

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ  
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

# **«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ»**

## **Методичні вказівки**

до виконання самостійної роботи для здобувачів вищої освіти  
денної та заочної форми навчання за спеціальністю  
**174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані  
технології та робототехніка»**

Затверджено на засіданні кафедри  
автоматизації виробничих процесів,  
протокол № 1 від 29.08.2024 р.

**Кропивницький 2024**

Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи для здобувачів вищої освіти денної та заочної форми навчання за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / О. П. Голик, Корсіков О.В. – Кропивницький: ЦНТУ. -2024. - 32 с.

Укладачі: Голик О. П., кандидат технічних наук, доцент кафедри АВП;  
Корсіков О.В., аспірант спеціальності 174 "Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка"

Рецензент: Мацуй А.М., доктор технічних наук, професор.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>4</b>
<b>ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....</b>	<b>5</b>
<b>ПРИКЛАД ТА ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....</b>	<b>8</b>
<b>ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....</b>	<b>10</b>
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>48</b>

## ВСТУП

Дисципліна «Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень» є складовою методичного забезпечення навчального процесу для підготовки магістрів галузі знань «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Метою дисципліни є надання майбутньому магістру чіткого розуміння про моделі, методи та програмні засоби для вирішення інтелектуальних задач та для побудови інтелектуальних систем. Вивчення даної дисципліни допомагає здобувачу освіти формувати системи теоретичних знань, прикладних умінь і практичних навичок щодо використання методичного апарату та інструментарію для організації процесу розробки управлінських рішень у різноманітних сферах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, робототехніки, енергетики, економіки з використанням сучасних досягнень в галузі інформаційних технологій.

Результатом вивчення дисципліни «Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень» є отримання базових знань щодо принципів побудови та сфери використання інтелектуальних технологій; розкриття можливостей сучасних підходів до побудови експертних систем для обробки та аналізу економічної інформації, прийняття рішень, набуття практичних навиків функціонального програмування, методів і моделей представлення даних і знань та логічного виведення.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є: оволодіння теоретичними знаннями щодо створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень в різних галузях; набуття практичних умінь і навичок розробки інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Вивчення дисципліни базується на знаннях таких попередніх дисциплін як «Штучний інтелект», «Технологія об'єктно-орієнтованого програмування»,

«Мехатронні системи», «Основи сучасної теорії управління», «Автоматизоване проектування пристроїв автоматики», «Нечіткі регулятори систем автоматичного управління», «Програмно-технічні комплекси та промислові контролери».

Згідно робочого навчального плану освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» для вивчення даної дисципліни передбачено третину годин для самостійного опрацювання.

Таким чином здобувач вищої освіти повинен самостійно опанувати третину матеріалу з дисципліни «Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень» та оформити його у вигляді самостійної роботи, згідно вимог.

Дані методичні вказівки містять перелік тем для самостійного опрацювання, які включають в себе питання методологічних основ прийняття рішень, статистичних та багатокритеріальних методів прийняття рішень, розвитку методів та систем підтримки прийняття рішень та їх застосування в Україні, засобів штучного інтелекту в системах підтримки прийняття рішень, генетичних алгоритмів, критеріїв прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності.

## ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Теми самостійної роботи
1	<p><b>Методологічні основи прийняття рішення</b></p> <p>1.1. Людина і її роль в прийнятті рішення. Основні поняття та визначення. Альтернативи. Критерії. Оцінки за критеріями. Множина Еджворта-Парето.</p> <p>1.2. Основні класи задач теорії прийняття рішення. Етапи обґрунтування прийняття рішення.</p> <p>1.3. Аксиоматика раціонального прийняття рішення. Деревя рішень. Парадокс Алле. Евристики прийняття рішення. Теорія проспекторів.</p>
2	<p><b>Статистичні методи прийняття рішення</b></p> <p>2.1. Статистичні методи прийняття рішення. Види і способи отримання вхідної інформації для статистичних методів прийняття рішення. Способи вироблення рішень статистичними методами. Метод найменших квадратів. Застосування статистичних методів для прийняття рішень в умовах невизначеності.</p> <p>2.2. Прийняття рішення в розпізнаванні образів. Поняття о розпізнаванні образів. Критерії оптимальної класифікації. Алгоритми класифікації образів з навчанням. Кореляційний алгоритм. Регресійний алгоритм.</p> <p>2.3. Метод ланцюгів Маркова. Марківські моделі прийняття рішення. Моделі прийняття рішень при плануванні і управлінні запасами. Класифікація і принципи побудови. Детермінована модель управління запасами. Імовірнісна модель управління запасами.</p>
3	<p><b>Багатокритеріальні методи прийняття рішення</b></p> <p>3.1. Багатокритеріальні задачі прийняття рішення. Основні поняття, класифікація і загальна схема рішення багатокритеріальних задач прийняття рішення. Метод послідовного пошуку задовільних значень критеріїв. Методи багатокритеріального аналізу альтернатив.</p> <p>3.2. Метод гілок та меж. Алгоритм Літтла рішення задач комівояжера. Мінімаксна узагальнена задача про призначення.</p> <p>3.3. Алгоритми автоматичної класифікації. Алгоритм FOREL. Алгоритм Мак-Кіна. Алгоритм KRAB.</p> <p>3.4. Колективні рішення. Психологічні аспекти поведінки людини при прийнятті рішення. Теорія пошуку домінантної структури.</p>

	Теорія конструювання стратегій. Парадокс Кондорсе. Правило більшості голосів. Метод Борда. Аксиоми Ерроу. Метод експертних оцінок. Принципи отримання і формалізації групових експертних оцінок.
<b>4</b>	<p><b>Розвиток методів підтримки прийняття рішень та систем підтримки прийняття рішень та їх застосування в Україні</b></p> <p>4.1. Алгоритми аналізу Data Mining і візуалізація результатів.</p> <p>4.2. Вирішення задач класифікації за допомогою методу дерев рішень.</p> <p>4.3. Підтримка прийняття рішення на основі карт Кохонена, що самоорганізуються.</p> <p>4.4. Аналіз подій і пошук закономірностей за допомогою методу асоціативних правил.</p> <p>4.5. Огляд аналітичних програм.</p>
<b>5</b>	<p><b>Засоби штучного інтелекту в системах підтримки прийняття рішень</b></p> <p>5.1. Базові засоби штучного інтелекту та їх застосування в системах обробки інформації.</p> <p>5.2. Генетичні алгоритми.</p> <p>5.3. Програмні агенти в СППР.</p> <p>5.4. Евристика при прийнятті рішень.</p>

# ПРИКЛАД ТА ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Структура оформлення самостійної роботи:

1. Титульний аркуш
2. Зміст
3. Основна частина
4. Висновки
5. Список використаних джерел

Основна частина (складається з розділів, підрозділів, пунктів та підпунктів, за необхідності).

У тексті повинні бути вказані джерела з яких використано інформацію, згідно списку використаних джерел.

Наприклад, *Автоматизація агротехнологічних процесів* - етап комплексної механізації, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій управління технологічними процесами і передачею цих функцій автоматичним пристроям [8].

Вимоги до оформлення самостійної роботи (СР):

- обсяг СР до 20 сторінок, формату А4;
- Параметри сторінки: верхнє та нижнє – 20 мм; ліве – 25 мм; праве – 15 мм;
- Текст – шрифтом Times New Roman;
- розмір – 14 пт; інтервал – 1,0.

## Зміст

Вступ.....	№стр.
Основна частина.....	№стр.
Висновки.....	№стр.
Список використаних джерел.....	№стр.

*Приклад титульного аркуша самостійної роботи*

Міністерство освіти і науки України

Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра автоматизації виробничих процесів

# САМОСТІЙНА РОБОТА

з дисципліни «Інтелектуальні системи підтримки  
прийняття рішень»

на тему

«Назва роботи»

Виконав:  
студент (ка) гр.  
***П.І.П.***

Перевірив:  
к.т.н., доцент  
**Голик О.П.**

Кропивницький 20\_\_

## ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У процесі прийняття рішень люди можуть грати різні ролі. Будемо називати людину, яка фактично здійснює вибір найкращого варіанта дій, особою, яка приймає рішення (ОПР). Поряд з ОПР слід виділити як окрему особистість власника проблеми - людини, який, на думку оточуючих, повинен її вирішувати і несе відповідальність за прийняті рішення. Але це далеко не завжди означає, що власник проблеми є також і ОПР. Звичайно, він може бути таким, і історія дає нам численні приклади поєднання цих двох ролей. Але бувають ситуації, коли власник проблеми є лише одним з кількох людей, які беруть участь в її вирішенні. Він може бути головою колективного органу, що приймає рішення, вимушеним йти на компроміси, щоб досягти згоди. Іноді особистості ОПР і власника проблеми просто не збігаються. Ми всі знаємо сім'ї, в яких номінальний глава сім'ї нічого не вирішує (див. Наведений вище діалог подружжя). Точно таким же чином деякі керівники прагнуть перекласти на інших прийняття рішень: глава фірми покладається на свого заступника, а президенти підписують підготовлені іншими (і іноді суперечливі) розпорядження. Таким чином, власник проблеми і ОПР можуть бути як однієї, так і різними особистостями. Третьою роллю, яку може грати людина в процесі прийняття рішень, є роль керівника або учасника активної групи - групи людей, що мають спільні інтереси і намагаються вплинути на процес вибору і його результат. Так, намагаючись вплинути на економічну політику країни, одні активні групи організують страйки, інші - гучну кампанію підтримки уряду у пресі, треті виділяють кошти для підтримки уряду - дають позики. Людина здійснює відповідальний вибір, перебуваючи в положенні виборця, який повинен вирішити, за яку особу або за яку політичну партію голосувати. При цьому виборець є одним з багатьох учасників процесу прийняття колективного рішення. Якщо рішення приймаються малою групою, члени якої формально мають рівні права (журі, комісія), то людина є членом групи, яка приймає рішення. Головне в діяльності такої групи - досягнення згоди при виробленні

спільних рішень. У процесі прийняття рішень людина може виступати в якості експерта, т. Е. Професіонала в тій чи іншій області, до якого звертаються за оцінками та рекомендаціями все люди, включені в цей процес. Так, при перебудові організації ОПР звертається за порадою до досвідченого адміністратора. Експерти можуть допомогти бізнесменові в оцінці економічної ефективності випуску нової продукції і т.д. При прийнятті складних (зазвичай стратегічних) рішень в їх підготовці іноді бере участь консультант з прийняття рішень. Його роль зводиться до розумної організації процесу прийняття рішень: допомоги ОПР і власнику проблеми в правильній постановці завдання, виявленні позицій активних груп, організації роботи з експертами. Консультант (або аналітик) зазвичай не вносить свої переваги, оцінки в прийняття рішень, він лише допомагає іншим зважити всі «за» і «проти» і виробити розумний компроміс. Крім того, в прийнятті рішень неявно бере участь оточення ОПР, співробітники тієї організації, від імені якої ОПР приймає рішення. Зазвичай ця група людей має спільні погляди, загальні ціннісні установки. Саме цій групі ОПР в першу чергу пояснює логічність, розумність, обґрунтованість свого рішення. У зв'язку з цим, хоча ОПР приймає індивідуальні рішення, він враховує політику і переваги даної групи осіб.

#### *Оцінки за критеріями*

Використання критеріїв для оцінки альтернатив потребує визначення градацій якості: кращих, гірших и проміжних оцінок. Існують шкали оцінок за критеріями. У прийнятті рішень прийнято розрізняти шкали безперервних і дискретних оцінок, шкали кількісних і якісних оцінок. Так, для критерію «вартість» може бути використана безперервна кількісна шкала оцінок (в грошових одиницях). Для критерію «наявність дачі» може бути використана якісна двійкова шкала: є або немає. Крім категорій «якісні - кількісні», «безперервні - дискретні», в прийнятті рішень розрізняють наступні типи шкал:

1. Шкала порядку-оцінки впорядковані за зростанням або спаданням переваг ОПР. Прикладом може служити шкала екологічної чистоти району біля

місця проживання: дуже чистий район; цілком задовільний по чистоті; екологічне забруднення велике.

2. Шкала рівних інтервалів - інтервальна шкала. Для цієї шкали є рівні відстані по зміні якості між оцінками. Наприклад, шкала додаткового прибутку для підприємця може бути наступною: 1 млн, 2 млн, 3 млн і т.д. Для інтервальної шкали характерно, що початок відліку вибирається довільно, так само як і крок (відстань між оцінками) шкали.

3. Шкала пропорційних оцінок - ідеальна шкала. Прикладом є шкала оцінок за критерієм вартості, відлік в якій починається з встановленого значення (наприклад, з нульовою вартістю).

У прийнятті рішень найчастіше використовуються порядкові шкали і шкали пропорційних оцінок. Не слід думати, що процес прийняття рішень це одномоментний акт. Дуже часто це досить довгий і тривалий процес. Г. Саймон виділяє в ньому три етапи: пошук інформації, пошук і знаходження альтернатив і вибір кращої альтернативи.

На першому етапі збирається вся доступна на момент прийняття рішення інформація: фактичні дані, думки експертів. Там, де це можливо, будуються математичні моделі; проводяться соціологічні опитування; визначаються погляди на проблему з боку активних груп, що впливають на її рішення.

Другий етап пов'язаний з визначенням того, що можна, а чого не можна робити в наявній ситуації. З визначенням варіантів рішень (альтернатив).

І вже третій етап включає в себе порівняння альтернатив і вибір найкращого варіанта (або варіантів) рішення.

Припустимо, що задана група альтернатив. Порівняємо всі альтернативи попарно і виключимо ті з них, які домінують хоча б однієї з решти альтернатив. Але якщо рішення повинно бути прийнято (наприклад, подружжя повинні з багатьох турів вибрати один), то порівняння альтернатив, що належать безлічі Е-П, можливо на основі додаткової інформації. Так, в нашому прикладі подружжя повинні вирішити, що для них більш привабливо: економія грошей

або велика кількість нових вражень. Таке порівняння є основним для згаданого вище третього етапу процесу прийняття рішень. Незавжди переконатися, що безліч Е-П включає в себе найбільш «контрастні» альтернативи, складні для порівняння. Якщо стоїть завдання вибору однієї кращої альтернативи, то вона обов'язково належить множині Е-П. Тому в багатьох методах прийняття рішень дуже важливий етап виділення безлічі Е-П зі всієї безлічі заданих альтернатив. Один з можливих способів вирішення цього завдання полягає в попарному порівнянні альтернатив і виключення домінованих. Завдання виділення безлічі Е-П зазвичай розглядається як попередня. За нею йде найбільш істотний етап прийняття рішень.

*Основні класи задач теорії прийняття рішення. Етапи обґрунтування прийняття рішення.*

Будь-яка організація для здійснення ефективної діяльності ставить цілі, які в практиці управління називають управлінськими. Відповідальним за вирішення завдань організації є керівник. Основний зміст його діяльності реалізується через рішення управлінських завдань на всіх етапах управлінських функцій.

Можна виділити три основні типи завдань: завдання концептуального плану (стратегічні завдання, пов'язані з довгостроковим плануванням, прогнозуванням); завдання, пов'язані з техніко-технологічною стороною функціонування виробництва (створенням і впровадженням нової техніки, технології та ін.); завдання, пов'язані з дією людського чинника (кадрові питання, облік соціально-психологічного клімату в колективах і т.п.). Управлінські рішення, спрямовані на зміну швидкості процесів і явищ, зазвичай обумовлені порушеннями взаємодії елементів економічної системи через збій ходу керованого процесу або диспропорції ресурсів. Зокрема, це можуть бути рішення, спрямовані, наприклад, на зменшення часу ремонту, підвищення оперативності надання окремих даних та ін. Управлінські рішення, спрямовані на зміну напрямку процесів і явищ, формуються у зв'язку з дисбалансом цілей

або порушенням взаємодії елементів економічної системи, що знаходяться на різних рівнях ієрархії, або елементів однієї коаліції (але причини неузгодженості цілей в структурі системи зв'язок типу: елемент - елемент одній коаліції , елемент - елемент різних рівнів, елемент - система). Прикладом можуть бути рішення, спрямовані на зміну деяких кількісних параметрів процесів, або введення в розгляд деяких нових факторів, значення яких необхідно врахувати. На рис. 1 представлені рівні і ознаки класифікації задач прийняття рішення.



**Рис. 1 – Рівні та ознаки класифікації задач прийняття рішення**

Управлінські рішення, спрямовані на зміну змісту процесів і явищ, обумовлені в основному невідповідністю проблеми та умов її дозволу. Неможливість вирішення проблемної ситуації в існуючих умовах через дисбаланс змісту фактичного і планованого стані і потребує зміни змісту протікають процесів, адаптації їх до конкретних умов. При цьому необхідна нова інформація для проведення аналізу ситуації та вироблення ефективного вирішення. Залежно від характеру проблеми і стилю роботи можуть вироблятися групові рішення (колегіальні, колективні). Застосовуються особливі методи вироблення групових рішень, такі як "мозкова атака", синтез, залучаються фахівці зовсім з інших галузей знань.

Прийнято вважати, що групове прийняття рішень виправдовує себе в ситуаціях, які виникають при вирішенні складних, істотних проблем, так званих ситуаціях з багатьма невідомими. При вирішенні простих, несуттєвих,

шаблонних проблем процедурного характеру застосовують, як правило, індивідуальні рішення. При використанні групового прийняття рішень варто враховувати кількісний склад групи, її структуру, статус окремих її учасників, владні відносини між ними та фізичне середовище, в якій працює група. Колективне обговорення проблем за умов вільного висування проектів рішення передбачає ослаблення структурованості групи. Обговорення починається зі стислого пояснення ситуації, ознайомлення учасників з проблемою, після чого всі члени групи висловлює власну думку. При цьому до класів відносяться: диспропорція ресурсів (об'єкт), структурна диспропорція (дисбаланс мети), інформаційна диспропорція (дисбаланс змісту).

#### *Етапи обґрунтування прийняття рішення.*

У ході розв'язання проблеми розробляються декілька варіантів її вирішення (альтернативи), цінність яких може бути неоднаковою. Моментом остаточного вибору рішення вважається ухвалення найбільш придатної альтернативи. Через суб'єктивність поглядів на проблему, залежно від ступеня сумніву в них, рішення, прийнятні для одних, виявляться неприйнятними для інших. Щоб усунути суб'єктивність у підходах, варіанти рішення доцільно оцінювати за економічною ефективністю (міра віддачі на витрачені ресурси). Коли варіантів багато і їх відбір вимагає великих витрат часу та коштів, можна приймати попередні рішення з визначеними припущеннями, а потім уже шукати шляхи їх оптимізації. Способи вибору рішення серед альтернатив поділяються на такі, що задовольняють конкретну потребу, та максимізаційні. У першому випадку реалізація рішення просто задовольняє виниклу потребу, у другому — всі потреби. Процес вибору може спиратися на раціональні докази, інтуїцію та на їх комбінацію. Після процесу прийняття рішення відбувається передача його для реалізації, організація його підтримки, забезпечення необхідними ресурсами, створення системи зворотного зв'язку. Слід зазначити, що успішне втілення в життя прийнятого рішення може бути здійснено тільки за умови гарантування процесу його реалізації необхідними ресурсами

(фінансовими, трудовими, матеріальними, технологічними, інформаційними). Основні вимоги до реалізації прийнятого рішення: практичне застосування; економічність (ефект здобувається завдяки реалізації, за допомогою прийнятого рішення); достатня точність, що гарантує відповідність отриманого результату очікуваному; надійність (не допускати значних помилок і не створювати ситуацій з підвищеним ризиком). Залежно від конкретної ситуації, переваг і вподобань керівництва контроль за ходом реалізації рішення може бути найрізноманітнішим за формою та методами здійснення: суцільним чи вибірко-вим, внутрішнім (за допомогою спеціального підрозділу) чи зовнішнім (аудиторська фірма).

Згідно з Д. Дерлоу моделі прийняття рішень відрізняються за способом мислення та терпимістю до двозначності. Деякі суб'єкти, що приймають рішення, діють логічно та раціонально, тому вони послідовно опрацьовують інформацію. Інші індивіди мислять творчо, користуючись власною інтуїцією, тяжіють до бачення стану справ у великомасштабній перспективі. Щодо терпимості до двозначності, то деякі індивіди мають високу потребу в послідовності та порядку прийняття рішень для мінімізації двозначності, а інші спроможні впоратися з високим ступенем невизначеності й одночасно осмислювати багато ідей.

Графічна ілюстрація цих двох вимірів дає можливість сформулювати чотири стилі у прийнятті рішень: директивний, аналітичний, концептуальний та біхевіористичний.

Директивний стиль репрезентує метод прийняття рішень, що характеризується незначною терпимістю до двозначності та раціональним способом мислення. Особи з таким стилем мислення діють логічно та ефективно, переважно приймаючи швидкі рішення, зосереджуються на короткому часовому періоді.

Для аналітичного стилю прийняття рішень властива висока терпимість до двозначності, доповнена раціональним способом мислення. Особи з таким

способом мислення ретельно досліджують численні альтернативні варіанти.

Представниками концептуального стилю прийняття рішень є ОПР із дуже широким світоглядом і здатністю досліджувати численні альтернативи. Вони зосереджують увагу переважно на довготерміновому аспекті й часто шукають рішення творчого характеру.

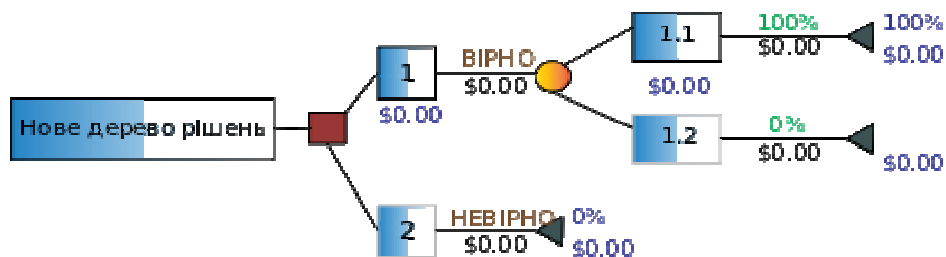
Біхевіористичний стиль свідчить про індивіда, який мислить інтуїтивно, проте відзначається низькою терпимістю.

Дерево ухвалення рішень (також можуть називатися деревами класифікацій або регресійними деревами) — використовується в галузі статистики та аналізу даних для прогнозних моделей. Структура дерева містить такі елементи: «листя» і «гілки». На ребрах («гілках») дерева ухвалення рішення записані атрибути, від яких залежить цільова функція, в «листі» записані значення цільової функції, а в інших вузлах — атрибути, за якими розрізняються випадки. Щоб класифікувати новий випадок, треба спуститися по дереву до листа і видати відповідне значення. Подібні дерева рішень широко використовуються в інтелектуальному аналізі даних.

Мета полягає в тому, щоб створити модель, яка прогнозує значення цільової змінної на основі декількох змінних на вході. Кожен лист являє собою значення цільової змінної, зміненої в ході руху від кореня по листа. Кожен внутрішній вузол відповідає одній з вхідних змінних. Дерево може бути також «вивчено» поділом вихідних наборів змінних на підмножини, що засновані на тестуванні значень атрибутів. Це процес, який повторюється на кожному з отриманих підмножин. Рекурсія завершується тоді, коли підмножина в вузлі має ті ж значення цільової змінної, таким чином, воно не додає цінності для пророкувань. Процес, що йде «згори донизу», індукція дерев рішень (TDIDT), є прикладом поглинаючого «жадібного» алгоритму, і на сьогодні є найбільш поширеною стратегією дерев рішень для даних, але це не єдина можлива стратегія.

В інтелектуальному аналізі даних, дерева рішень можуть бути використані

як математичні та обчислювальні методи, щоб допомогти описати, класифікувати і узагальнити набір даних. В аналізі рішень «дерево рішень» використовуються як візуальний і аналітичний інструмент підтримки ухвалення рішень, де розраховуються очікувані значення (або очікувана корисність) конкуруючих альтернатив. Дерево рішень складається з трьох типів вузлів: вузли рішення — зазвичай представлені квадратами, імовірнісні вузли — представляються у вигляді кола, замикаючі вузли — представляються у вигляді трикутника.



**Рис. 2 – Приклад дерева рішень**

На малюнку, представленому вище, дерево рішень слід читати зліва направо. Дерево рішень не може містити в собі циклічні елементи, тобто кожен новий лист згодом може лише розщеплюватися, відсутні сходяться шляхи. Таким чином, при конструюванні дерева вручну, ми можемо зіткнутися з проблемою його розмірності, тому, як правило, дерево рішення ми можемо отримати за допомогою спеціалізованих софтів. Зазвичай дерево рішень представляється у вигляді символічної схеми, завдяки якій його простіше сприймати і аналізувати.

Парадокс Аллі, також відомий як парадокс Алле - термін, що відноситься до теорії ризиків у сфері економіки та теорії прийняття рішень. Названий по імені лауреата Нобелівської премії французького економіста Моріса Алле (фр. Maurice Félix Charles Allais) і заснований на його дослідженнях. Термін з'явився після виходу в світ статті «Рациональна поведінка людини перед обличчям ризику. Критика постулатів і аксіом американської школи». Парадокс

демонструє непридатність теорії максимізації очікуваної корисності в реальних умовах ризику і невизначеності. Автор коректно, з позицій математики, пояснює суть парадоксу. Парадокс демонструє, що реальний агент, провідний себе раціонально, вважає за краще не поведінка отримання максимальної очікуваної корисності, а поведінка досягнення абсолютної надійності зміст. Аллі встановив, що значна більшість індивідів в цих умовах віддають перевагу вибір ситуації А в першій парі і ситуації С в другій. Цей результат сприймався як парадоксальний. В рамках існуючої гіпотези індивід, який віддав перевагу вибору А в першій парі, повинен вибрати ситуацію Д у другій парі, а зупинив вибір на В повинен у другій парі віддати перевагу вибору С. Алле математично точно пояснив цей парадокс. Його основний висновок свідчив, що раціонально діючий агент надає перевагу абсолютну надійність.

Евристика — сукупність прийомів дослідження, методика постановки питань і їх вирішення; метод навчання за допомогою навідних запитань, а також теорія цієї методики. Евристичні методи базуються на принципах (вимогах і правилах), що визначають стратегію і тактику персоналу при вирішенні слабо структурованих і незапрограмованих проблем. Вони стимулюють творче (образне) мислення в процесі прийняття рішення, сприяють генеруванню нових ідей, використання яких дає можливість підвищувати ефективність вирішення управлінських задач.

У зв'язку зі стрімким зростанням застосування технологій ППР останнім часом відмічається зростання і попиту на інтелектуальні системи, призначені розв'язувати задачі ППР. Серед останніх світових розробок СППР слід згадати: ExpertChoice, SuperDecisions, DecisionLens, D-Sight, Promethee та їхні модифікації.

Проведено огляд публікацій, пов'язаних з проблемою розробки сучасних СППР. Слід зазначити, що подібний огляд не може охопити усього різноманіття систем, які у тих чи інших джерелах мають назву систем підтримки прийняття рішень. До того ж, до огляду не варто включати

вужкопрофільні, спеціалізовані СППР, такі як медичні СППР, чи СППР, комбіновані з геоінформаційними системами. Спільні риси, що характеризують усі архітектури СППР, незалежно від призначення, обмежуються наступними: наявність бази знань, наявність моделі предметної області (контексту рішення та критеріїв оцінки), наявність інтерфейсу для користувачів. З огляду на викладені міркування, пропонується зосередити увагу на СППР універсального призначення, математичне забезпечення яких включає найбільш популярні сучасні методики прийняття рішень на основі експертних даних.

### СППР SuperDecisions

Один з найпоширеніших на сьогоднішній день метод підтримки прийняття рішень – метод аналізу ієрархій та мереж, розроблений Сааті, реалізований, зокрема, у СППР SuperDecisions. Ця комп'ютерна система прийшла на зміну відомому у недалекому минулому програмному продукту ExpertChoice. Система призначена для розрахунку відносної ефективності (вагомості) альтернатив на основі їхньої багатокритеріальної оцінки. Граф ієрархії критеріїв у загальному випадку включає чотири підграфи: переваги (B – benefits), можливості (O – opportunities), витрати (C – costs) та ризики (R – risks).

Ваги кожної з наявних альтернатив та важливість критеріїв визначаються експертами шляхом парних порівнянь у фундаментальній шкалі, або безпосереднім оцінюванням. Після цього, оцінки агрегуються методом зваженого сумування. Оцінки за критеріями, що відповідають перевагам та можливостям беруться зі знаком плюс, а оцінки за критеріями, що визначають витрати та ризики – зі знаком мінус.

Зазначимо, що SuperDecisions є лише однією з багатьох СППР, в основі якої лежать методи аналізу ієрархій та мереж. З-поміж інших СППР, у яких реалізовані ці методи, варто згадати такі системи як DecisionLens, Expert Choice, MakeItRational, Mind Decider, Rational Focal Point (RFP) Smarter Government.

## СППР PROMETHEE Visual

Дана СППР, як і розглянута у попередньому пункті, призначена для побудови ранжирування варіантів рішень (альтернатив) на основі їхніх оцінок за кількома критеріями. Система та метод PROMETHEE (у перекладі на українську мову ця аббревіатура розшифровується як «метод організації ранжирування переваг для збагачення оцінок»), який лежить в її основі, розроблені бельгійськими вченими Жаном-П'єром Брансом та Бертраном Марешалем. Promethee Visual є «нащадком» попередніх продуктів, де було реалізовано відповідний метод, таких як PromCalc та DecisionLab. 27 Агрегація оцінок здійснюється методом зваженої суми. Критерії можуть бути якісними або кількісними. Оцінки можуть бути абсолютними та відносними. Особливість методу – наявність так званої «функції переваги» (звичайна, U-подібна, V-подібна, Гаусівська, ступінчаста), яка задає характер відношення переваги у залежності від значень одного чи кількох визначальних параметрів.

1000mind – інструмент для групового, у загальному випадку, дистанційного прийняття рішень з ранжирування альтернатив на основі їхніх оцінок за кількома (двома або більше) критеріями. Система не передбачає завантаження програмного забезпечення на індивідуальні робочі місця експертів – уся робота з підтримки прийняття рішень відбувається у мережі.

В основі математичного забезпечення системи лежить метод PAPRIKA (Potentially All Pairwise Rankings of all possible Alternatives), тобто, метод усіх потенційних попарних ранжирувань усіх можливих альтернатив. У процесі експертизи експертам пропонується попарно ординально порівнювати альтернативи із заданої множини (відповідати на питання: «яка за двох запропонованих альтернатив краща?»). При цьому, як правило, йдеться про досягнення компромісу між кількома критеріями. Наприклад, експерту пропонується обрати високовартісний але перспективний проект або менш перспективний проект з нижчою собівартістю. Критеріїв може бути не два, а більше. Порядок парних порівнянь – такий, щоб мінімізувати кількість звернень до експерта; велика кількість значень ординальних парних порівнянь

відновлюється за транзитивністю, на основі наявних відповідей експерта. Кінцевим результатом експертизи є рейтинг та ранжирування альтернатив.

СППР “AIRM online” фактично являє собою програмну реалізацію методу AIRM (aggregated indices randomization method), тобто, рандомізації агрегованих індексів. Метод розроблений з огляду на невизначеність, яка виникає під час оцінки вагових коефіцієнтів: інформація про ваги критеріїв та альтернатив (об’єктів) часто задана у вигляді не чисельних, а ординальних або інтервальних оцінок. Такої інформації недостатньо для однозначного задавання вагових коефіцієнтів. Значення вектора ваги обирається на основі Баєсівської рандомізації із множини всіх можливих значень, які можуть приймати його координати. Вважається, що кожна координата є рівномірно розподіленою на певному чисельному проміжку, і, відповідно, агрегований показник якості об’єктів  $Q$ , що порівнюються за кількома критеріями, також є випадковою величиною. Його значення визначається як математичне сподівання цієї величини, а точність характеризується стандартним відхиленням показника.

Протягом розвитку штучного інтелекту отримано низку додатків, котрі застосовуються в різних галузях науки і техніки. В даний момент застосування в бізнесі штучного інтелекту в основному проходить у формі *основаних на знаннях систем (knowledge-based systems)*, в яких використовуються людські знання для розв’язання проблем. Найпопулярнішим типом таких систем є експертні системи.

**Експертна система** — це комп’ютерна програма, в якій намагаються подати знання людини-експерта у вигляді евристик, це різновид інформаційних систем. Термін «евристика» походить від грецького кореня, як і слово «еврика», і означає «відкрити». Евристики не гарантують абсолютно правильні результати, як це досягається за допомогою вмонтованих у СППР стандартних алгоритмів, але їхні пропозиції є корисними для певного проміжку часу. Оскільки експертна система призначена, головне, для консультування, то акт її використання називається *консультацією* — користувач консультується з

експертною системою для отримання відповідних порад. Експертні системи, як потенційний додаток до систем підтримки прийняття рішень, а також інші продукти штучного інтелекту, що мають безпосереднє відношення до СППР, будуть докладніше розглянуті окремо. Зображення на рис. 3. додатків ШІ у вигляді дерева підкреслює ту обставину, що зони їх дії перекриваються і зливаються, а деякі з них можуть бути складовими частинами інших. Коротко опишемо решту додатків штучного інтелекту. **Оброблення природною мовою (Natural language processing)** — це найзручніший спосіб спілкування людей з комп'ютером різними розмовними мовами, наприклад, це можливість комп'ютерної перевірки правопису і граматики. Система природної мови не має жорстких синтаксичних вимог (на відміну від комп'ютерних мов). Вона забезпечує діалогову взаємодію з користувачем, може налаштовуватися під нього, автоматично виявляти помилки, забезпечувати контекстну інтерпретацію. В інформаційних системах оброблення природною мовою використовується для пошуку інформації, модифікації даних, обчислень, статистичного аналізу, генерування графічних образів, забезпечення консультацій з експертною системою тощо.

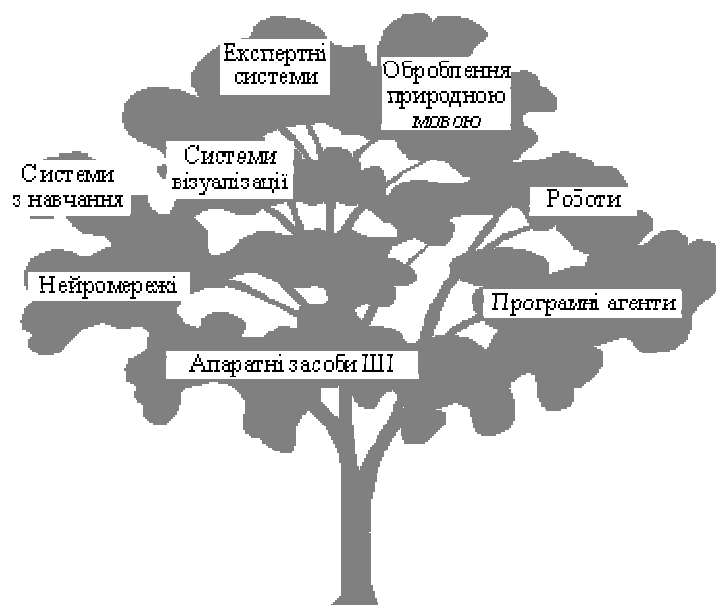


Рис. 3. Дерево додатків штучного інтелекту

Системи візуалізації (Visualization systems) можуть подібно людині візуально взаємодіяти зі своїм середовищем, використовувати візуальні зображення і звукові сигнали для інструктування комп'ютерів або інших пристроїв, як наприклад, роботів. Ці системи, що часто також називають *системами розпізнавання образів (Perceptive systems)*, реалізують функції технічного бачення і розпізнавання звукових сигналів (аналогі систем природної мови). Системи автоматичного розпізнавання образів у технічній літературі називають *перцептронами (Perceptron)*.

Роботи (Robotics) складаються з контрольованих комп'ютером пристроїв, які імітують моторну функцію людини. Термін «робот» уперше було вжито чеським письменником Карелом Чапеком 1920 року в соціально-фантастичній драмі «R.U.R.». Найчастіше роботів використовують для піднімання предметів і переміщення їх в інше місце. Вони виконують функції машин для завантаження, пристроїв для зварювання або фарбування на складальному конвеєрі, засобів збирання частин у ціле та ін. Їх, головню, використовують для складання автомобілів і в інших подібних процесах виробництва. В СППР роботи не використовуються.

Нейромережі (Neural networks) — це надзвичайно спрощені програмні або апаратні моделі нервової системи людини, що можуть імітувати такі здатності людини як навчання, узагальнення і абстрагування. Нейромережі знайшли широке застосування в системах підтримки прийняття рішень, зокрема, як засіб добування знань (інформації) в базах та сховищах даних.

Системи з навчання (Learning) містять низку операцій, які надають можливість комп'ютеру або іншому зовнішньому пристрою набувати нових знань на додаток до того, що було вже введено раніше в пам'ять фірмою-виробником або програмістами. Такі системи передбачають можливість навчання на базі досвіду, прикладів, аналогів, модифікації поведінки, акумулювання фактів. Узагалі, навчання може бути контрольованим, тобто через механічне запам'ятовування, та неконтрольованим, наприклад, система може

навчатися, використовуючи свій власний досвід. У СППР засоби навчання використовуються дуже часто.

Апаратні засоби ШІ (Artificial intelligence hardware) — це фізичні пристрої, які допомагають виконувати функції в інших додатках штучного інтелекту. Їх прикладами є апаратні засоби, які призначені для експертних систем на основі знань, нейрокомп'ютери, які використовуються для прискорення обчислень, електронна сітчатка ока та ін.

Програмні агенти (Software agents) — програмні продукти, що виконують завдання за дорученням користувача з метою пошуку інформації в комп'ютеризованих мережах. Вони мають значний потенціал для застосування в системах підтримки прийняття рішень.

*Базові засоби штучного інтелекту та їх застосування в системах обробки інформації*

Людей завжди інтригувала можливість створення інтелекту у вигляді машини (штучної людини). Ставилося завдання, щоб машина як і людина могла сприймати і розуміти візуальні дії, розмовляти звичайною (природною) мовою, накопичувати знання і на цій підставі знаходити та обґрунтовувати корисні висновки про навколишній світ. В історії відомі містифікації, коли в каркаси в металевих костюмах поміщали карликів, намагаючись видати це за «розумну машину». Проте дійсний прогрес у створенні штучного інтелекту почався з початком комп'ютерної ери. Один із перших, хто висловив можливість того, що комп'ютери могли б обробити символи також як і цифри (і у такий спосіб моделювати процеси розумової діяльності людини) був британський учений Алан Тюрінг (Alan Turing). 1950 року він запропонував підхід, що в даний момент відомий як «тест Тюрінга» для визначення штучного інтелекту, в якому дослідник ставить запитання як до людини, так і до комп'ютера. Якщо запитувач не може визначити, людина чи машина забезпечила відповідь, тоді стверджується, що штучний інтелект досягнутий. У сучасному розумінні термін «штучний інтелект» (Artificial intelligence) можна трактувати як

науковий напрям (дисципліну), в рамках якого ставляться і розв'язуються завдання апаратного і програмного моделювання тих видів людської діяльності, які традиційно вважаються інтелектуальними, тобто потребують певних розумових зусиль.

У Державному Стандарті України ДСТУ 2938-94 (Системи оброблення інформації. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ. Терміни і визначення) штучний інтелект визначається як «здатність систем оброблення даних виконувати функції, що асоціюються з інтелектом людини, такі як логічне мислення, навчання та самовдосконалення». Штучний інтелект (ШІ) як наука почав розвиватися практично зразу (через два роки) після того, як «General Electric» установив перший комп'ютер для використання у бізнесі. 1956 року в коледжі м. Дартмут (Dartmouth) була проведена конференція, тему якої «Artificial intelligence» запропонував Джон Маккарті (John McCarthy). Учені, котрі взяли участь у конференції, узагальнили фундаментальні знання з математики, логіки і психології та визначили перші цілі та методології для дослідження ШІ. Термін Маккарті «штучний інтелект» опісля став популярним. Крім цього, в тому ж таки році була оголошена перша комп'ютерна програма ШІ, яку деякі фахівці вважають першою експертною системою. Програма, що названа логіко-теоретичною (Logic Theorist), була створена Еліеном Ньюелом і Сімоном Хербертом у технологічному інституті ім. Карнегі (тепер Карнегі—Мелонському університеті) та Дж. С. Шоу з корпорації «Ренд». Вона була розроблена, щоб розв'язувати логічні та обчислювальні задачі й доводити теореми з підручника «Принципи математики» Вітхеда і Русселя. Принаймні в одному разі програма забезпечила лаконічніше доведення, ніж було придумане людиною-математиком. Цікаво, що в той час жоден журнал не захотів опублікувати доведення, яке придумане машиною.

Програма Logic Theorist мала обмежену здатність до міркування, тобто виконувала тільки доведення теорем числення, проте перші її успіхи заохотили дослідників до розроблення іншої програми — General Problem Solver, що була

продемонстрована 1957 року. Цей програмний продукт мав просунуті можливості для розв'язування ребусів, завдань рівня вищої школи з мов та відповіді на запитання, які формулюються англійською мовою.

Ранні дослідження ШІ були зосереджені також на програмах для складних ігор як, наприклад, для гри в шахи. Розроблення програм для шахової гри не було кінцевою метою саме по собі, а розглядалося скоріше як можливість підсилення розуміння того, як людина розв'язує складні проблеми. Протягом 1960—1970 років питання ШІ розроблялися значною мірою в межах дослідницьких лабораторій. У 80-х роках зростаюча кількість продуктів ШІ почала просуватися на ринок, оскільки компанії започаткували свої перші комерційні версії. Проте, як і в багатьох технологічних розробках, обіцянки щодо можливостей комерційних додатків ШІ поки що переважають їх реальну продуктивність.

Поняття «знання» (Knowledge) у системах підтримки прийняття рішень, зокрема, орієнтованих на знання, мають виключно важливе значення. Незважаючи на те, що інтуїтивно цей термін зрозумілий кожному користувачу, проте реалізація цього виду інформації потребує значних теоретичних обґрунтувань та різноманітних технологічних засобів. У загальному тлумаченні термін «знання» означає те, що будь-хто щось знає і розуміє. Інакше кажучи, це сукупність відомостей, які утворюють цілісний опис, що відповідає деякому рівню інформованості щодо певного питання, завдання, предмета тощо. Якщо знання організоване і легке для користування, тоді воно називається структурованим, а в протилежному разі — неструктурованим. Знання, які неструктуровані і зрозумілі, але чітко не виражені, називаються знаннями-припущеннями. В інформаційних системах важливе місце відводиться питанню нагромадження знань (Knowledge acquisition), тобто формулюванню та зберіганню знань, які отримуються від різних джерел, особливо від експертів.

Нагромаджені знання зберігаються в базах знань (Knowledge base). База знань — це ряд фактів, правил і процедур, які організовуються в систему за

допомогою специфічних програмних засобів, що забезпечують пошук, зберігання, перетворення і занесення в пам'ять ЕОМ структурованих одиниць знань. Системи, які містять бази знань, розв'язувач (Solver) задач і користувацький інтерфейс, часто називають інтелектуальними. Знання, нагромаджені і використовувані в інтелектуальних системах, можна поділити на три типи: декларативні, процедурні та евристичні.

Декларативними називають знання, котрі записані в пам'яті інтелектуальної системи у такий спосіб, щоб вони були безпосередньо доступними для використання після звертання до відповідного поля пам'яті. У вигляді декларативних знань записується інформація про об'єкти предметних галузей, метаправила, таблиці, словники тощо. За формою подання декларативні знання протилежні процедурним. Процедурні знання — це такі, які зберігаються в пам'яті інтелектуальної системи у вигляді описів процедур, за допомогою яких ці знання можна отримати. У такому вигляді записується інформація про способи розв'язання задач у специфічній предметній галузі, а також різні інструктивні та методичні матеріали. Евристичні знання або просто евристики (Heuristics) — це змістовні (неформальні) розсудливі знання щодо певної прикладної галузі, які складаються з «правил доброго міркування» («здорового глузду») у цій сфері. Евристики також містять у собі знання про те, як кваліфіковано і ефективно розв'язувати задачі, як спланувати кроки для розв'язування комплексної проблеми, як удосконалювати продуктивність тощо. Як правило, евристики відображають особливості того, як людина розв'язує задачу, не користуючись строгими формальними прийомами, математичними моделями й алгоритмами. В експертних системах для формалізації професійних знань людини, що стосуються способів розв'язання задач у специфічній проблемній галузі, широко використовують ті евристики, якими користуються професіонали-експерти. З концепцією евристичних знань тісно взаємопов'язані ключові в орієнтованих на знання СППР терміни — «інженер зі знань» та «інжиніринг знань».

Інженер зі знань (Knowledge engineer) — фахівець зі штучного інтелекту, відповідальний за технічну сторону розроблення експертної системи. Інженер зі знань тісно працює з експертом прикладної галузі, щоб оволодіти знаннями експерта-людини для відображення їх у базі знань.

Інжиніринг знань (Knowledge engineering) — технічна дисципліна, яка містить інформацію про інтегрування знань у комп'ютерних системах для того, щоб розв'язувати складні проблеми, які, зазвичай, потребують високого рівня знань. Корпоративні знання є активом організацій, але ефективне управління цими засобами потребує інвестицій, зокрема, витрат грошей і залучення трудових ресурсів, виходячи з того, що: знання пов'язані зі створенням документів і їх рухом в обчислювальній системі; збільшення обсягів знань відбувається через їх редагування, інтегрування і відокремлення; потрібне розроблення підходів до класифікації знань і нових вкладень до них; необхідна інфраструктура технології оброблення інформації й додатків для поділу знань; нагальною є також потреба у навчанні службовців стосовно створення, поділу і використання знань.

Управління знаннями (Knowledge management) — це поділ, установа доступу і вибирання неструктурованої інформації про «людський досвід» між взаємозалежними особами або між членами робочої групи. Управління знаннями включає в себе розпізнавання групи людей, які мають потребу в спільному використанні знань, розроблення технологічної підтримки, яка дає можливість поділяти знання, і створення процесу для передання й розповсюдження знань. На даний час розроблені численні засоби комп'ютерної підтримки управління знаннями, тобто спеціалізоване програмне забезпечення.

Програмне забезпечення управління знаннями (Knowledge management software) — програмне забезпечення, яке уможливорює накопичення і управління неструктурованою інформацією в різних електронних форматах. Програмне забезпечення може допомагати в нагромадженні знань, їх класифікації, використанні, дослідженні, відкритті або в організації зв'язку між

структурними одиницями знань. До продуктів даного типу, зокрема, належать системи управління електронними документами (EDMS). Немало фірм здійснили кількісну оцінку вартості управління знаннями. За деякими оцінками, витрати на управління інтелектуальним капіталом становлять від 7 до 10 відсотків доходу.

Але в той час, як управління знаннями дороге, очевидним є той факт, що втрати від нецтва і дурості більші. Скільки коштує організації те, коли головні службовці забувають, як швидко і правильно виконувати завдання, або які втрати зумовлені рішенням, прийнятим на основі помилкових знань? Втрати за цих обставин мають критичне значення для організацій, що стало спонукальним мотивом для розроблення орієнтованих на знання СППР, англійською назвою яких є «Knowledge-Driven DSS», що дослівно можна перекласти як СППР, котрі управляють знаннями (запускають знання).

Знання в базі знань подаються в певному вигляді, тобто в певних інформаційних одиницях знань і зв'язках між ними. Форма подання знань істотно впливає на характеристики і властивості інформаційних систем, тому це є однією з найважливіших проблем, характерних для систем, орієнтованих на знання. Оскільки логічні висновки і дії над знаннями в інформаційних інтелектуальних системах проводяться програмовано, то знання не можуть бути подані безпосередньо в звичайному вигляді, тобто в якому вони використовуються людьми (наприклад, у розмовній чи текстовій формі). У зв'язку з цим розробляються формальні *моделі подання знань*.

За розроблення специфічних моделей подання знань намагаються дотримуватися таких вимог:

- подання знань має бути однорідним (одноманітним). Однорідна презентація знань приводить до спрощення механізму управління логічними висновками і управління знаннями взагалі;
- подання знань має бути зрозумілим експертам і користувачам системи. В іншому разі утрудняються набуття знань та їх оцінювання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. View of Artificial Neural Networks Advantages and Disadvantages. *Mesopotamian Academic Press*. URL: <https://mesopotamian.press/journals/index.php/bigdata/article/view/225/209>.
2. Анісімов А.В. Інформаційні системи та бази даних: Навчальний посібник для студентів факультету комп'ютерних наук та кібернетики. / Анісімов А.В., Кулябко П.П. – Київ. – 2017. – 110 с.
3. Архангельський В. І. Нейроні мережі в системах автоматизації / В. І. Архангельський, І. Н. Богаєнко, Г. Г. Грабовський, Н. А. Рюмшин – К.: Техніка, 1999. – 364 с.
4. Бродський Ю. Б. Інформатика і системологія : [навч. пос.] /Ю. Б. Бродський, К. В. Молодецька. – Житомир : ЖНАЕУ, 2014.– 244 с.
5. Волошин О.Ф., Машенко С.О. Теорія прийняття рішень. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2006. 304 с.
6. Воронін А. М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. – К. : НАУ-друк, 2019. – 136с.
7. Глибовець, Микола Миколайович. Штучний інтелект [Текст] : підручник / М. М. Глибовець, О. В. Олецкий. – К. : КМ Академія, 2002. – 366 с. – ISBN 966-518-153-X.
8. Голик О.П. Пошук оптимальних рішень щодо вибору джерел енергії, які доцільно використовувати для автономного енергопостачання / О.П. Голик// Відновлювана енергетика. – 2013. - № 2. – С. 24-27. ISSN 1819-8058.
9. Згуровський, М.З. Основи системного аналізу. [Текст] / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. —546 с.
10. Калюжний О.Я. Моделювання систем передачі сигналів в обчислювальному середовищі MATLAB-Simulink: Навч. Посібник. –К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2004. - 136 с

11. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. 2-ге вид., перероб. та допов. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2010. 336 с.
12. Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи: підручник / Л.С. Ямпольський, О.І. Лісовиченко, В.В. Олійник – К.: «Дорадо-Друк», 2016. – 576 с. ISBN 978-966-2077-69-8
13. Паламар М., Стрембіцький М., Паламар А. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів: навч. посіб. Тернопіль: Терноп. нац. техн. ун-т ім. Ів. Пулюя, 2018. 150 с.
14. Пушкар, О. І. Системи підтримки прийняття рішень [Текст]: навч. посібник / О. І. Пушкар, В. М. Гіковатий, О. С. Євсєєв, Л. В. Потрашкова; ред. О. І. Пушкар. – Харків: Інжек, 2006. – 304 с. – ISBN 966-392-066-1.
15. Самсонов В.В. Алгоритми розв'язання задач оптимізації: Навчальний посібник. К.: НУХТ, 2014.-300 с.
16. Системи і методи підтримки прийняття рішень: підручник / П. І. Бідюк та ін. Київ: «Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського», 2022. 610 с.
17. Системи підтримки прийняття рішень [Текст]: навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни / [уклад.: С. М. Братушка, С. М. Новак, С. О. Хайлук]; Державний вищий навчальний заклад “Українська академія банківської справи Національного банку України”. – Суми: ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2010. – 265 с. ISBN 978-966-8958-56-4
18. Системи штучного інтелекту в плануванні, моделюванні та управлінні [Текст]: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Л. С. Ямпольський, Б. П. Ткач, О. І. Лісовиченко; МАУП. - К.: Персонал, 2011. - 543 с.іл.
19. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.