаний стан, розбіжність необхідного і реального стану, дії для усунення розбіжності. У разі, коли всі компоненти збалансовані, рішення здійснюється без особливих труднощів. Цей вид мотивації отримав назву «орієнтація на стан». «Орієнтована на стан» людина може довго аналізувати ситуацію перед прийняттям рішення, але перехід до реалізації може бути залишений, а власне саме здійснення стає менш ефективним і супроводжується емоційними переживаннями.

Отже, прийняття рішень пов'язано з інтеракцією особистості і наявної ситуації. Сама необхідність прийняття рішень і ступені свободи у виборі рішень визначаються структурою управлінських ситуацій, типом організації і посадовою позицією менеджера. З погляду необхідності, свободи чи, навпаки, рутинності

⁷ Від лат. *tolerans* — терплячий. Терпимість до чужих думок та суджень.

прийняття рішень, ситуації описуються показником рестриктивності — свободи дій. Під рестриктивністю розуміється міра виключення можливості зміни ситуації через дії суб'єкта, міра небажаності чи непотрібності активних цілеспрямованих дій.

Необхідно наголосити, що процес проектування та реалізації інтелектуальних систем прийняття рішень (ІСПР) у слабко структурованих і неструктурованих проблемних ситуаціях має спиратись на методологію, котра:

- дозволяє коректно здійснити постановку задач;
- використовує інструментарій з таких сфер наукових і прикладних знань, як дослідження операцій, ризикологія, нейронні мережі, генетичні алгоритми, нечітка логіка, математичні методи та моделі прогнозування, математична статистика, економетрика, експертні системи тощо та дає змогу здійснювати деталізацію задач щодо виявлення нечітких структур у слабко структурованих проблемах та задачах;

- має засоби, що дозволяють використовувати аналоги вдалої постановки задач (як зразок).

- Наразі можна виокремити основні принципи проектування ІСПР, що ґрунтуються на концептуальних положеннях системної парадигми [13]:

- адекватність та узгодженість;
- відкритість, модульність і динамічність структур;
- адаптивність;
- здатність навчатись на підґрунті накопичення досвіду;
- ієрархічність баз знань;
- розподіленість структури системи тощо.

Інтелектуальні системи прийняття рішень, які б забезпечили економістів і менеджерів сучасними засобами аналізу проблем і відповідною інформацією, генерації варіантів рішень, їх оцінювання та вибору найкращого варіанту (в певному сенсі), мають ґрунтуватись на використанні як низки зазначених вище принципів, так і принципу ітеративності, що припускає виокремлений і поетапний синтез інтелектуальних систем прийняття рішень.

На нашу думку, інтеграція інтелектуальних засобів моделювання знань у прийнятті рішень, таких як штучні нейронні мережі, генетичні алгоритми, системи на нечіткій логіці та експертні системи, дозволить створювати досить потужні ІСПР.

У структурі ІСПР можна виокремити такі головні підсистеми: *по-перше*, традиційні для інтелектуальних систем модулі:

- бази даних і знань;
- бази моделей;
- механізми висновків;
- система накопичення та актуалізація знань;
- блок пояснень;
- організації діалогової взаємодії з користувачем;

по-друге, такі підсистеми:

- аналізатор проблемної ситуації;
- імітаційні моделі проблемної ситуації;
- математичні методи та моделі аналізу та прогнозування;
- різні види інтерфейсу (образного, текстового, мовного, у вигляді графіків і діаграм) з ОПР;

по-третьє, підсистему інтелектуальних технологій, яка дозволяє на підставі використання математичних моделей і методів створювати гібридні інтелектуальні системи і має такі складові:

- експертну систему, що ґрунтується на символічному представленні знань у вигляді правил і фактів;
- систему, що ґрунтується на нечіткій логіці;
- систему штучних нейронних мереж;

по-четверте, модуль генетичних алгоритмів — тобто підсистему пошуку раціональних рішень, що містить як теоретико-аналітичні методи, так і евристичні методи розв'язування задач, зокрема, оптимізаційних.

Розглянемо стисло основні аспекти базового інструментарію ІСПР.

Експертні системи. Однією із перших спроб створення систем штучного інтелекту було моделювання накопиченого досвіду у відносно вузькопрофесійній кредитній сфері. Досвід відображався у вигляді сукупних знань, а вироблене системою рішення ґрунтувалось на методах аналізу цих знань. Такі системи одержали назву експертних, оскільки в їх формуванні приймають участь найбільш досвідчені у даній предметній області фахівці — експерти. Експертні системи, в яких акумульовані знання багатьох фахівців-експертів, у принципі здатні виробляти раціональні рішення. Проблема полягає лише в тому, як найбільш адекватно відображати знання експерта в пам'яті ЕОМ, правильно аналізувати ці знання і одержувати нові знання на підставі аналізу попередніх.

Штучні нейронні мережі. Прогрес у розумінні структури мозку людини дозволив нейробіологам дійти висновку, що він скла-

дається з сотень мільярдів нейронів, кожен із яких з'єднаний з тисячами інших. Це дозволило науковцям створити математичні моделі мозку — штучні нейронні мережі (ШНМ).

Дослідники звернули увагу на можливість їх практичного застосування в системах прийняття рішень. Обов'язковою умовою використання нейромережових моделей є їхня адаптація до особливостей розв'язуваних задач — навчання. Тому зусилля були спрямовані на розробку методів навчання ШНМ. Один із таких методів був запропонований Д. Хеббом у 1949 р. [14]. Він показав, що мережа штучних нейронів здатна до навчання. Метод Хебба став точкою відліку для створення низки алгоритмів навчання ШНМ.

У підґрунті функціонування ШНМ покладені відповідні математичні моделі, на підставі яких рішення виробляється як реакція на зовнішні сигнали (дані), що надходять на вхід системи. Отриманий числовий розв'язок (вихід системи) інтерпретується людиною.

З подальшими успіхами у створенні ШНМ як структур, які складаються з набору відносно просто функціонуючих математичних моделей нейронів, що здатні здійснити відображення «вхід-вихід», частина досліджень переміщується у сферу когнітивних наук.

Генетичні алгоритми. У підґрунті концепції еволюційних (генетичних) алгоритмів покладено принципи еволюційної теорії Ч. Дарвіна: у популяціях живих організмів виживають лише ті, що найбільш прилаштовані до умов зовнішнього середовища. Власне вони і забезпечують появу більш адаптованого потомства. Чим вищий рівень пристосованості особини, тим більш імовірно, що у потомстві, отриманому за її участі, ознаки, котрі відповідають за пристосованість, будуть, взагалі кажучи, сильніше вираженими. Найчастіше особина, котра характеризується низькою пристосованістю, не буде мати шансів брати участі в генерації нового покоління особин і видалятиметься з популяції.

Авторство ідеї належить Дж. Холланду, котрий у 1975 році запропонував використовувати принципи еволюції в методах і моделях розв'язування складних оптимізаційних задач [15]. Ним розроблені алгоритми, котрі імітували еволюційні процеси та в яких були реалізовані механізми селекції та репродукції, аналогічні природним, використовуючи акселерацію в часі зміни поколінь за рахунок швидкодії комп'ютерних систем.

Розроблені Холландом генетичні алгоритми забезпечували пошук розв'язків за відсутності інформації стосовно предметної

(генетичної) сутності розв'язуваної задачі. Використовувалось лише певне оцінювання (критерії) варіантів рішення, що відображало ступінь пристосованості. Ідея генетичних алгоритмів дістала подальшого розвитку та стала підґрунтям такого напрямку в теорії штучного інтелекту, яким є еволюційне програмування. На даний час створена відповідна математична теорія, запропонована низка модифікацій алгоритмів. Генетичні алгоритми дозволяють ефективно здійснити вибір кращих варіантів рішень у тих випадках, коли складним чи неможливим є використання класичних методів оптимізації.

Нечіткі множини та нечітка логіка. Сучасні концептуальні положення теорії штучного інтелекту пов'язані з тим, що наявність неповних знань і зв'язків досліджуваного об'єкта, процесу, явища з зовнішнім світом включають у себе структури, котрі не можна назвати множинами в класичному сенсі. Їх вважають нечіткими множинами (чи підмножинами), тобто класами з нечіткими межами, коли перехід від належності до неналежності до цього класу відбувається поступово, не різко. Іншими словами, логіка розмірковувань ґрунтується не на класичній двозначній чи навіть багатозначній логіці, а на логіці з нечіткими значеннями істинності, з нечіткими правилами виведення. Формальний апарат нечіткої логіки широко використовується у розв'язуванні задач у ризикології [3], задач штучного інтелекту як у побудові експертних систем, так і в поєднанні з штучними нейронними мережами. Теоретичне підґрунтя апарату нечіткої логіки складають нечіткі множини, запропоновані Л. Заде у 1965 році [21].

Гібридні системи. Об'єднання описаних вище засобів (інструментарію) дозволяє створити інтелектуальні системи, які здатні вирішувати значний відсоток складних проблем (слабко структурованих і неструктурованих), які зазвичай потребують застосування різнорідних видів інструментальних засобів (як традиційних, так і інтелектуальних систем).

Зокрема, генетичні алгоритми можна застосовувати для підбору вагових коефіцієнтів і топології нейронної мережі, а також для формування бази правил і функцій належності систем на нечіткій логіці.

Нейронні мережі дозволяють обирати відповідні параметри для генетичних алгоритмів (параметри схрещування та мутації). Власне, саму філософію нейронних мереж можна закласти у підґрунтя нечітких систем, які в результаті набувають здатність до

навчання. Окрім того, генетичні алгоритми дозволяють налаштувати параметри нечітких множин та відповідні коефіцієнти, що визначають раціональну швидкість навчання нейронних мереж.

У наукових працях [7, 8, 11, 12, 16] запропоновано низку ефективних підходів до навчання нейронних мереж у нечітких умовах. Використання подібних підходів є важливим для розвитку методів проектування інтелектуальних систем прийняття рішень, здатних до самовдосконалення шляхом нагромадження досвіду та знань.

Ведуться роботи щодо синтезу штучних нейронних мереж, експертних систем і генетичних алгоритмів [1, 8, 11, 12]. Наголошено, що побудова гібридних систем штучного інтелекту для прийняття рішень є відносно малодослідженою цариною й потребує подальших зусиль як у теоретичному, так і в прикладному аспектах.

Доречно звернути увагу на те, що в теорії інтелектуальних систем прийняття рішень на даний час відносно мало уваги приділяється урахуванню системних характеристик аналізованих варіантів рішень, зокрема, таких як маневреність, стійкість, гнучкість, адаптивність тощо, що теж відкриває простір для подальших наукових досліджень.

Математичні моделі слабко структурованих процесів і об'єктів, що функціонують в умовах невизначеності, завжди містять у собі неповністю визначені поведінкові характеристики людей. Тому до них не варто застосовувати жорсткі вимоги, зокрема, щодо надмірної точності, як, скажімо, до моделей відображення структурованих проблем [6]. Широке застосування методології та інструментарію аналітичного математичного моделювання та обчислювального модельного експерименту, що ґрунтується на використанні відповідних класичних аналітичних та імітаційних моделей, нелінійної динаміки, інструментарію штучного інтелекту, є ключовим і перспективним напрямком у теорії прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Цікавим і перспективним є підхід стосовно моделювання слабко структурованих проблем, що складається, зокрема, з двох узагальнених стадій. На першій стадії розробляється аналітична модель, а на другій стадії здійснюється оцінювання параметрів моделі на підґрунті імітаційних модельних експериментів, де застосовується інструментарій гібридних систем штучного інтелекту, враховується ризик та інші системні характеристики.

Література

1. *Аверкин А. Н.* Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин, И. З. Батыршин, А. Ф. Блишун, В. Б. Силов, В. Б. Тарасов. Под ред. Д. А. Поспелова. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. — 312 с.
2. *Борисов А. Н., Вилюмс Э. Р., Сукур Л. Я.* Диалоговые системы принятия решений на базе мини-ЭВМ: Информационное, математическое и программное обеспечение. — Рига: Зинатне, 1986. — 195 с.
3. *Вітлінський В. В.* Аналіз, оцінка і моделювання економічного ризику. — К.: ДЕМІУР, 1996. — 212 с.
4. *Волошин О. Ф., Мащенко С. О.* Теорія прийняття рішень: Навчальний посібник. — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. — 304 с.
5. *Головани В. А. и др.* Интеллектуальные системы принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. — М.: Эдиториал УРСС, 2001. — 304 с.
6. *Ларичев О. И.* Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2000. — 296 с.
7. *Люгер Д. Ф.* Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е изд. Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2003. — 864 с.
8. *Матвійчук А. В.* Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія. — К.: КНЕУ, 2011. — 439 с.
9. *Райфа Х.* Анализ решений. Введение в проблему выбора в условиях неопределенности. — М.: Наука, 1989. — 408 с.
10. *Розен В. В.* Цель-оптимальность-решение. — М.: Радио и связь, 1982. — 168 с.
11. *Рутковский Л.* Методы и технологии искусственного интеллекта / Пер. с польск. И. Д. Рудинского. — М.: Горячая линия-Телеком, 2010. — 520 с.
12. *Сетлак Г.* Интеллектуальные системы поддержки принятия решений. — К.: Логос, 2004. — 179 с.
13. Системный анализ и принятие решений в деятельности учреждений реального сектора экономики, связи и транспорта / М. А. Асланов и др.; под ред. В. В. Кузнецова. — М.: Изд-во «Экономика», 2010. — 406 с.
14. *Hebb D. O.* The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory. — New York: John Wiley and Sons, Inc., 1949. — 335 p.
15. *Holland J. H.* Adaptation in Natural and Artificial Systems. — Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1975. — 96 p.
16. *Kunal S.* Fuzzy preference and Orlovsky choice procedure // Fuzzy Sets and systems. — 1998. — No. 93. — P.231—234.

17. *Minsky M. L.* Steps towards artificial intelligence // Proceedings of the Institute of Radio Engineers. — 1961. — Vol. 49. — P. 8—30.
18. *Newell A., Simon H. A.* Human Problem Solving. — Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972. — 920 p.
19. *Turing A. M.* Computing Machinery and Intelligence // Mind. — 1950. — Vol. 59. — No. 236. — P. 433—460.
20. *Tversky A.* Elimination by aspects: a theory of choice // Psychological Review. — 1972. — № 79. — P. 281—299.
21. *Zadeh L.* Fuzzy Sets // Information and Control. — 1965. — № 8. — P. 338—353.

Стаття надійшла до редакції 30.12.2011