



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ УПРАВЛІННЯ

Нестеренко О.В., Ковтунець О.В., Фаловський О.О.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

ВВІДНИЙ КУРС

Навчальний посібник

Київ – 2017

ББК 004
УДК 681.324
Н 11

*Рекомендовано до видання Вченою радою
Національної академії управління
(Протокол № 2 від 20 квітня 2017 р.)*

Рецензенти:

О.Я. Матов, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

О.К. Лопатін, доктор фізико-математичних наук, професор, Національна академія управління

І.В. Баклан, кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сикорського»

Н 11 **Нестеренко О.В., Ковтунець О.В., Фаловський О.О.**

Інтелектуальні системи і технології. Ввідний курс: Навч. посібник. – К.: Національна академія управління, 2017. – 90 с.

ISBN 978-617-7386-13-0

Цей навчальний посібник містить викладення навчальної дисципліни «Основи інтелектуальних систем і технологій» для студентів, що починають навчатися на бакалаврських програмах за спеціальністю «Комп'ютерні науки та інформаційні технології». Крім того, цей навчальний посібник може використовуватись студентами ВНЗ, що вивчають дисципліни з економіки, бізнесу, управління та адміністрування.

Інтелектуалізація є перспективним напрямом вдосконалення автоматизованих систем та набирає усе більшої важливості. Враховуючи сучасні можливості інформаційно-комунікаційних технологій та тенденції значного поширення комп'ютерної техніки, питання інтелектуальної підтримки прийняття рішень в управлінні набувають значної актуальності. У посібнику викладено основні відомості про напрями та рівні забезпечення інтелектуальності систем і технологій, основні досягнення та перспективи їх розвитку.

Крім студентів та викладачів це видання може бути корисним й для керівників і фахівців фінансово-економічної сфери, державних службовців, а також для громадян, яких цікавлять проблеми інтелектуалізації інформаційних систем.

ISBN 978-617-7386-13-0

ББК 004

УДК 681.324

© Нестеренко О.В., Ковтунець О.В.,
Фаловський О.О., 2017

© ВНЗ «Національна академія управління», 2017

ЗМІСТ

Перелік скорочень	5
Перелік рисунків	6
ВСТУП	8
1. ПОНЯТТЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ	10
1.1. Загальні відомості	10
1.2. Інтелектуалізація систем	13
1.3. Штучний інтелект як основа інтелектуалізації	16
1.4. Інтелектуальні технології	20
1.5. Коротка історична довідка	22
Контрольні запитання	26
2. ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ	27
2.1. Основні підходи	27
2.2. Системи, що ґрунтуються на знаннях	32
2.3. Напрямки застосування засобів штучного інтелекту в інтелектуальних системах	35
Контрольні запитання	36
3. ВІД ДАНИХ І ЗНАНЬ ДО РІШЕНЬ	37
3.1. Дані, інформація, знання	37
3.2. Основні поняття інженерії знань	39
3.3. Представлення знань	40
3.4. Основні аспекти і методи інженерії знань	43
Контрольні запитання	48
4. СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	49
4.1. Управління та прийняття рішень	49
4.2. Комп'ютеризація підтримки прийняття рішень	51
4.3. Експертні системи	53
4.4. Системи підтримки прийняття рішень	55
4.5. Методи та технології бізнес-аналітики	57
4.6. Особливості інформаційно-аналітичних систем	58
Контрольні запитання	60

5. РОБОТИ І РОБОТОТЕХНІКА	61
5.1. Загальні відомості	61
5.2. Сьогоднішній стан роботизації	63
5.3. Робототехніка	64
5.4. Що далі?	67
Контрольні запитання	70
6. ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ	71
6.1. Прогнози футурологів	71
6.2. Міфи, очікування та реалії інтелектуалізації	73
6.3. Загрози і переваги технологічної сингулярності	76
6.3. Гібридний інтелект	79
Контрольні запитання	82
ЛІТЕРАТУРА	84
ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	86

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АІС	- автоматизована інформаційна система;
БД	- база даних;
БЗ	- база знань;
ЕОТ	- електронна обчислювальна техніка;
ІнС	- інтелектуальна система;
ІТ	- інформаційні технології;
ПЗ	- програмне забезпечення;
СППР	- система підтримки прийняття рішень;
ОПР	- особа, що приймає рішення;
СКБД	- система керування базою даних;
ШІ	- штучний інтелект.

ПЕРЕЛІК РИСУНКІВ

Рис. 1.1. Зростання об'ємів інформації у суспільстві	11
Рис. 1.2. Інформаційне поле прийняття рішень в управлінні	11
Рис. 1.3. Ланки цифрового суспільства (електронно-цифрове співтовариство)	13
Рис. 1.4. Інформаційний процес, що реалізується комп'ютерною системою	13
Рис. 1.5. Інформаційний процес, що реалізується інтелектуальною системою	14
Рис. 1.6. Класифікація інтелектуальних систем (САПР – системи автоматизації проектування, САНД – системи автоматизації наукових досліджень)	15
Рис. 1.7. Переваги інтелектуалізації інформаційних систем	16
Рис. 1.8. Тест Тюринга на інтелектуальність	17
Рис. 2.1. Модель «чорного ящика»	29
Рис. 2.2. Взаємодія агента з середовищем	31
Рис. 2.3. Використання знань в інтелектуальних системах	33
Рис. 2.4. Зв'язки між причинами і наслідками в сфері прийняття рішень	33
Рис. 2.5. Стани знання в особі, що приймає рішення	34
Рис. 2.6. Задачі моделювання функцій людського інтелекту	35
Рис. 3.1. Інформація, дані, знання	38
Рис. 3.2. Три основні поняття інженерії знань	39
Рис. 3.3. Загальна класифікація мов подання знань	41
Рис. 3.4. Загальний код взаємодії при добуванні знань	44
Рис. 3.5. Класифікація методів добування знань	44
Рис. 4.1. Основні поняття теорії прийняття рішень	50
Рис. 4.2. Три основних атрибута процесу прийняття рішень	50
Рис. 4.3. Покоління розвитку автоматизованих систем управління	52
Рис. 4.4. Класифікація систем підтримки прийняття рішень	52
Рис. 4.5. Стандартна схема експертної системи	54
Рис. 4.6. Загальна схема систем підтримки прийняття рішень	56
Рис. 4.7. Загальна схема системи бізнес-аналітики	57
Рис. 4.8. Типовий звіт системи бізнес-аналітики	58
Рис. 5.1. Загальна функціональна схема промислового робота	65

Рис. 5.2. Методи штучного інтелекту в системі керування робота	67
Рис. 6.1. Індустріальні (технологічні) цикли (за Шумпетером)	76
Рис. 6.2. Кризові явища етапів розвитку цивілізації	77
Рис. 6.3. Досягнення і відставання в еволюційні епохи	79
Рис. 6.4. Схема гібридного інтелекту	81



Сучасний етап розвитку цивілізації міцно пов'язаний із стрімким технологічним зростанням та розбудовою *інформаційного суспільства*, у якому завдяки широкому використанню *інформаційно-комунікаційних технологій* суттєво збільшується інтенсивність інформаційного обміну, а основним типом діяльності стає обробка інформації та генерування нового знання.

Вказані чинники стають визначальними у розвитку економіки, науки, освіти. Обумовлена цими обставинами комп'ютеризація діяльності підприємств та організацій, взаємозалежність технологій веде до постійного вдосконалення автоматизованих інформаційних систем і технологічних засобів. Протягом останніх років спостерігається стійка тенденція інтелектуалізації систем і технологій, збільшення кількості мобільних пристроїв, що розширюють доступ до інформації, а також поява нових методів та алгоритмів щодо її опрацювання.

Завдяки сучасним темпам розвитку інформаційних технологій усе більш широке використання у різних сферах діяльності знаходять та постійно вдосконалюються *системи підтримки прийняття рішень*. Враховуючи існуючі можливості прикладних додатків та засобів моделювання, інтерес до СППР як до перспективного напрямку забезпечення підтримки прийняття рішень і потужного інструментарію підвищення ефективності праці у сфері управління безперервно зростає.

Увага до систем класу СППР особливо зростає, адже в них зосереджена особо цінна аналітична та консолідована інформація. Крім того, зацікавленість користувачів підігривається й наявністю в цих системах передових математичних моделей і методів, унікальних алгоритмів та програмних засобів. У таких умовах ці системи повинні вміти задовольняти багатоманітним вимогам користувачів на різних шаблях управління, забезпечувати взаємодію як з внутрішніми фахівцями, так із зовнішніми, підтримувати як локальні рішення, так і глобально скоординовані. Одним з важливих напрямів вдосконалення таких систем є їх інтелектуалізація.

Проблемам створення засобів інтелектуалізації систем, інструментарію аналітичної обробки інформації, що циркулює в них, приділяється

серйозна увага науковців і фахівців, завдяки чому у цій царині напрацьовано чимало теоретичних робіт та отримані значні практичні результати.

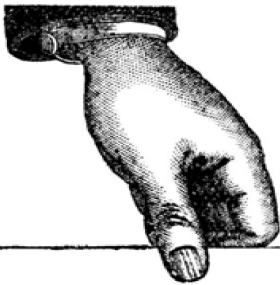
Виходячи з викладеного, а також враховуючи, що підготовка фахівця за спеціальностями «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», «Системний аналіз» є дуже важливою, роль та значення дисциплін, пов'язаних з питаннями інтелектуальної обробки та аналізу інформації в автоматизованих системах серед інших дисциплін, що вивчаються, набуває також виняткового значення. При цьому вбачається, що за вказаними напрямками підготовки базою для вивчення цих дисциплін мають стати власне ті особливості, які притаманні саме системам підтримки прийняття рішень, а основними задачами, що стоять перед студентом є засвоєння основ аналізу даних та процесів підтримки прийняття рішень у різних предметних областях, розуміння необхідності застосування моделей та засобів штучного інтелекту та їх вибору з урахуванням особливостей представлення та організації даних та знань, отримання навичок з побудови СППР, уявлень щодо архітектур такого роду систем, особливостей інтерфейсу користувача.

Композиція посібника та викладення навчального матеріалу в основному зорієнтоване на кількість годин у навчальному плані, відведених на дисципліну для аудиторних занять - один підрозділ (іноді два) на лекцію, а також кількості годин у навчальному плані, відведених для самостійної роботи студентів. Вони спрямовані на активізацію пізнавальної діяльності, самостійної творчої праці.

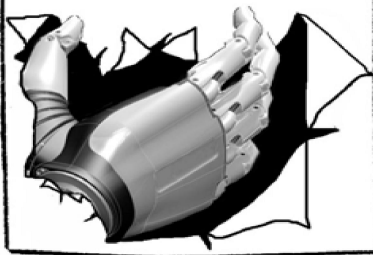
Для полегшення користування посібником наприкінці наведений покажчик основних визначень та понять, на яких базується викладення матеріалу.

Автори висловлюють подяку А.О. Криворучко за допомогу у підготовці рукопису посібника.

Фотоматеріали, довідкова інформація отримані з різних відкритих джерел Інтернету, яким автори висловлюють свою повагу і шанування.



1. ПОНЯТТЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ



Якщо XVII століття і початок XVIII століття – вік годинників, а кінець XVIII і усе XIX століття – вік парових машин, то наш час є віком зв'язку і управління.

*Норберт Вінер,
американський математик,
"батько» кібернетики*

Загальні відомості.

Історична довідка.

Основні тлумачення та визначення.

1.1. Загальні відомості

Усе живе на Землі обмінюється інформацією і несе у своїх генах знання. Людина як розумна істота навчилася сприймати та зберігати інформацію і знання в різних формах. Спочатку була усна традиція, потім з'явилася писемність. Об'єм інформації і знань почав нестримно збільшуватися. У XX ст. люди навчилися передавати знання майбутнім поколінням не лише на папері, але й в цифровому (електронному) виді. Потoki інформації стали зростати ще бурхливіше (рис. 1.1).

Водночас, з розширенням індустріалізації, збільшенням виробництва головним елементом економічної структури країн стали підприємства (організації, установи). Саме тут сформувалися **процеси управління** (менеджмент) та **прийняття рішень**, які стали важливими і визначальними в досягненні ефективності їх діяльності.

Процеси управління та прийняття рішень відбуваються у певному **інформаційному середовищі**. Інформаційне поле прийняття рішень (рис. 1.2) зазвичай включає зовнішню інформацію, тобто інформацію зовнішнього середовища, і внутрішню, яка існує всередині середовища, що безпосередньо оточує особу, що приймає рішення (ОПР).

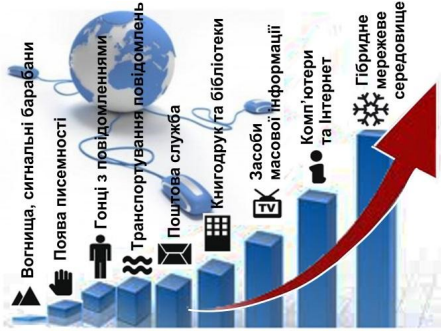


Рис. 1.1. Зростання об'ємів інформації у суспільстві

З-за значних об'ємів даних та взаємозв'язків між ними знайти відповіді на питання в цьому інформаційному просторі стало дуже важко, а в деяких предметних областях фактично й неможливе. Для розуміння людиною такої предметної області виникла необхідність отримати додатковий інструмент, роль якого зараз з успіхом відіграють **комп'ютери** та **автоматизовані інформаційні системи**.



Рис. 1.2. Інформаційне поле прийняття рішень в управлінні

Перші покоління автоматизованих систем були спрямовані в основному на обробку даних (*Data Processing System*) та розв'язання обчислювальних та облікових задач (бухгалтерія, складський облік). З часом АІС почали використовувати вже для управління підприємством (*Management Information System*). Основою цих систем стали бази даних (БД), які забезпечували структурування інформації, її зберігання у великих об'ємах та інтеграцію окремих функціональних задач управління у єдиний комплекс.

Поступово потреби досягнення усе більш ефективних цілей управління почали вимагати створення нових інструментальних засобів, які дозволяють скоротити витрати, що неминуче виникають завдяки обмеженням людських можливостей в обробці числових даних, аналітичному опрацюванні інформації та швидкості виконання осмислених операцій. Тому ще з початку 70-х років ХХ ст. розпочалися розробки засобів автоматизованої підтримки прийняття управлінських рішень, у результаті чого склалися умови створення й успішного використання нових людино-машинних систем – *систем підтримки прийняття рішень* (СППР).

З початком ХХІ століття набула поширення концепція постіндустріального суспільства, що отримало назву *інформаційного суспільства*, як нової історичної фази розвитку цивілізації, в якій головними продуктами виробництва є інформація і знання. Цей щабель в піднесенні сучасної цивілізації характеризується збільшенням ролі інформації і знань в житті суспільства, зростанням долі інфокомунікацій, інформаційних продуктів і послуг у валовому внутрішньому продукті, створенням глобального інформаційного простору.

Оці тенденції, що диктували необхідність знаходження механізмів «трансформації» інформації в знання й використання цього знання як ресурсу для підтримки прийняття управлінських рішень, в сфері автоматизованих інформаційних систем знайшли відображення в процесах *інтелектуалізації* систем й інформаційних технологій.

Нові виклики інформаційного суспільства пов'язані з електронним веденням бізнесу, впровадженням технологій електронного урядування, коли обмін документами та повідомленнями відбувається в електронній формі. Якщо слідувати ідеям відомого канадського публіциста Дона Тапскотта (*Don Tapscott*), глобальність змін, що відбуваються з людством, визначає напрям «цифрова економіка» чи «епоха мережевого інтелекту», якими воно рухатиметься в перспективі, або, як різні фахівці іменують, «ера інформації», «цифрова епоха», «економіка, заснована на знаннях». Логіка Тапскотта будується на авторській схемі, що включає п'ять елементів, які складають ланки цифрового суспільства, де кожен наступний елемент включає попередні, утворюючи при цьому нову якість (рис. 1.3).

Таким чином, майбутня цифрова спільнота буде пов'язаною з інтелектуалізацією економіки та технологій, де поряд з проблемою управління інформацією буде вирішуватись і проблема «керування знаннями».



Рис. 1.3. Ланки цифрового суспільства (електронно-цифрове співтовариство)

1.2. Інтелектуалізація систем

Що ж таке інтелектуалізація інформаційних систем? Щоб відповісти на це запитання треба з'ясувати, у чому полягають особливості традиційних АІС. Будь-яка комп'ютерна інформаційна система зазвичай реалізовує *інформаційний процес*, виконуючи наступні функції: сприймає інформаційні запити розв'язання задачі (1) і необхідні початкові дані, обробляє запити і дані (2), що зберігаються в системі, у відповідності з відомим алгоритмом і формує необхідну вихідну інформацію (3) (рис. 1.4).

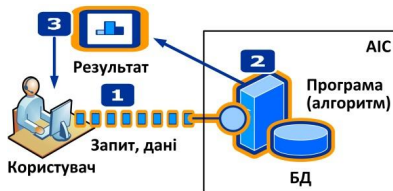


Рис. 1.4. Інформаційний процес, що реалізується комп'ютерною системою

У цьому процесі обробляється знання про предметну область. Це знання має двояку природу. Відомості про об'єкти предметної області, що накопичуються в звичайній базі даних, представляють так зване *фактуальне знання*. Залежності і відношення між об'єктами предметної області, які дозволяють інтерпретувати відомості (факти) з БД або витягати з них

інформацію, відображають *операційне знання*. Операційне знання представляється в алгоритмічній формі як правила перетворення даних (у вигляді програми, що виконується комп'ютером).

Така схема організації інформаційного процесу має суттєві недоліки. У разі виникнення змін в предметній області (а це відбувається постійно) фактуальні знання ще можна внести в систему шляхом актуалізації БД. А операційне знання скорегувати дуже важко (фактично треба переписувати програму, що оперативно зробити неможливо). Водночас для формулювання запиту користувач має ясно уявляти собі структуру БД і до певної міри алгоритм розв'язання задачі. Отже, користувач повинен досить добре бути обізнаним не лише в проблемній області, а й в логічній структурі БД і алгоритмі програми, що висуває додаткові вимоги до користувача. У випадку багатокористувачевої системи ця проблема взагалі є нерозв'язаною.

Таким чином, вказані загальні недоліки традиційних інформаційних систем полягають в слабкій адаптивності до змін в предметній області та інформаційних потреб користувачів, в неможливості розв'язувати задачі, що погано формалізуються, з якими управлінські працівники постійно мають справу.

Перераховані недоліки усуваються в інтелектуальних інформаційних системах завдяки виділенню операційного знання з програми у так звану *базу знань*, яка в декларативній формі зберігає загальні для різних задач одиниці знань (правила). При цьому структура, що цим управляє, набуває характеру універсального механізму розв'язання задач (*машини висновку*), який зв'язує одиниці знань у виконуваних ланцюжки (генеровані алгоритми) залежно від конкретної постановки задачі (сформульованої в запиті мети і початкових умов). Внаслідок цього такі ІнС отримали назву систем, основаних на знаннях. Нарешті, такі засоби дозволяють організувати діалог з користувачем на мові, наближеної до природної та сприймати заздалегідь неформалізовані запити (*природно-мовний інтерфейс*, ПМІ). Таким чином інформаційний процес в інтелектуальних системах трансформується до виду, наведеному на рис. 1.5.

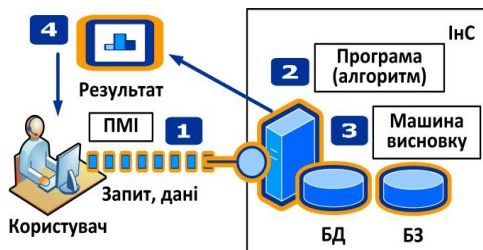


Рис. 1.5. Інформаційний процес, що реалізується інтелектуальною системою

Отже, можна навести такі ознаки інтелектуальних систем:

- підвищення «грамотності», або «освіченості» системи за рахунок накопичення знань;

- можливість подавати та використовувати знання про знання (метазнання);

- вміння розв'язувати складні задачі, що важко формалізуються;

- можливість опрацювання неточних, неясних, невизначених знань;

- адаптивність, тобто здібності розвитку та пристосування;

- можливість отримання нових знань з тих, що є в наявності (власність самонавчання);

- комунікативність, пов'язана з можливістю формулювання користувачем довільних запитів до системи на мові, максимально наближеної до природної.

В наш час процеси інтелектуалізації інформаційних систем знаходять вираз у створенні найрізноманітніших систем і технологій, орієнтовну класифікацію яких наведено на рис. 1.6. З цими системами познайомимось докладніше на подальших сторінках посібника, але загальним в них є те, що вони є комплексом програмних, лінгвістичних і логіко-математичних засобів для реалізації основного завдання: забезпечення підтримки розумової діяльності людини, зокрема в сфері підтримки прийняття рішень, інформування і консультування. Важливим напрямком є й сфери імітації інших властивостей людини, що знаходить вираз у створенні роботів.

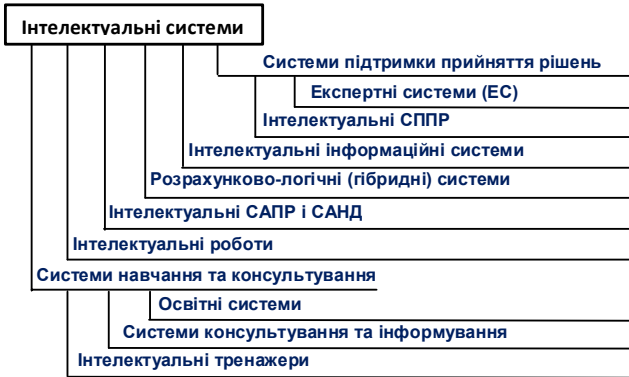


Рис. 1.6. *Класифікація інтелектуальних систем (САПР – системи автоматизації проектування, САНД – системи автоматизації наукових досліджень)*

У чому ж переваги інтелектуалізації систем у порівнянні з традиційними інформаційними системами, зокрема для різних підприємств? Відповідь на це питання надає рис. 1.7.



Рис. 1.7. Переваги інтелектуалізації інформаційних систем

Зрозуміло, що усі переваги перелічити майже неможливо, адже загальна ефективність інформаційної системи визначається ступенем відповідності її складових виконанню системою свого призначення (функцій) згідно із критерієм мети. А в кожній системі, як правило, свій перелік функцій і власне визначення мети, які залежать від галузі застосування та вимог конкретних користувачів.

1.3. Штучний інтелект як основа інтелектуалізації

У чому ж основа засобів інтелектуалізації комп'ютерних систем? Її пов'язують з відносно новим науковим напрямком – теорією *штучного інтелекту*. Термін artificial intelligence (AI), що в нашому перекладі й означає «штучний інтелект» (ШІ), вперше був запропонований 1956 року Джоном Мак-Карті (John McCarthy) на семінарі з аналогічною назвою, присвяченому розробці методів розв'язання логічних задач, який відбувся в Дартмутському коледжі в США. Не можна сказати, що цей термін є вдалим, адже дві складові – «штучний» і «інтелект», взагалі кажучи, принаймні на сьогодні, протилежні один одному. Тим не менш він виявився життєздатним і увійшов у широкий обіг. Але ж з тих часів вчені і фахівці поділені на два табори – на тих, що вірять в можливість створення штучного інтелекту, й тих, хто піддає теорію ШІ нищівній критиці.

Дослідження в області моделювання процесу мислення розпочалися задовго до появи комп'ютера. З кінця 40-х років минулого століття виділилися два напрями моделювання, які тривалий час були практично незалежними, а саме логічне і нейро-кібернетичне.

Перше ґрунтується на виявленні і застосуванні різних логічних і емпіричних прийомів (евристик), які застосовує людина для вирішення яких-небудь завдань. Другий напрям – нейро-кібернетичний – спирається на побудову систем, що самоорганізуються, та складаються з множини елементів, функціонально подібних до нейронів головного мозку.

Прихильники цих течій відверто проголошують, що машина може мислити. Видатний англійський математика і філософ Алан Тюрінг, щоб замінити безглузде, на його думку, запитання «чи може машина мислити?» на більш визначніше, запропонував 1950 року в статті «Обчислювальні машини і розум» (*Computing machinery and intelligence*) спеціальний тест. Замість того, щоб абстрактно сперечатися про критерії, які дозволяють відрізнити живу мислячу істоту від машини, що виглядає як мисляча, він запропонував спосіб встановити те, що може бути реалізованим на практиці (рис. 1.8). Суддя-людина С обмежений час (наприклад, декілька хвилин) переписується на природній мові з двома співрозмовниками, яких він не бачить (*A* і *B*). Один з них – людина, а інший – комп'ютер. Якщо суддя С за наданий час за отриманими відповідями від *A* і *B* не зможе надійно визначити, хто є хто, то вважається, що комп'ютер пройшов тест Тюрінга, тобто його можна визначити як інтелектуальну істоту. До цього часу, строго кажучи, жодна комп'ютерна система тест Тюрінга не пройшла.

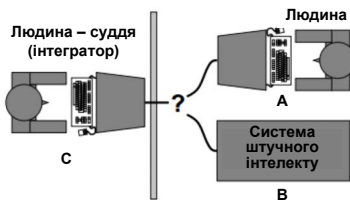


Рис. 1.8. Тест Тюрінга на інтелектуальність

Але провідний фахівець Google Р. Курцвейл передбачає, що до 2029 року комп'ютерний мозок зможе пройти цей тест, який доведе наявність у нього розуму в людському розумінні цього слова.

До речі, тест Тюрінга несподівано знайшов практичне застосування. Компанія Yahoo для захисту від атак спам-ботів (програм-роботів, що розповсюджують рекламні повідомлення шляхом реєстрації не сайтах в

Інтернеті) реалізувала ідею застосувати те, що легко дається людям, але представляє труднощі для комп'ютерів: розпізнати в процесі реєстрації спотворені літери, що важко читаються. Люди в змозі розшифрувати їх і ввести правильний текст за лічені секунди, але програма буде збитою з пантелику. Це творіння було назване *Captcha* (*Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart* – повністю автоматизований публічний тест Тюринга для розрізнення комп'ютерів і людей), і воно зараз повсюдно використовується в Інтернеті.

Багато ранніх досліджень в сфері штучного інтелекту здійснювалися на основі таких поширених настільних ігор, як шашки, шахи, «п'ятнадцятки», хрестики – нулики. На додаток до притаманного їм «інтелектуального» характеру, такі ігри мають деякі властивості, що роблять їх ідеальним об'єктом для експериментів. Більшість ігор ведуться з використанням чітко визначеного набору правил: це дозволяє легко будувати простір пошуку і позбавляє дослідника від неясності і плутанини, властивих менш структурованим проблемам.

Тривалий час дослідження щодо пошуку можливостей створення штучного розуму проводилися у напрямку імітації на комп'ютері гравця у шахи як ігри, що зазвичай вважається найінтелектуальнішою. На цьому шляху були досягнуті значні успіхи. Достатньо згадати серію матчів 1996-1997 рр. колишнього чемпіона світу з шахів Г. Каспарова проти комп'ютера *Deep Blue*, який створила фірма IBM. Ця система була здатна аналізувати 200 млн. ходів у секунду, або 50 млрд. позицій протягом трьох хвилин, виділених на один хід у шаховій партії. Спочатку Каспаров вигравав, застосовуючи нетрадиційні (парадоксальні) ходи. IBM сильно оновила *Deep Blue*, поліпшила її логіку, і пізніше комп'ютер виграв у матчі з 6 ігор (дві перемоги, три нічі).

З цього приводу видатний Г. Саймон зазначив: «Усі наші експерименти з шаховими програмами показали, що висока швидкість обчислень не замінює знання, хоча між ними й є певний взаємозв'язок. Що цікаво і чудово в людях простих або складних, як вам буде завгодно – це наскільки ми вибіркові через те, що не можемо робити розрахунки з такою величезною швидкістю, ми не робимо багато обчислень за хвилину (більшість з нас і за декілька хвилин). Але ми замінюємо цю здатність своєю вибірковістю, ґрунтованою на знаннях, – ми йдемо одним правильним шляхом, а не пробуємо усі варіанти, які можливі. Це й є наш розум. Ось у чому його секрет».

Отже, усе, що вміли комп'ютери – швидко перебирати варіанти ходів («я сюди – він сюди; – я сюди – він сюди»), відкидаючи свідомо невдалі

варіанти. Але 2016 року відбулася подія, що суттєво змінила ставлення багатьох до моделювання ігор на комп'ютері. Цього року був організований матч Лі Седоля, одного з найсильніших професійних гравців світу в гру го, і комп'ютера AlphaGo, створеного фахівцями з різних країн. Через чотири години і тринадцять хвилин після початку матчу схвильований Лі Седоль збирав камені з дошки, оголосивши третю підряд поразку від комп'ютера, і, тим самим, поразку в п'ятиматчевій серії.

Справа у тому, що гравці в го завжди вважали свою гру неймовірно складною для «кремнієвого розуму». Кількість гілок ходів в го більше кількості атомів у Всесвіті – особливо не перебереш. Більше того, в шахах вже відіграні усі дебюти, що допомагає скоротити довжину перебору, а в го кількість варіацій на початку партій також є приголомшливо великою, причому постійно з'являються нові ідеї і ходи. Оцінюють, що за час існування го (а це тисячі років), не було зігране двох однакових партій!

Як вдалося комп'ютеру виграти у такій складній грі? Творці AlphaGo об'єднали найуспішніші підходи, накопичені в індустрії штучного інтелекту: нейронні мережі глибокого навчання, генетичні алгоритми (копії AlphaGo, що трохи відрізняються, грали самі з собою і відбиралися кращі) і методи Монте-Карло. В комп'ютер завантажили півтори сотні тисяч партій (десь 30 мільйонів людських ходів), у верхніх шарах нейромережі утворилися деякі абстрактні міркування «збалансованості ігрової дошки», а потім AlphaGo змусили грати саму з собою, щоб розвинути ці міркування, тобто самонавчатися.

У результаті експертам, що спостерігали за грою здавалося, що боротися з Лі Седолем вийшов не програмний код, а ним бореться істота, що має накопичену пам'ять, здатність до прогнозування ігрової ситуації і досвід перемоги в десяти мільйонах матчів проти таких же істот, що не пройшли еволюційного відбору. AlphaGo грало як дуже сильна людина. Іншими словами, цей комп'ютер пройшло тест Тюринга! Якщо AlphaGo запустити на ігровий го-сервер KGS в Інтернеті, ніхто не зможе розкрити, що грає не з людиною. «Істота», що явно має якісь ідеї, обходить людину в грі, що є невід'ємною частиною людської культури, при цьому людиною явно не є!

Незважаючи на такі приголомшливі результати, все ж таки поки що штучний інтелект є специфічним і не автономним, адже, хоча AlphaGo розуміє гру го краще за людину, він нічого більше не вміє. Копії AlphaGo для гри з самим собою створюються і відбираються алгоритмом, написаним людиною. Також AlphaGo не може (поки що?) самостійно створити середовище для відтворення самого себе. Крім того, ідеї AlphaGo неможливо вилучити з нього і перекласти людською мовою, тобто шари нейромережі, що утворилися у наслідок «міркування» комп'ютера, представ-

ляють «чорний ящик», і це може мати певні ризики у випадку інших застосувань подібних реалізацій.

Отже, поки вчені б'ються над створенням мислячого комп'ютера, в рамках наукового напрямку штучного інтелекту народжуються практичні засоби інтелектуалізації інформаційних систем. Нижче наведені деякі з основних напрямків ШІ та його застосувань, що впливають на розвиток інтелектуалізації систем, а саме:

1. Представлення знань та маніпуляція знаннями.
2. Комунікації «людина-машина».
3. Розпізнавання образів.
4. Навчання та самонавчання.
5. Планування дій, пошук розв'язків задач.
6. Самоорганізація, методи евристичної самоорганізації.
7. Автоматизація створення програм. .

Зокрема такі засоби створюються на основі теорій нейромереж, генетичних алгоритмів, еволюційного моделювання, нечіткої логіки та ін.

1.4. Інтелектуальні технології

Отже, перетворити інформаційні системи на інтелектуальні дозволяють інтелектуальні інформаційні технології, які на сьогодні є однією з найбільш перспективних і таких, що швидко розвиваються наукових і прикладних сфер інформатики. До основних інтелектуальних технологій необхідно віднести: обробка текстів на природній мові, моделювання знань і бази знань, управління знаннями, розпізнавання образів, нейротехнології, математичні моделі, концептуальне програмування та ін., а також відповідні інструментальні засоби створення ІнС. Ознайомимось з деякими з цих технологій.

Центральними для ІнС є технології моделювання та представлення знань про предметні області. На основі сучасного уявлення про категорії знань розроблені базові моделі подання знань в комп'ютерних системах, такі як фрейми, семантичні мережі, правила та ін., що дозволило розробити концептуальні основи технології баз знань.

Роботи в області нейрокібернетики створили основу технологій нейронних семіотичних систем. Розроблені на основі нейротехнологій різні нейропакети використовуються для моделювання сенсорних і мовних систем людини штучними нейронними мережами.

Технології автоматичного розпізнавання образів є перспективними для ІнС. На сьогодні її реалізації використовуються переважно для оптичного читання текстів.

Взагалі автоматизації роботи зі знаннями, представленими в текстовому виді приділяється багато уваги. Гіпертекстові моделі і системи, методи витягання знань з тексту і комп'ютерного пошуку в тексті, технології автоматичного реферування і анотування текстів, машинного перекладу і автоматичної класифікації документів знаходять усе більше застосування. Особливий інтерес викликають комплексні інтелектуальні програмні засоби для обробки текстів.

Важливе значення мають гіпертекстові системи, призначені для реалізації пошуку за ключовими словами у базах текстової інформації. Інтелектуальні гіпертекстові системи відрізняються можливістю використання складнішої семантичної організації ключових слів, яка відбиває різні смислові відношення термінів. Таким чином, механізм пошуку працює передусім з базою знань ключових слів, а вже потім безпосередньо з текстом.

Інтелектуальні бази даних відрізняються від звичайних баз даних можливістю вибірки за запитом користувача необхідної інформації, яка може явно не зберігатися, а виводитися з даних, наявних у базі. При цьому ця технологія намагається здійснити пошук за умовою, яка може бути довіднаною в ході розв'язання задачі. Така система без допомоги користувача по структурі бази даних сама будує шлях доступу до необхідних даних. Формулювання запиту здійснюється в діалозі з користувачем, послідовність кроків якого виконується в максимально зручній для користувача формі.

В інтелектуальних системах особливе значення має реалізація інтелектуального інтерфейсу, коли запит користувача формулюється за допомогою висловлювань на природній мові. Для реалізації природно-мовного інтерфейсу необхідно вирішувати завдання морфологічного, синтаксичного і семантичного аналізу на основі внутрішньо-машинного рівня представлення знань.

Інтерфейс користувача з ІНС за допомогою графічних образів, які генеруються відповідно до подій, що відбуваються, дозволяють здійснювати технології когнітивної графіки. Графічні образи в наочному і інтегрованому виді описують множину параметрів ситуації, що розглядається.

Системи управління знаннями базуються на технологіях сховищ даних і інтелектуального аналізу даних (*Data mining based on Data Warehouse*). На відмінність від інтелектуальної бази даних інформаційне сховище є сховищем з можливістю витягувати значиму інформацію з БД на основі оперативного аналізу даних. Для вирішення цих завдань потрібно застосування методів витягання знань з баз даних (*Knowledge Discovery*), що ґрунтуються на застосуванні методів багатовимірної статистичного аналізу, індуктивних методів побудови дерев рішень, нейронних мереж, генетичних алгоритмів тощо.

Сучасний стан робіт в області метаданих для інформаційних ресурсів спрямований зокрема на інтелектуалізацію Інтернету (концепція семантичного веба). Напрацьовані стандарти і специфікації, що становлять ядро платформи XML, що служить технологічною основою семантичного веба.

Технологія створення програмного забезпечення для інтелектуальних систем істотно відрізняється від розробки традиційних програм з використанням поширених мов програмування. Трудомісткість розробки ІnC значною мірою залежить від інструментальних засобів, що використовуються. Ці засоби включають спеціальні мови програмування, орієнтовані на обробку символічної інформації (мова LISP, орієнтована на обробку списків, SMALLTALK, мова рекурсивних функцій РЕФАЛ), мови логічного програмування (PROLOG), мови представлення знань (OPS5, KRL, FRL), інтегровані програмні середовища, що містять арсенал інструментальних засобів для створення систем, а також так звані оболонки експертних систем (BUILD, EMYCIN, EXSYS, Professional), які дозволяють створювати прикладні експертні системи без програмування. Останнім часом термін «оболонка» вживається все рідше, його замінюють ширшим поняттям «середовище розробки».

Недоліком спеціальних мов програмування є слабка пристосованість до об'єднання з програмами, написаними на мовах традиційного програмування.

Одним з сучасних засобів, що дозволяє використовувати низку підходів, які забезпечують підтримку програмування на основі правил об'єктно-орієнтованого і процедурного програмування є мова CLIPS. Назва цієї мови – абrevіатура від C Language Integrated Production System. Можливості логічного висновку і представлення знань у вигляді правил і фактів зробили CLIPS ефективним засобом розробки експертних систем.

1.5. Коротка історична довідка

Історію інтелектуалізації систем доцільно розпочати з появи самого поняття «система» (організм, лад, союз, ціле, складене із частин), що виникло в Древній Греції близько 2000 років тому, та робіт Аристотеля, Демокрита, Декарта, Платона й ін., що утворили основу системного аналізу. Суттєвий поштовх у становленні цього поняття зробили розвиток астрономії (Коперник, Галілей, Ньютон й ін.), а також філософські погляди, теорії про структуру пізнання (Бекон, Гегель, Ламберт, Кант, Фіхте й ін.).

Діяльність людини з формування техносфери, пов'язані з цим розвиток виробництва, машин і техніки, промислова революція XIX ст. та інду-

стріальна епоха стали причиною появи поглядів натуралістів XIX-XX ст. (Богданов, Берталанфі, Вінер, Ешбі, Цвіккі й ін.).

На початку XX ст. уперше виникла думка про те, що не атоми, а інформація є справжньою основою всього суцього. Багато в чому саме завдяки таким поглядам ми тепер можемо повномасштабно фіксувати і розраховувати матеріальні і нематеріальні аспекти існування і діяти відповідно до них. Поглянувши на світ з точки зору інформації – безкрайніх просторів даних, людство отримало небувале представлення про навколишню дійсність.

Як наслідок заговорили про «науку управління», про прийняття рішень, виникли системи планування, технічної підготовки виробництва. Корінний перелом у цьому паприку був пов'язаний із появою комп'ютера (1946) та кібернетики (робота Вінера 1948 р.).

Свій внесок зробила й подальша структуризація виробництва, виокремлення технологічних операцій, координація виробництва і пов'язані із цим теоретичні дослідження з планування, статистики, прийняття рішень.

В цілому передісторію інтелектуалізації і, зокрема, теорії штучного інтелекту за певними періодами можна відобразити у табл. 1.1 (символ → означає «по теперішній час»).

Таблиця 1.1

Передісторія інтелектуалізації та штучного інтелекту

Період розвитку		Наука	Напрямки
з	по		
428 р. до н.е.	→	Філософія	Логіка, методи міркування, розум як фізична система на принципах навчання, мова, раціональність
800 р.	→	Математика	Формальне представлення, алгоритми, обчислення, розв'язність задач, теорія імовірності
1776 р.	→	Економіка	Практичні цілі, теорія рішень
1861 р.	→	Неврологія	Фізична основа розумової діяльності
1879 р.	→	Психологія	Явища сприйняття і моторний контроль, експериментальні техніки
1940 р.	→	Обчислювальна техніка	Високошвидкісні комп'ютери
1948 р.	→	Теорія управління і кібернетика	Проектування систем, що максимізують мету функціонування
1957 р.		Лінгвістика	Представлення знання, граматики

Упродовж XX ст. теорія систем, системний аналіз, теорія штучного інтелекту одержали розвиток під впливом досягнень як класичних галузей науки (математика, фізика, хімія, біологія, історія й ін.), так і неklasичних областей (сінергетика, інформатика, когнітологія, теорія нелінійної динаміки й динамічного хаосу, катастроф, нейроінформа-

тика й ін.), а також сучасного розвитку техніки і технологій. Ці досягнення пов'язані з такими іменами, як А. Тюрінг, Н. Вінер, Е. Ешбі, А.А. Ляпунов, Р. Акофф, І. Блауберг, Л. Бріллоєн, М. Бусленко, Д. Гвішіані, Дж. ван Гіг, В.М. Глушков, М. Месарович, Д. Поспелов, С. Янг, Г. Саймон, С. Мортон, Р. Спраг, Д. Пауер і чимало інших.

Сучасна історія штучного інтелекту за певними періодами відображена у табл. 1.2 (символ → означає «по теперішній час»).

Таблиця 1.2

Сучасна історія штучного інтелекту

Період розвитку		Події і досягнення
з	по	
1943 р.	1955 р.	Передумови штучного інтелекту
1956 р.		Народження штучного інтелекту (Dartmouth meeting, термін "Artificial Intelligence")
1952 р.	1969 р.	Ранній ентузіазм, великі очікування
1966 р.	1973 р.	Зіткнення з реальністю (штучний інтелект виявляє обчислювальну складність, дослідження нейронних мереж майже зникають)
1969 р.	1979 р.	Системи, ґрунтовані на знаннях, сподівання, що вони можуть стати ключем до успіху
1980 р.	→	Перетворення штучного інтелекту на індустрію
1986 р.	→	Повернення до нейронних мереж
1987 р.	→	Перетворення штучного інтелекту на науку
1995 р.	→	Поява підходу, ґрунтованого на використанні інтелектуальних агентів
2003 р.	→	Штучний інтелект рівня людини знову на порядку денному

Передумови штучного інтелекту пов'язані з роботами МакКалока і Пітса (McCulloch & Pitts) щодо логічної циклічної моделі мозку (1943 р.), а також праця Тюрінга (Turing) «Computing Machinery and Intelligence» (1950 р.).

Ранній ентузіазм і великі очікування викликали перші дослідження нейронних мереж, виконані Мак-Калокком (1956 р.) та Фр. Розенблаттом (1962р.). Розенблатт створив нейронну мережу, яка моделювала роботу системи людського зору – «око-зоровий центр мозку» – і отримала назву *перцептрон* (від латинського слова «perceptio» – сприйняття).

Суттєвий внесок в становлення нової науки внесли такі вчені, як Дж. Маккарті, автор першої мови програмування для задач штучного інтелекту ЛІСП, яка була розроблена в Стенфорді під його керівництвом на початку 60-х років, та М. Мінський (Масачусетський технологічний інститут), автор ідеї та винахідник фрейму та фреймової моделі представлення знань.

У середині 60-х та 70-х років проводились інтенсивні пошуки моделей та алгоритмів, здатних розв'язувати інтелектуальні творчі задачі. В 60-і роки народилась ідея лабіринтного пошуку, з'явилися перші програми для гри в шахи та шашки, алгоритм Робінсона (Robinson) для логічного

міркування. 60-70-і роки – це епоха розвитку евристичного програмування. Родоначальниками цього цікавого напрямку були вчені А. Ньюелл (A. Newell), Г. Саймон та Дж. Шоу (John Clifford Shaw), які розробили систему доказу теорем Logic Theorist та систему GPS (General Problem Solver) – загальний розв’язувач задач. Ця система була з успіхом застосована для пошуку доведень теорем з евклідової геометрії на основі системи аксіом. На початку 70-х років з’явилася ще одна нова мова, здатна скласти конкуренцію ЛІСПу при реалізації систем, орієнтованих на знання, – мова ПРОЛОГ (розроблена в Марсельському університеті в 1971 р.).

Приблизно в цей же час суттєвий прорив в галузі ШІ було зроблено, коли на зміну пошуку універсальних алгоритмів мислення виникла ідея моделювати конкретні знання фахівців-експертів. В США з’явилися перші експертні системи, що базуються на знаннях – MYCIN (1976) та DENDRAL (1978), в результаті чого виник та почав застосовуватися новий підхід до розв’язання задач ШІ, заснований на представленні знань.

Окремі напрямки ШІ розвивалися в Японії, де в результаті було створено перший нейрокомп’ютер та перші інтелектуальні роботи.

Ці дослідження невдовзі привели до низки ефективних результатів. 1991 року під час Війни затоки (Gulf War) військові США розгортають систему логістичного планування та розкладу на основі методів штучного інтелекту, що контролювала до 50,000 транспортних засобів, вантажів та людей.

1997-го комп’ютер Deep Blue завдав поразки пануючому на той час шаховому чемпіонові світу Гаррі Каспарову. Система Proverb розв’язує головоломки кросворду краще, ніж більшість людей. У 2016-му програма AlphaGo виграв матч у Лі Седоля, одного з найсильніших професійних гравців світу в гру го. З застосуванням програми доведено математичну здогадку (здогадка Робінсона), що була невіршеною впродовж десятиліть.

«Без рук через Америку» (Look, Ma, no hands!) – транспортний засіб проїхав, управляючись автономно 98% маршруту від Пітсбургу до Сан Дієго. Бортова автономна плануюча програма NASA управляє діями космічного літального апарату.

Що стосується наших теренів, то роботи у напрямку штучного інтелекту передусім були пов’язані з Московським університетом ім. Ломоносова, де 1954 року почав працювати перший семінар «Автомати і мислення» під керівництвом академіка А.А. Ляпунова. В 1974 році створено Наукову Раду з проблеми штучного інтелекту при Президії АН СРСР, яку очолив академік Г.С. Поспелов.

В 80-і роки проводяться активні дослідження в галузі експертних систем. Одночасно радянський математик Ю.С. Маслов зробив вагомий

внесок у розвиток логічного висновку, запропонувавши метод зворотного висновку, який дозволяє знайти рішення логічних задач, рухаючись від кінця (наслідку) до початку (посилання). В 1988 році створено асоціацію штучного інтелекту в СРСР, яку очолив Д. О. Поспелов.

В Україні наукові дослідження у сфері штучного інтелекту сконцентрувалися в Інституті кібернетики НАНУ. У 1970-80 рр. проводяться роботи щодо нових методів, алгоритмів розпізнавання зображень (професори В.А. Ковалевський, М.І. Шлезінгер, В.І. Рибак), розпізнавання мовних сигналів (професор Т.К. Вінцюк), навчання та самонавчання розпізнаючих систем (академік НАНУ О.Г. Івахненко та його учні). Праці О.Г. Івахненко також присвячені створенню принципово нового методу індуктивного моделювання складних систем – метод групового урахування аргументів (МГУА). Проблемами моделювання мислення та психіки займався академік М.М. Амосов. Внесок в галузь нейронних мереж та нейрокомп'ютерів зробили Е.М. Куссуль, О.М. Різник (Інститут проблем математичних машин і систем НАН України) та інші. Також у цій царині необхідно відзначити внесок докторів наук Л.С. Ямпольського (НТУУ КПІ), Е.В. Бодяньського (ХНУРЕ). На розробку інтелектуальних систем планування дій були направлені дослідження професора В.П. Гладуна.

В наші часи дослідження з розвитку СППР проводяться в Інституті математичних машин і систем під керуванням члена-кореспондента НАНУ А.О. Морозова. Розвідки щодо моделювання соціальних об'єктів проводяться в Інституті прикладного системного аналізу (ІПСА) НТУУ КПІ (академік Згуровський М.З., доктори наук Панкратова Н.Л., Бідюк П.І, Зайченко Ю.П.).

Контрольні запитання

1. Що на сьогодні є найважливішою складовою процесів прийняття рішення?
2. Що таке інтелектуалізація інформаційних систем?
3. У чому полягають переваги інтелектуальних систем?
4. Які напрямки штучного інтелекту застосовуються для інтелектуалізації інформаційних систем?
5. Що на сьогодні можна віднести до основних інтелектуальних технологій?



Якщо ви ледачий і не дуже кмітливий комп'ютерник, машинне навчання для вас – ідеальна спеціальність, тому що алгоритми, що навчаються, зроблять всю роботу самі, а вам дістануться лише лаври. З іншого боку, алгоритми, що навчаються, можуть залишити нас без роботи, і заслужено.

*Педро Домінгос,
один з провідних світових дослідників
в області машинного навчання*

*Основні підходи. Системи, що ґрунтуються на знаннях.
Напрямки застосування засобів
штучного інтелекту.
Міфи, очікування та реалії
інтелектуалізації*

2.1. Основні підходи

З попереднього розділу витікає важливий висновок, що розвиток інтелектуальних систем тісно пов'язаний з роботами та дослідженнями у напрямку штучного інтелекту, спробами різними шляхами реалізувати аналог мислення людини.

Нині при побудові інтелектуальних систем (ІнС) і виборі методу представлення знань використовуються різні підходи або їх комбінації, а саме:

- структурний;
- логічний;
- еволюційний;
- імітаційний.

Структурний підхід. Назва структурного підходу пов'язана із спробами побудови ІнС шляхом моделювання на комп'ютері структури людсь-

кого мозку, що включає моделі нейронів мозку і нейронних мереж. Однією з перших таких реалізацій структурного підходу став простий перцептрон Розенблатта, запропонований ним і досліджений у 1957-1959 рр. для розпізнавання зорових образів. Пізніше цей напрям розвинувся в теорію розпізнавання образів і штучні нейронні мережі, і вважається одним з перспективніших напрямів створення ІНС.

Однак тут є чимало проблем. Відповідно до сучасних уявлень мозок людини складається приблизно з 10 мільярдів нервових клітин – нейронів. Для моделювання (навіть не дуже точного) одного нейрона потрібні досить складні електронні схеми, а для прояву більш-менш цікавих для практики інтелектуальних властивостей потрібно створювати ансамблі з велими значної кількості нейронів. Вченими японських і німецьких наукових центрів була створена модельна мережа, що складається з 1,73 млрд. нервових клітин і 10,4 трлн синапсів (засобів з'єднання клітин). Імітація однієї секунди активності навіть на такій моделі, приблизно еквівалентній 1% реального мозку людини, потребувала 40 хвилин машинного часу одного з самих швидкодіючих суперкомп'ютерів!

Крім того, структурування моделі мозку до рівня нейронів, як виявляється, ще не гарантує успіху. Так, наприклад, Говард Гарднер – американський психолог, автор теорії множинного інтелекту, що стала класичною, вважає, що людина має не єдиний інтелект (так званий «загальний інтелект»), а низку відносно незалежних здібностей! Серед останніх, на думку автора, критеріям інтелекту відповідають лінгвістичний, музичний, логіко-математичний, просторовий, тілесно-кінестетичний, внутрішньо-особовий і між-особовий інтелекти. Моделювання цих інтелектуальних можливостей, що взаємодіють, на структурному рівні є задачею вельми нелегкою.

Логічний підхід. Цей підхід є найбільш поширеним. Його виникнення пов'язане безпосередньо із здібностями людини до розвинутого логічного мислення, що відрізняє його принципово від тварин. Основи логічного підходу почали розвиватися від логіки Аристотеля, числення висловлювань і булевої алгебри. Фактично усі побудовані на логічному принципі ІНС реалізують так звані «машини доказу теорем». Кожна така машина має блок генерації мети і систему висновку, що намагається довести цю мету як теорему. Класичний логічний підхід для більшості реальних задач характеризується великою трудомісткістю з-за можливого повного перебору варіантів під час пошуку доказу.

Еволюційний підхід використовується також досить широко при побудові ІНС. У цьому підході основна увага приділяється побудові початкової моделі і правилам, за якими вона може змінюватися (еволюціонува-

ти). При цьому модель може бути складеною з використанням найрізноманітніших методів, включаючи нейронні мережі, набори логічних правил і будь-які інші моделі. Окрім правил в програмі визначаються також критерії оцінки якості кожного варіанту. Нині цей напрям отримав розвиток під назвою «генетичні алгоритми». Це алгоритм, що оперує з популяцією індивідів $P(t) = \{x_1(t), \dots, x_n(t)\}$, де $t = 1, 2, \dots$ номер ітерації. Розроблено чимало різних модифікацій генетичних алгоритмів, що утворюють цілий клас методів. До цього класу можна віднести і так званий метод групового урахування аргументів (МГУА), який активно пропагувався в нашій країні академіком А.Г. Івахненком ще у 80-х рр. минулого століття. Сучасні вдосконалені робочі варіанти генетичних алгоритмів дозволяють у ряді випадків отримувати досить ефективні результати при розумному обмеженні множини допустимих наборів варійованих операторів.

Підхід, що ґрунтується на введеному американським кібернетиком У.Р. Ешбі класичному базовому понятті кібернетики «чорного ящика» є імітаційними (рис. 2.1). Модель об'єкту дослідження будується на основі його поведінки, реакцій на дії, що надходять ззовні на його входи, характеризує зв'язки між реакціями і діями, що викликали їх, і зовні імітує здатність людини копіювати поведінку інших, не розуміючи, як це відбувається і чому. Основним недоліком імітаційного підходу (як і еволюційного) є низька інформаційна здатність більшості побудованих моделей (у сенсі розуміння структури і параметрів моделі «внутрішнього» устрою чорного ящика).

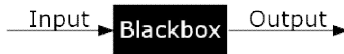


Рис. 2.1. Модель «чорного ящика»

Необхідно зазначити, що при побудові систем штучного інтелекту для управління в технічних системах класична модель чорного ящика використовується дуже рідко. Про реальні технічні об'єкти і системи зазвичай все ж є та або інша апріорна і поточна інформація. Тому в застосуваннях ШІ до технічних систем частіше розглядають так звані «сірі», або навіть «білі» ящики. Наявність тих або інших знань і даних про сам об'єкт ще не гарантує можливість гарного управління об'єктом. По-перше, будь-яке знання і будь-яка модель завжди лише приблизно відображають реальний об'єкт. По-друге, потрібні знання про збурення, що можливо діють на об'єкт і, нарешті, необхідно мати або уміти формувати цілі інтелектуальної системи для різних рівнів управління.

Комбінаційний підхід. На верхніх рівнях управління для прийняття рішень частіше використовуються логічні підходи. Завданнями систем нижніх рівнів управління є забезпечення їх взаємодії із зовнішнім середовищем отримання і первинна обробка інформації і формування реакцій системи залежно від рішень, прийнятих на верхніх рівнях. Тому в системах нижнього рівня, де відбувається обробка первинної інформації, частіше використовується комбінація структурного, еволюційного і імітаційного підходів.

Природно, вказані підходи виникли не раптово, а поступово розвиваючись на основі певних теоретичних гіпотез. При цьому можна виділити певні етапи становлення, а саме: евристичний пошук, експертні системи, гібридні інтелектуальні системи, включаючи системи м'яких і інтелектуальних обчислень, штучні агенти і багатоагентні системи, онтології, інтелектуальні середовища. Що ховається за цими етапами?

Як вказувалося, перші дослідження можливостей інтелектуалізації були пов'язані з аналізом ігор, які можуть породжувати надзвичайну кількість просторів станів. Для пошуку в них потрібні потужні методики, що визначають, які альтернативи слід розглядати. Такі методики називають евристичними і складають значну область досліджень ШІ. Прикладом евристики може бути рекомендація перевіряти, чи включений прилад в розетку, перш ніж робити припущення про його поломку, або виконувати рокіровку в шаховій грі, щоб спробувати уберегти короля від шаху. Велика частина того, що ми називаємо розумністю, мабуть, спирається на евристики, які люди використовують у вирішенні завдань.

Евристика – стратегія корисна, але потенційно здатна упустити правильне рішення. Тому зусилля були направлені на спроби накопичення в комп'ютері знань людей-фахівців з певної області, які потім можна використовувати для прийняття рішень, що привело до створення експертних систем.

Але ці системи також не позбавлені недоліків, тому останніми роками інтенсивно розвиваються гібридні інтелектуальні системи, що дозволяють використати переваги традиційних засобів і методів штучного інтелекту, і, в той же час, подолати деякі їх недоліки. Прикладом гібридних ІНС служать гібридні експертні системи, що є інтеграцією експертних систем і нейронних мереж. Вони поєднують як знання, що формалізуються (в базах знань експертних систем), так і знання, що не формалізуються (у нейронних мережах).

Гібридні інтелектуальні системи працюють з невизначеністю, об'єднуючи такі області як нечітка логіка, нейронні мережі, імовірнісні міркування, еволюційні алгоритми та ін., які доповнюють один одного і використовуються в різних комбінаціях. Для оперування ними фактично було створено новий метод обчислювальної математики, який отримав назву «м'які обчислення». Цей термін був уведений американським вченим Лофті Заде у 1994 році.

Подальші намагання підсилити підтримку осіб, що приймають рішення, привели до створення методів і інструментальних засобів, що отримали назву інтелектуальних обчислень. До них, у першу чергу, відносяться обчислення, що базуються на онтологічному та когнітивному моделюванні.

Онтології були запропоновані Т. Грубером для декларативного подання знань і визначаються як бази знань спеціального виду, як «специфікація концептуалізації» предметної області. Когнітивне моделювання, першопрхідцем якого був Ван Хао, використовує подання у вигляді орієнтованих графів, що описують причинно-наслідкові зв'язки об'єктів і понять предметної області.

Подальші розвідки привели к тому, що погляди різних вчених на штучний інтелект стали усе більше відрізнятися, породжуючи різні підходи до проблеми. Одним з таких був прийнятий підхід, що знайшов чимало прихильників, згідно з яким інтелектуальність в основному пов'язана з раціональною діяльністю. В рамках цього підходу сформувався поняття агента і багатоагентних систем.

Агентом вважається все, що діє (слово агент пішло від латинського слова *agere* – діяти). Функція агента для штучного агента реалізується за допомогою програми агента, але вважається, що інтелектуальні агенти мають деякі інші атрибути, які відрізняють їх від звичайних «програм», такі як здатність функціонувати під автономним управлінням, сприймати своє середовище, адаптуватися до змін і мати здатність узяти на себе досягнення цілей, поставлених іншими. Агент, який діє так, щоб можна було досягти найкращого результату (або найкращого очікуваного результату), отримав назву раціонального агента.

За визначенням В.К. Фінна (радянського вченого) агента (або інтелектуального робота) можна розглядати як когнітивну систему, що має можливість дії після прийняття рішення. Тоді загальна структура інтелектуального агента відповідає наступній схемі (рис. 2.2):

інтелектуальний агент = підсистема сприйняття +
+ інтелектуальна система + підсистема дії.

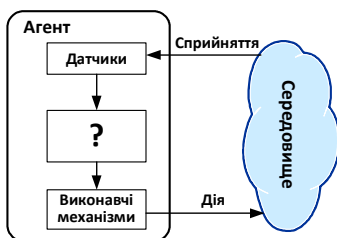


Рис. 2.2. Взаємодія агента з середовищем

З цього випливає визначення для інтелектуального середовища:
інтелектуальне середовище = розподілена система сприйняття параметрів фізичного середовища + інтелектуальне ядро + розподілена система дії на фізичне середовище.

Розподіленість інтелектуального середовища реалізується сукупністю агентів (багатоагентністю). Багатоагентна система (*Multi-agent system* – *МАС*) – це система, утворена декількома взаємодіючими інтелектуальними агентами. Багатоагентні системи є перспективною технологією на принципах самоорганізації та самонавчання. Вони виявилися новою концептуальною парадигмою для аналізу задач та синтезу систем, багатообіцяючим підходом до подолання проблем, пов'язаних зі складністю, розподіленістю та інтерактивністю.

Багатоагентні системи вже зараз успішно використовуються у різних областях діяльності. Зазвичай в них під агентом розуміється мобільний робот (*mobile robot*), безпілотний літальний апарат (*unmanned flying vehicle*) або автономний підводний апарат (*autonomous underwater vehicle*), що в основному займаються збиранням інформації про середовище, що оточує.

2.2. Системи, що ґрунтуються на знаннях

Знання на сьогодні є найважливішим активом сучасного підприємства (організації). Знання – це інформація в контексті, здатна спонукати до дій розуміння. Розділяють дві основні категорії знання – явне і приховане. Явне знання може бути описаним на формальній мові і передане іншим людям, зокрема й в пам'ять автоматизованої системи, а приховане може бути охарактеризоване як персональне знання, пов'язане з особистим досвідом і такими невідчутними чинниками, як особисті переконання, перспективи і цінності.

Для чого потрібні знання в інтелектуальних системах? Передусім, системи на знаннях є перспективними для реалізації верхніх (високо-інтелектуальних) рівнів управління, там, де приймаються рішення (рис. 2.3).

Адже в сучасних умовах складність проблем, що вирішуються в сфері управління постійно зростає, а зв'язки між причинами і наслідками усе далі відсуваються від поняття порядку в сферу зростання складності і навіть хаосу (рис. 2.4).

Внаслідок цього для прийняття рішень потрібно усе більше знань. У процесі прийняття рішення особа використовує реальні знання, тобто ті, що є в неї в наявності.

2. Підходи до побудови інтелектуальних систем

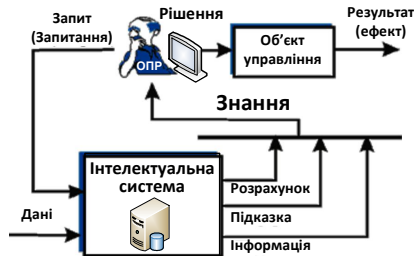


Рис. 2.3. Використання знань в інтелектуальних системах



Рис. 2.4. Зв'язки між причинами і наслідками в сфері прийняття рішень

Але знання, потрібні для вирішення проблеми, можуть знаходитись й в інших станах (рис. 2.5). Вони можуть представляти так звані «сліпі плями», коли ОПР знає, що в нього не вистачає деяких знань для розв'язання задачі. Найгірший варіант, коли ОПР й не знає, що десь є знання, які йому є такими необхідними (невідомі «сліпі плями»). Образливо, коли потрібні знання є, але особа про це й не знає. Ефективна інтелектуальна система саме й призначена для того, щоб допомогти особі-користувачу подолати ці перепони.

Для того, щоб користуватися знаннями, необхідно навчити комп'ютерні системи маніпулювати ними. В рамках цього напрямку створюються засоби отримання (добування) знань від фахівців-експертів і поповнення баз знань, вивчаються системи класифікації знань, розробляються процедури узагальнення знань і формування на їх основі понять. Також створюються методи правдоподібного виведення нових знань на основі наявних з використанням різних правил висновку. Даний напрямок глибоко пов'язаний, у першу чергу, із створенням, експертних систем.

Системи, що ґрунтуються на знаннях, можливо класифікувати наступним чином:

- системи, що ґрунтуються на правилах;
- системи, що ґрунтуються на методах автоматичного доказу теорем;
- системи, що ґрунтуються на автоматичному гіпотезуванні;
- системи, що ґрунтуються на міркуваннях по аналогії;
- об'єктно-орієнтовані системи.



Рис. 2.5. Стани знання в особі, що приймає рішення

Найпоширенішими є системи, що ґрунтуються на правилах, які поділяються на:

- системи на базі продукційних правил (типу «якщо виконується умова А, тоді роби В, інакше роби С»);
- системи на нечітких правилах, що формулюються в зручних для людини якісних термінах, а саме в термінах нечітких понять (багато, мало, добре, погано, невідомо, і т.ін.);
- системи логічного програмування.

Для визначення формальних систем важливим є поняття логічного висновку. Для цього необхідно задати:

- 1) мову системи, в якій визначається алфавіт мови як деяка множина символів і правил побудови з символів цього алфавіту елементів мови, що називаються формулами визначуваної мови;
- 2) аксіоми системи, що виділяються як деякі з формул мови формальної системи;
- 3) правила висновку системи.

2.3. Напрямки застосування засобів штучного інтелекту в інтелектуальних системах

Напрямки застосування засобів ШІ в інтелектуальних системах визначаються задачами моделювання основних функцій людського інтелекту (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Задачі моделювання функцій людського інтелекту

Розпізнавання образів. Задача розпізнавання образів відноситься до задач класифікації і передбачає складання описів об'єктів і правил, що визначають по цих описах приналежність об'єктів до тих або інших класів. Поняття образу в цьому визначенні еквівалентно поняттю класу.

При розпізнаванні зорових образів в разі простих (не складених) образів найбільше застосування отримує метод порівняння з еталонами. На практиці найчастіше застосовується прийом, коли заздалегідь можна виділити контури спостережуваного об'єкту і здійснювати порівняння також з контурною проекцією еталону.

Іншим важливим напрямком є *розпізнавання і генерація мовної інформації*. Ця задача має два боки – фізичний і смисловий. З одного боку, подібно до того, як письмова мова представляється послідовністю букв, усна мова може бути представлена у вигляді послідовності елементарних звуків, що отримали назву фонем, які оцифровуються і записуються у пам'ять комп'ютера. Задача автоматичного розпізнавання мови незрівнянно складніша за задачу її автоматичної генерації (синтезу) і розв'язується поки що на рівні, що поступається можливостям людського слуху і мозку.

Планування цілеспрямованих дій. Важливою для інтелектуальних систем є й задача моделювання функції людського інтелекту, що полягає у плануванні цілеспрямованих дій. Вона може виникати як в статичному

вигляді, коли мета в процесі її досягнення не змінюється, так і в динамічному, коли мета змінюється. Таку задачу інколи називають задачею цілеполагання. Розв'язання задачі зводиться до пошуку найкоротшого шляху на графі, що описує шляхи до мети. Зазвичай використовуються алгоритми пошуку у ширину, що простіше, або у довжину графа, що більш притаманне мисленню людини, послідовним дослідженням вершин графа. В складних задачах планування цілеспрямованої поведінки великого значення набувають різного роду евристичні прийоми (зазвичай сформовані в результаті набутого досвіду) постановки досить крупних проміжних цілей і використання методів досягнення цілей, що застосовуються не до кінцевих, а саме до цих проміжних цілей. Саме так поступає, наприклад, шахіст, який шукає шляхи до виграшу партії, вирішуючи проблеми конкретної ситуації на шахівниці у певній стадії гри.

Для інтелектуальної підтримки прийняття рішень часто є корисним *моделювання ігрових задач*. В цих задачах процес проведення гри – це процес послідовного розгортання учасниками гри деякого шляху на графі можливих станів гри. Оскільки глибина дерева (графу) гри зазвичай є великою, то повне перебирання можливих шляхів вимагає занадто багато часу. У зв'язку із цим використовують так звані оцінні функції, що оцінюють аналізовані завершальні (для даного рівня перебору) позиції і вибирають черговий хід так, щоб при будь-яких можливих продовженнях мінімальне значення цільової функції («проміжного виграшу» гравця, що робить хід) було б максимальним.

Зрозуміло, що розв'язання перерахованих задач неможливе без застосування відповідних математичних методів, які були сформовані у процесі досліджень питань моделювання штучного інтелекту. В ІнС знайшли застосування такі сьогодинні методи, як, перед усім, методи нейронних мереж, методи евристичної самоорганізації, генетичні алгоритми, а також методи байесових мереж, моделі марковського типу, зокрема приховані марковські моделі, метод групового урахування аргументів, лінгвістичне моделювання та ін.

Контрольні запитання

1. Які підходи нині використовуються при побудові інтелектуальних систем?
2. У чому полягають переваги гібридних інтелектуальних систем?
3. Які атрибути відрізняють інтелектуальні агенти від звичайних програм?
4. Які задачі моделювання основних функцій людського інтелекту визначають напрямки застосування засобів штучного інтелекту в інтелектуальних системах?
5. У чому користь моделювання ігрових задач для інтелектуальної підтримки прийняття рішень?



*З тих пір, як існує всесвіт, такого немає,
хто б не потребував знання.
Яку не візьмемо ми мову і яке століття,
завжди людина прагне до знання.*

*Рудакі,
стародавній перський
і таджицький поет*

*Поняття даних, інформації і знань.
Основні поняття інженерії знань.
Представлення знань.
Основні аспекти і методи одержання
знань.*

3.1. Дані, інформація, знання

Розглядаючи інтелектуальні системи варто зосередити увагу на наступному питанні: чим же відрізняється поняття «знання» від понять «дані» або «інформація»?

Останнім часом учені прийшли до висновку, що нас оточує інформаційне середовище (інформаційне поле), і разом з речовиною і енергією інформація є об'єктивно існуючою невід'ємною частиною матеріального світу, що характеризує його впорядкованість (неоднорідність), або структуру. З точки зору сприйняття цього поля людиною і опрацювання інформації в автоматизованих системах – як допоміжного інструменту людини, елементи інформаційного поля можна представити рис. 3.1.

Передусім необхідно зазначити, що інформація розглядається у двох аспектах – у широкому розумінні і в вузькому. Інформація у широкому розумінні – це будь-які відомості, які можуть бути отримані людиною. Інформація у вузькому розумінні – це оброблені, структуровані дані.

Якщо інформаційні елементи не становлять інтересу для конкретної людини, вони визначаються як інформаційний шум і, фактично, людиною

не сприймаються. Шум є потенційним джерелом для інформації у широкому розумінні. У свою чергу дані – це окремі факти, які характеризують об’єкти, процеси і явища предметної області, що оточують людину, та їх властивості (слово *data* в перекладі з латинського саме й означає «даність», тобто «факт»). Дані є потенційними джерелами інформації у вузькому розумінні. Дані, згруповані у бази даних автоматизованих систем, представляють інформацію цих систем і є потенційним джерелом знань.

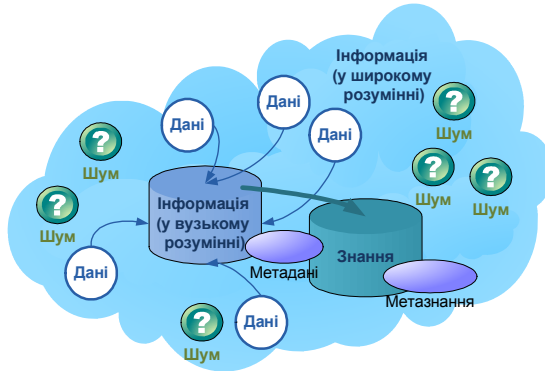


Рис. 3.1. Інформація, дані, знання

Сьогодні дані відносять до деякого процесу, який дозволяє їх записувати, аналізувати й переупорядковувати. Поки не придуманий відповідний термін для позначення такого роду перетворень, але дехто називає їх «датифікацією», під якою мається на увазі процес представлення явищ в кількісному форматі.

Метадані – це «дані про дані», добре структуровані інформаційні елементи (у вузькому розумінні), які визначають здатність використовувати інформацію і є елементами знань.

Знання (*Knowledge*) – це закономірності предметної області (принципи, зв’язки, закони), отримані в результаті теоретичної і практичної діяльності, а також професійного досвіду, які дозволяють робити постановки задач і розв’язувати їх в даній конкретній предметній області. Знання – це сприйнята живою істотою (суб’єктом) інформація із зовнішнього світу, і тому на відміну від інформації знання є суб’єктивним. Воно залежить від особливостей життєвого досвіду суб’єкта, його історії взаємовідношення із зовнішнім середовищем, тобто від особливостей процесу його навчання або самонавчання. Отже знання є складним поняттям, і його вивченням займається окрема наука – епістемологія.

Знання як формалізована система суджень є основним терміном теорії штучного інтелекту. Часто знання в комп'ютерних системах визначають як відношення між елементами даних. Знання отримують в результаті застосування до початкових даних (декларативної інформації) деяких методів обробки з використанням зовнішніх процедур.

Метазнання – «знання про знання» – визначають можливість реалізації процесу їхньої інтерпретації та планування логічного висновку (формалізована система, що дозволяє виправляти або доповнювати знання системи). Метазнання (повні) про предметну область отримали назву онтологія.

3.2. Основні поняття інженерії знань

Основні труднощі в розробці інтелектуальних систем пов'язані із проблемою добування й структурування знань. Саме ці питання досліджує наука за назвою – інженерія знань (*knowledge engineering*), яка розглядається в якості застосування методів штучного інтелекту. Інженерія знань – напрямок досліджень і розробок в області інтелектуальних систем, що ставить за мету розробку моделей, методів і систем для одержання, структурування й формалізації знань фахівців (експертів) з метою проєктування баз знань. Часто інженерією знань називають власне процес створення систем, основою яких є бази знань, наприклад, експертних систем.

В інженерії знань розрізняють три основні поняття (рис. 3.2): одержання, або витягання, добування знань (*knowledge extraction, knowledge elicitation*); представлення, або подання знань – (*knowledge representation*); придбання знань (*knowledge receipt*).



Рис. 3.2. Три основні поняття інженерії знань

Одержання знань – це процес взаємодії аналітика (інженера по знаннях) із джерелом знань (експертом), або вивчення аналітиком спеціальної літератури, у результаті чого стає явним процес міркувань фахівця при прийнятті рішення, з'ясується структура його уявлень про предметну область та відбувається ознайомлення аналітика з особливостями предметної області, що розглядається. При цьому більшість розроблювачів інтелектуальних систем відзначає, що процес добування знань залишається найвужькішим місцем при побудові систем, адже їм приходиться зіштовхуватися із значною кількістю труднощів.

Процес добування знань – це тривала й трудомістка процедура, у якій інженерові по знаннях, який має бути обізнаним з когнітивною психологією, системного аналізу, математичної логіки й ін., необхідно відтворити модель предметної області, якою користуються фахівці (експерти) для прийняття рішення.

Представлення знань – це перетворення досвіду вирішення проблем, отриманого від джерела знань (експерта, літератури), у вигляд, який дозволяє використовувати ці знання в автоматизованій системі. Ця передача знань пов'язана передусім з формалізацією знань, тобто описом їх з застосуванням відповідних математичних моделей. Також на цьому етапі відбувається процес заповнення бази знань з використанням спеціалізованих програмних засобів. Більшість з цих інструментальних засобів спеціально орієнтовані на конкретні системи з жорстко позначеною предметною областю й моделлю подання знань.

Придбання знань, або формування знань через машинне навчання (*machine learning*) – це процес аналізу даних і виявлення схованих закономірностей з використанням спеціального математичного апарату та програмних засобів. Традиційно до задач формування знань відносяться задачі прогнозування, ідентифікації (синтезу) функцій, розшифровки мов, індуктивного висновку й синтезу з додатковою інформацією та ін. Цей процес формування знань і пошук закономірностей отримав назви *Data mining* й *Knowledge discovery*.

3.3. Представлення знань

Представлення, або подання знань пов'язане з формалізацією знань для подальшого використання в інтелектуальній системі. Теорія подання знань є окремою областю досліджень, тісно пов'язаною з філософією формалізму й когнітивною психологією. Предмет дослідження в цій області – це методи асоціативного зберігання інформації, подібні тим, які

існують у мозку людини. При цьому основна увага, природно, приділяється логічному, а не біологічному боку процесу, вилучаючи подробиці фізичних перетворень. Одна з проблем полягає у тому, що подання повинне якимось способом «стандартизувати» семантичне розмаїття людської мови. Ось, наприклад, маємо кілька речень: «Степан – батько Бориса», «Степан – Бориса батько», «Бориса батько – Степан», «Батьком Бориса є Степан». Усі ці фрази відбивають одну й ту саму думку, тобто є семантично ідентичними. Для подання в базі знань вони повинні бути приведеними до єдиної стандартизованої форми.

Центральним поняттям на стадіях одержання й структурування знань є так назване поле знань. Поле знань – це умовний неформальний опис основних понять предметної області і взаємозв'язків між ними, виявлених із знань експерта, представлений у вигляді графа, діаграми, таблиці або тексту. Поле знань, як перший крок від структурування до формалізації, представляє модель знань про предметну область у тому виді, у якому її зумів виразити аналітик (інженер по знаннях) на деякій «власній» мові.

Концептуальну структуру поля знань називають онтологією предметної області. Вона включає впорядковані поняття предметної області і моделює основні функціональні зв'язки або відношення між поняттями, що утворюють концептуальну структуру.

В області штучного інтелекту ведеться інтенсивна робота зі створення мов (моделей) подання знань (*representation languages*). Під цим терміном розуміються комп'ютерні мови, орієнтовані на організацію описів об'єктів і ідей, на протипагу статичним послідовностям інструкцій або зберіганню простих елементів даних. На цей час знайшли застосування мови, загальна класифікація яких показана на рис. 3.3.

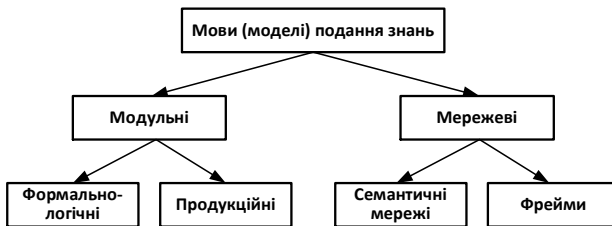


Рис. 3.3. Загальна класифікація мов подання знань

Найпоширенішими, такими, що використовуються в більш ніж 80% інтелектуальних систем є продукційні моделі, або модель, заснована на

правилах (*rule-based*). Продукційна модель дозволяє представити знання у вигляді висловлювань типу «якщо (умова), тоді (дія)». Під «умовою» (антецедентом) розуміється деяка пропозиція-зразок, за якої здійснюється пошук у базі знань, а під «дією» (консеквентом) – дії, що мають виконуватися при успішному результаті пошуку. Ці дії можуть бути проміжними, що виступають далі як умови наступних правил, і термінальні, або цільові, що завершають роботу системи. Невід’ємною частиною систем, що ґрунтуються на правилах, є методи реалізації механізму логічного висновку, тобто аналізу послідовності правил.

Переваги продукційної моделі полягають у наочності, модульності, простоті внесення доповнень та змін, а також чіткості механізму логічного висновку. Недоліками продукційної моделі є неясність взаємних відношень правил, складність оцінки цілісного образу знань, відмінність від людської структури знань.

Основна ідея формально-логічного підходу при побудові моделей представлення знань пов’язана із тим, що вся необхідна інформація розглядається як сукупність фактів і тверджень, які представляються формулами в деякій математичній логіці. Використання класичних апаратів логіки, методи яких досить добре вивчені і формально обґрунтовані, є безумовною перевагою цих моделей. Водночас на практиці вони застосовуються не дуже часто внаслідок того, що вони висувають занадто високі вимоги до формалізації предметної області і накладають на цей процес сильні обмеження.

Більш привабливими є мережеві моделі (семантичні і фреймові), перевагами яких є те, що вони краще інших відповідають сучасним уявленням про організацію довгострокової пам’яті людини і, таким чином, мають психологічне обґрунтування.

Семантична мережа – це орієнтований граф, вершинами якого є поняття предметної області, а дуги – відношення між ними. У свою чергу фрейм – це формалізоване відображення образу поняття, як правило, у вигляді таблички. Фрейми поєднуються між собою зв’язками, що в результаті утворює ієрархічну модель предметної області.

В цих моделях поняття – це, як правило, абстрактні або конкретні об’єкти предметної області, а відношення – це зв’язки наступних типів: «це» («*a kind of*» = *AKO*, «*is*»), «складає частину» («*has part*»), «належить» («*belongs*») та ін.

Проблема пошуку розв’язків в базі знань типу семантичної або фреймової мережі зводиться до задачі пошуку фрагмента мережі, який відповідає деякій підмережі, що відображає поставлений запит до бази знань.

На базі семантичних мереж будуються системи, що навчаються. Широко використовуваною технологією для навчання є нейромережі.

Недоліки цих моделей полягають в складності організації процедури пошуку у процесі висновку, ускладнення керування завершеною і сталістю цілісного образу предметної області.

3.4. Основні аспекти і методи інженерії знань

Отже ключовою проблемою основної стратегії одержання знань є безпосереднього добування знань «з пам'яті експерта». Відомо, що втрати інформації при розмовному спілкуванні є значними. Тому прагнення й вміння спілкуватися характеризує ступінь професіоналізму інженера по знаннях. Можна виділити три основних аспекти цього процесу: психологічний; лінгвістичний; гносеологічний.

Першорядним аспектом добування знань є психологічний, оскільки він визначає успішність й ефективність взаємодії інженера по знаннях (аналітика) з основним джерелом знань – експертом. Психологічний аспект виділяється ще й тому, що добування знань відбувається найчастіше в процесі безпосереднього спілкування розроблювачів системи й експертів, і неврахування психологічних особливостей можуть повністю звести нанівець навіть високий професійний потенціал розробників.

Лінгвістичний аспект стосується досліджень мовних проблем, тому що мова – це основний засіб спілкування в процесі добування знань. В інженерії знань виділяється як основний шар лінгвістичних проблем та званий «загальний код». Це деяка загальна мова, що необхідно виробити партнерам для успішної взаємодії, яку буде складатися з потоків, представлених на рис. 3.4.

Гносеологія – це розділ філософії, пов'язаний з теорією пізнання, або теорією відображення дійсності у свідомості людини. Гносеологічний аспект добування знань поєднує методологічні проблеми одержання нового наукового знання, оскільки при створенні БЗ експерт часто вперше формулює деякі закономірності, що до того моменту складали його особистий досвід.

Значний інтерес для інженерії знань може представляти *гештальтпсихологія*. Одним з її засновників є видатний німецький психолог М. Вертгеймер (1880-1943). Під гештальтом (нім. Gestalt) розуміється принцип цілісності сприйняття як основа мислення. Гештальтпсихологи намагаються у всьому виділяти якийсь цілісний образ або структуру як базис для розу-

міння процесів і явищ навколишнього світу. Для інженера по знаннях це означає, що, виявляючи різні фрагменти знань, він не повинен забувати про головний, про гештальт-фрагмент, що впливає на інші компоненти й зв'язує їх у деяку структурну одиницю.

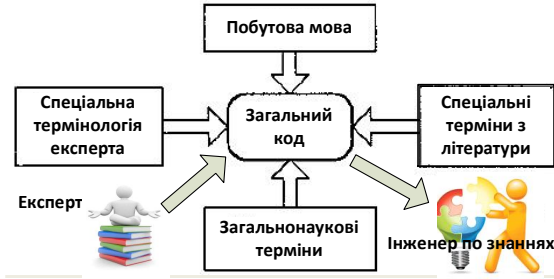


Рис. 3.4. Загальний код взаємодії при добуванні знань

Якими ж практичними методами можна одержати знання? У літературі згадуються близько 15 ручних (неавтоматизованих) методів добування й більше 20 автоматизованих методів одержання й формування знань. Розглянемо класифікацію методів добування знань (рис. 3.5).

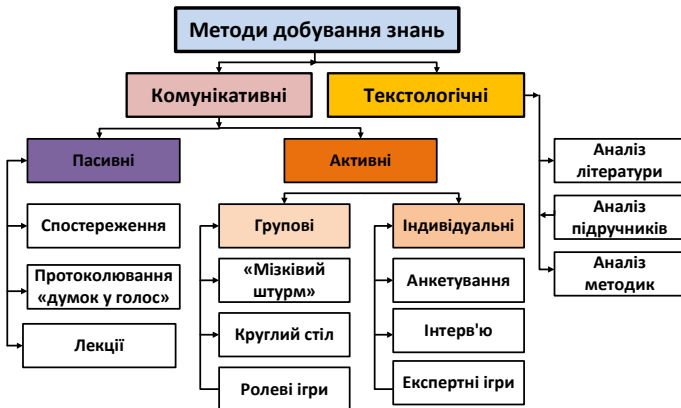


Рис. 3.5. Класифікація методів добування знань

При класифікації як основний принцип ділення виступає джерело знань – експерт або література. Відповідно всі методи поділяються на комунікативні і текстологічні. Комунікативні методи добування знань – це набір прийомів і процедур, що припускають контакт інженера по знаннях з без-

посереднім джерелом знань – експертом, а текстологічні включають методи добування знань із документів (методик, посібників, керівництв) і спеціальної літератури (статей, монографій, підручників).

Стосовно текстологічних методів необхідно зазначити, що цей спосіб завжди повинен передувати комунікативним методам, щоб підготувати аналітика й ознайомити його з термінологією і основними ідеями проблемної області. Група текстологічних методів поєднує методи добування знань, засновані на вивченні спеціальних текстів з підручників, монографій, статей, методик й інших носіїв професійних знань.

Задачу добування знань із текстів можна сформулювати як задачу розуміння й виділення змісту тексту. Сам текст природною мовою є лише провідником змісту, а задум і знання автора лежать у вторинній структурі (значеннєвій структурі, або макроструктурі тексту), що набувається над природним текстом. Текст не містить і не передає зміст, а є лише інструментом для автора тексту.

Розглядаючи центральну ланку процедури добування знання – розуміння тексту, доцільно згадати визначення німецького філософа й мовознавця Гумбольдта, що є класичним у текстології: «...Люди розуміють один одного не тому, що передають співрозмовникові знаки предметів, і навіть не тому, що взаємно налаштовують один одного на точне й повне відтворення ідентичного поняття, а тому, що взаємно зачіпають один у одного ті ж самі ланки ланцюга почуттєвих подань і зачатків внутрішніх понять, доторкаються до тих же клавіш інструменту свого духу, завдяки чому в кожного спалахують у свідомості відповідні, але не тотожні змісти».

Комунікативні методи можна також розділити на дві групи: пасивні і активні. Пасивні методи мають на увазі, що провідна роль у процедурі добування передається експертові. В активних методах, навпаки, ініціатива повністю знаходиться в руках інженера по знаннях.

Термін «пасивні» не повинен викликати ілюзій. У реальності пасивні методи потребують від інженера по знаннях не меншої віддачі, ніж активні методи. Пасивні методи добування знань включають методи, де провідна роль у процедурі добування фактично передається експертові, а інженер по знаннях тільки фіксує міркування експерта під час роботи із прийняття рішень. Відповідно до вище наведеної класифікації до цієї групи відносяться: спостереження; аналіз протоколів «думок уголос»; лекції.

У процесі спостережень інженер по знаннях перебуває безпосередньо поруч із експертом під час його професійної діяльності або імітації цієї діяльності. При підготовці до сеансу добування експертові необхідно пояснити мету спостережень і попросити максимально коментувати свої дії.

Під час сеансу аналітик записує всі дії експерта, його репліки й пояснення. Корисною може виявитися й відеозапис у реальному масштабі часу (якщо експерт на це погодиться). Неодмінна умова цього методу – невтручання аналітика в роботу експерта.

Сеанси спостережень можуть вимагати від інженера по знаннях оволодіння технікою стенографії для фіксації дій експерта в реальному масштабі часу; ознайомлення з методиками хронометражу для чіткого структування процесу за часом; розвитку навичок «читання по очах», тобто спостережливості до жестів, міміки й інших компонентів спілкування; серйозного попереднього знайомства із предметною областю, тому що через відсутність «зворотного зв'язку» іноді багато чого залишається незрозумілим в діях експертів.

Саме метод спостережень є єдино «чистим» методом, що виключає втручання інженера по знаннях і нав'язування їм якихось своїх структур подань.

Протоколювання «думок уголос», або «вербальні звіти» відрізняється від спостережень тим, що експерта просять не просто прокоментувати свої дії і рішення, але й пояснити, як це рішення було знайдено, тобто продемонструвати увесь ланцюжок своїх міркувань. Під час міркувань експерта всі його слова, увесь «потік свідомості» протоколюється інженером по знаннях, при цьому корисно відзначити навіть паузи й вигуки. Питання про використання для цієї мети диктофонів є дискусійним, оскільки цей пристрій іноді паралізує діє на експерта, руйнуючи атмосферу довіри, яка може й повинна виникати при безпосередньому спілкуванні інженера і експерта.

Найстарішим способом передачі знань є лекція. Лекторське мистецтво здавна дуже високо цінувалося у всіх галузях науки, освіти і культури. Але в нашому випадку більш важливим є здатність інженера цю лекцію слухати, конспектувати і засвоювати. Найчастіше експертів не вибирають, і тому вчити експерта читанню лекції інженер по знаннях не зможе. Але якщо експерт має досвід викладача (наприклад, він є професором медичної клініки або досвідченим керівником виробничого підприємства), то можна скористатися таким концентрованим методом передачі знань, як лекція.

Активні індивідуальні методи одержання знань на сьогоднішній день найпоширеніші. У тому або іншому ступені до них вдаються при розробці практично будь-якої інтелектуальної системи. До основних активних методів можна віднести: анкетування; інтерв'ю; ігри з експертом.

До групових методів одержання знань відносяться: рольові ігри; дискусії за «круглим столом» за участю декількох експертів; «мозкові штурми». Основна перевага групових методів – це можливість одночасного «погли-

нання» знань від декількох експертів, взаємодія яких вносить у цей процес елемент принципової новизни від накладення різних поглядів і позицій.

Метод круглого столу передбачає обговорення якої-небудь проблеми з предметної області, у якому беруть участь із рівними правами кілька експертів. Зазвичай спочатку учасники висловлюються в певному порядку, а потім переходять до живої вільної дискусії. Кількість учасників дискусії коливається від трьох до п'яти-семи. Хід бесіди за круглим столом зручно записувати на диктофон, а при розшифруванні й аналізі результатів урахувати взаємні відносини учасників.

"Мозковий штурм», або «мозкова атака» – це один з найпоширеніших методів розкріпачення й активізації творчого мислення. Інші методи застосовуються набагато рідше через меншу ефективність. Як правило, штурм триває недовго (близько 40 хв.). Учасникам (до 10 людей) пропонується висловлювати будь-які ідеї (жартівливі, фантастичні, помилкові) на задану тему (критика заборонена). Найцікавіший момент штурму – це настання піка (ажіотажу), коли ідеї починають «фонтанувати», тобто відбувається мимовільна генерація гіпотез учасниками. При наступному аналізі лише 10-15% ідей виявляються розумними, але серед них бувають й досить оригінальні.

Поняття експертної гри або гри з експертами з метою добування знань поділяються на ділові ігри, що широко використовуються при підготовці фахівців і моделюванні; діагностичні ігри; ігри з тренажерами та комп'ютерні ігри, що все частіше застосовуються в навчанні.

Під діловою грою найчастіше розуміють експеримент, де учасникам пропонується виробнича ситуація, а вони на основі свого життєвого досвіду, своїх загальних і спеціальних знань і подань приймають рішення.

Діагностична гра – це та ж ділова гра, що застосовується конкретно для діагностики методів прийняття рішення в медицині (діагностика методів діагностики). Ці ігри виникли при дослідженні способів передачі знань від досвідчених лікарів новачкам. Діагностична гра це, безумовно, експертна гра, тільки з жорстко закріпленою предметною областю медицини.

У випадку ігри з експертом інженер по знаннях грає з експертом, що бере на себе яку-небудь роль у модельованій ситуації. Групові ігри передбачають участь у грі декількох експертів. До такої гри звичайно заздалегідь складається сценарій, розподіляються ролі, до кожної ролі готується портретопис і розробляється система оцінювання гравців. Роль – це комплекс зразків поведінки.

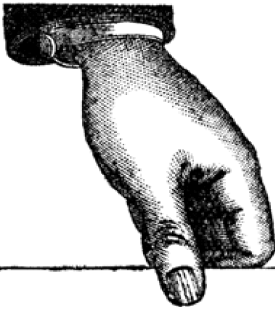
Ігри з тренажерами, власне кажучи, значною мірою ближчі не до ігор, а до імітаційних вправ у ситуації, наближеної до реальності. Тут інженер по знаннях має фіксувати дії експерта, який працює з тренажером.

Особливу привабливість для одержання знань знаходить ідея використати в ділових іграх комп'ютери, що є очевидним. Для методів інженерії знань придатними виявляються такі види комп'ютерних ігор:

- симулятори (simulation games), які базуються на моделюванні реальної дійсності й відпрацьовуванні практичних навичок;
- стратегічні ігри (strategy games), що вимагають стратегічного планування та відповідальності при прийнятті рішень;
- ігри-головоломки (puzzles), що реалізують різні логічні ігри;
- рольові ігри (roleplaying games, RPG). У цих іграх існують один або кілька персонажів, що мають індивідуальні здатності та характеристики. Їм доводиться боротися з ворогами, розгадувати загадки та ін. У міру виконання цих задач у героїв накопичується досвід, і по досягненню певного значення їхні характеристики поліпшуються. Таким чином інженер по знаннях досягає певного рівня знань.

Контрольні запитання

1. Чим відрізняється поняття «знання» від понять «дані» або «інформація»?
2. Які питання досліджує наука за назвою «інженерія знань»?
3. Які три поняття складають основу інженерії знань?
4. У чому особливості представлення, або подання знань в інтелектуальних системах?
5. Які на цей час існують мови (моделі) подання знань?
6. Які три основних аспекти процесу видобування знань інженером по знаннях?
7. Якими практичними методами можна одержати знання від експерта?



4. СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ



In the post-industrial society, the central problem is not how to organize to produce efficiently but how to organize to make decisions – that is, to process information.

*Герберт Саймон,
професор Carnegie Mellon University,
лауреат Нобелівської премії, один з
фундаторів теорії штучного інтелекту*

*Управління та прийняття рішень.
Комп'ютеризація підтримки прийняття
рішень. Експертні системи.
Системи підтримки прийняття
рішень. Методи та технології
бізнес-аналітики. Особливості
інформаційно-аналітичних систем.*

4.1. Управління та прийняття рішень

В досягненні ефективності діяльності будь-якого підприємства, як головного елемента економічної структури країни, визначальним є ефективність управління та постійне вдосконалення роботи управлінського апарату. Управління – це постійний процес прийняття рішень, спрямованих на досягнення мети управління.

Рішення (*decision*) – це вибір особою, що приймає рішення (ОПР) найкращого варіанту дій з множинності можливих. Рішення – це творчий процес опрацювання однієї або декількох альтернатив із множини можливих варіантів (планів) дій, спрямованих на досягнення поставлених цілей. Управлінське рішення – це результат аналізу, прогнозування, економічного обґрунтування та вибору альтернативи з множини варіантів, які спрямовані на досягнення конкретних цілей. Основні поняття теорії прийняття

рішень показані на рис. 4.1, а три ключових атрибута процесу прийняття рішень показані на рис. 4.2.



Рис. 4.1. Основні поняття теорії прийняття рішень

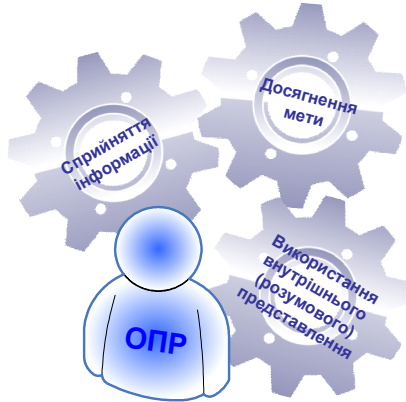


Рис. 4.2. Три основних атрибута процесу прийняття рішень

З наведених рисунків випливає висновок, що необхідною умовою забезпечення системного управління підприємством, узгоджених та цілеспрямованих дій усіх його ланок, які мають базуватись на ефективних рішеннях, є прагнення органів управління мати у своєму розпорядженні усеосяжну, цілком вірогідну, без суб'єктивного нальоту інформацію щодо конкретних питань. Тобто процеси управління та прийняття рішень відбуваються у певному інформаційному середовищі.

Водночас характерною рисою нашого часу стали явища суттєвого зростання об'ємів інформації, що обробляється, масовості інформаційних потоків та навали супутніх проблем «інформаційного вибуху». Тому складність збору інформації і керування нею постійно зростає. Менеджери бувають перевантажені масою марної інформації, що часто робить заплутаними дійсно важливі документи.

Разом із тим необхідно зазначити, що людина за природними здібностями має певні обмеження щодо ефективного опрацювання процесу прийняття рішення, а саме використання своєї пам'яті, швидкість виконання осмислених операцій, одержання значних об'ємів інформації, обробка числових даних та ін.

Таким чином в сучасних умовах переходу до інформаційного суспільства застосування нових підходів до формування і прийняття високоякісних рішень вже неможливо уявити без використання автоматизованих інформаційних систем. Саме за допомогою автоматизованих систем підтримки прийняття рішень ОПР має можливість безпосередньо за допомогою програмно-обчислювальних засобів проектувати, порівнювати альтернативні варіанти рішень та обирати з них у найрізноманітніші способи.

Останнім часом поряд з проблемою управління інформацією вже з'явилось поняття «керування знаннями». Виникає потреба мати механізми «трансформації» інформації в знання й використання цього знання як ресурсу для підтримки прийняття управлінських рішень. Допомогти людині подолати ці проблеми й призначені інтелектуальні СППР.

4.2. Комп'ютеризація підтримки прийняття рішень

Комп'ютерна підтримка управлінської діяльності розпочалася вже через декілька років після появи комп'ютера, то ще у минулому столітті. Сперш була забезпечена діяльність низових і середніх ланок управління підприємствами та виробництвом, характерною ознакою яких були повністю формалізовані процедури управління та підготовки рішень. У подальшому автоматизація торкнулася й вищих щаблів управління, де проблему формалізації процедур управління вирішити виявилось надто складніше.

Багаторічний досвід упровадження та використання комп'ютерних технологій сформував низку визначень систем, що об'єднують ці технології – Обчислювальна система, Автоматизована система (АС), Автоматизована система управління (АСУ), Інформаційна система (ІС), Інформаційно-телекомунікаційна система (ІТС). Усі ці визначення близькі один до одного, але вживаються у залежності від контексту загального викладен-

ня. Останнім часом з'явилися й такі поняття, як Система підтримки прийняття рішень (СППР), Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень, також Інформаційно-аналітична система (ІАС). У зв'язку із цим загально-визнаним є поділ історичного шляху створення автоматизованих систем у сфері управління на певні етапи – покоління розвитку (рис. 4.3).

Перше покоління – системи обробки даних (*Data Processing System – DPS*), були системами з розв'язанням окремих задач управління (бухгалтерський облік, облік персоналу та ін.). Друге покоління, що отримало назву управлінські (адміністративні) системи (*Management Information System – MIS*), відрізнялося тим, що воно базувалося на реалізації концепції бази даних, структуруванні інформації, інтеграції задач у комплекси. Починаючи з третього покоління системи почали орієнтуватися на підтримку прийняття рішень (*Decision Support System – DSS*) та обробку слабкоструктурованої інформації. В сучасних автоматизованих системах (4-те покоління) присутні риси як пошуково-розрахункових систем, так і інтелектуалізованих систем підтримки прийняття рішень.

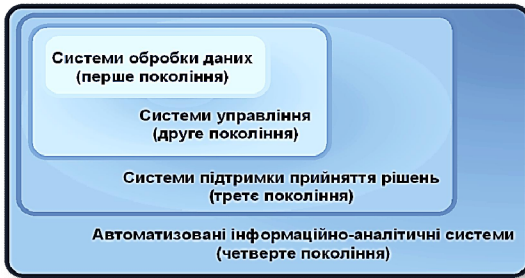


Рис. 4.3. Покоління розвитку автоматизованих систем управління

Таким чином класифікацію сучасних систем підтримки прийняття рішень відображено на рис. 4.4.



Рис. 4.4. Класифікація систем підтримки прийняття рішень

Не слід розділяти наведені типи систем підтримки прийняття рішень уособлено. Чітких меж між ними не існує, відбувається поступовий процес зближення цих систем до виду інтелектуальних СППР.

У чому ж відмінності цих систем?

Експертна система (*ЕС, Expert System – ES*) є програмним засобом, який оперує зі знаннями в певній предметній області, отриманими від експерта (фахівця), з метою вироблення рекомендацій для вирішення проблем.

Система підтримки прийняття рішень (*СППР, Decision Maker Support System – DMSS*) – це діалогова система, призначена допомогти у підготовці рішень, використовуючи технології комунікацій, обробки даних, документів, застосовуючи моделювання, щоб ідентифікувати проблеми і вирішити завдання усього процесу підготовки рішень і приймання рішень. Якщо в СППР опрацьовуються і знання (використовується база знань), то система трансформується в інтелектуальну (*ІСППР, iDMSS*).

Системи бізнес-аналітики (*Business Intelligence – BI*) – це системи, призначені для підготовки бізнесової аналітики (переважно економічного та фінансового характеру) шляхом перетворення накопичених даних про діяльність підприємства в аналітичну інформацію, яка може бути використаною для підтримки прийняття управлінських рішень керівництвом, зокрема для збільшення конкурентоздатності підприємства. Програмні засоби *BI* функціонують в рамках загальної системи управління підприємства і забезпечують функції аналізу інформації, яка міститься в сховищі даних, з використанням спеціальних математичних методів.

Інформаційно-аналітичні системи (*IAC*) – це автоматизовані системи управління, в яких забезпечується аналіз інформації шляхом переважно проведення функціональних розрахунків і подання результатів в аналітичній формі (графіки, діаграми, тощо) з метою підтримки управлінських рішень.

Далі познайомимося з цими системами більш детально.

4.3. Експертні системи

Здатність виконати експертний аналіз складної проблеми – це не тільки питання наявності певних знань і рівня кваліфікації ОПР. Для цього потрібно мати й дуже специфічні навички й умінням розібратися в конкретній ситуації в даній предметній області. Так у США у 70-х роках минулого століття з'явилися перші експертні системи, або системи, засновані на знаннях. Ці системи по праву стали першими інтелектуальними системами, а єдиним критерієм інтелектуальності системи й дотепер є наявність механізмів роботи зі знаннями.

Експертні системи з'явилися в рамках досліджень зі штучного інтелекту у той період, коли ця наука переживала серйозну кризу, і був потрібний істотний прорив у розвитку практичних додатків. Цей прорив відбувся, коли на заміну пошукам універсального алгоритму мислення й розв'язання задач дослідникам прийшла ідея моделювати конкретні знання фахівців-експертів. «Батьком експертних систем» часто називають Едварда Фейгенбаума, принаймні так значиться на обкладинці однієї з його книг «Становлення експертної компанії». Він дійсно стояв у джерел індустрії експертних систем і створив одну з перших експертних систем DENDRAL (1976) в області ідентифікації органічних сполук за допомогою аналізу мас-спектрограм. Далі Фейгенбаум разом із Шортліфом і Бучананом спроектували першу медичну експертну систему MYCIN (1978). При цьому вони зробили відкриття, якому було призначено істотно розширити сферу створення й використання експертних систем. Коли вони видалили із системи MYCIN базу знань (конкретну медичну інформацію), то залишилася частина, що мала назву «машина логічного висновку», або «оболонка експертної системи». Було показано, що базу знань можна змінювати, й навіть повністю, не порушуючи цілісності системи.

Стандартну схему ЕС показано на рис. 4.5.

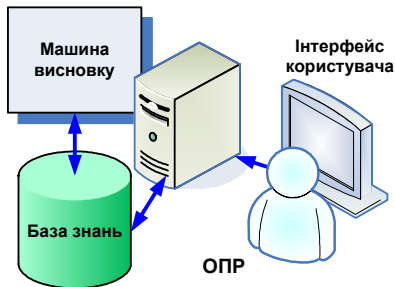


Рис. 4.5. Стандартна схема експертної системи

Експертна система може повністю взяти на себе функції, виконання яких зазвичай вимагає залучення досвіду людини-фахівця. Так, наприклад, система MYCIN надає необхідні рекомендації у процесі проведення діагностики та лікування захворювань крові, вирішуючи проблему, пов'язану із тим, що деякі лікувальні препарати, створені для знищення бактерій (агенти) є надто токсичними для терапевтичних цілей, і не існує агента, який був би ефективним для всіх бактерій. Система дозволяє обрати множину лікувальних препаратів, які підходять до даної ситуації.

Взагалі кажучи чіткого формального визначення експертної системи, яке всіх би задовольнило, не існує – приведене вище теж досить розпливчате. Але можна вказати які ознаки відрізняють експертну систему від інших прикладних програм, а саме:

1) ЕС мають справу із процесами, які вимагають наявності значного досвіду, накопиченого людиною. При цьому ЕС моделює не стільки фізичну (або іншу) природу певної проблемної області, скільки механізм мислення людини стосовно розв'язання задач у цій проблемній області;

2) ЕС формує певні міркування й висновки, ґрунтуючись на тих знаннях, якими вона розташовує в базі знань;

3) при розв'язку задач основними є не алгоритмічні, а евристичні й наближені методи, які не завжди гарантують успішність розв'язання;

5) ЕС повинна мати здатність пояснити, чому запропонований саме такий розв'язок, і довести його обґрунтованість. Користувач повинен отримати всю інформацію, необхідну йому для того, щоб бути впевненим, що розв'язок запропонований не «зі стелі».

Нині експертні системи використовуються для вирішення різних типів завдань в найрізноманітніших проблемних областях, таких, як фінанси, нафтова і газова промисловість, енергетика, транспорт, фармацевтичне виробництво, космос, хімія, освіта, телекомунікації і зв'язок та ін. Перелік типових завдань, які вирішуються експертними системами, включає:

- діагностику несправностей (як у технічних системах, так і в людському організмі);
- структурний аналіз складних об'єктів (наприклад, хімічних сполук);
- добування інформації з первинних даних (таких, наприклад, як сигнали, що надходять від гідролокатора);
- вибір конфігурації складних багатокомпонентних систем (наприклад, розподілених комп'ютерних систем);
- планування послідовності виконання операцій, що приводять до заданої цілі (наприклад, виконувани промисловими роботами).

4.4. Системи підтримки прийняття рішень

Як основний підхід до організації СППР використовується підхід, коли у центрі розробки системи знаходиться особа, яка приймає рішення (ОПР) (*person which makes decision*), тому структура і склад системи визначаються особливими інформаційними та інструментальними потребами даної людини. Також для підтримки прийняття рішень застосовуються моделі,

які мають вираз у вигляді тексту, формул, алгоритмів й інших математичних засобів. Для більш ретельного аналізу ситуацій необхідним є застосування досить складних математичних моделей, зокрема імітаційних й економічних моделей діяльності підприємства та ін. моделі.

Сучасний етап розвитку СППР характеризується усе більш широким застосуванням розвинутих математичних моделей, а також їх інтелектуалізації за рахунок опрацювання знань та використання методів та інструментарію штучного інтелекту. Загальна схема СППР показана на рис. 4.6.

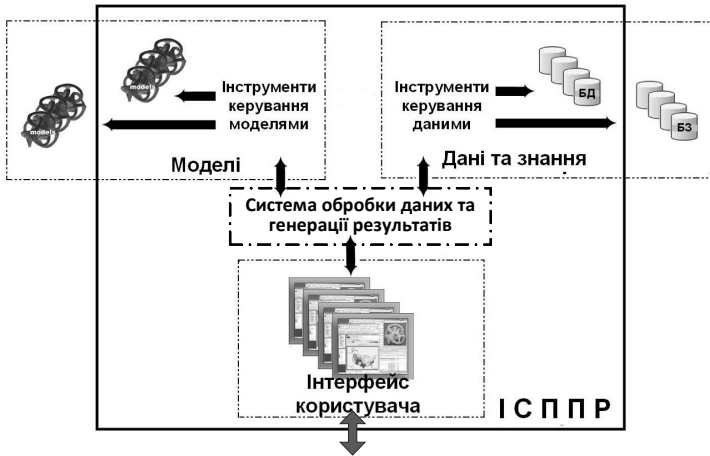


Рис. 4.6. Загальна схема систем підтримки прийняття рішень

Таким чином інтелектуальна система підтримки прийняття рішень (ІСППР) поряд з традиційними засобами СППР використовує інструментальні засоби опрацювання знань спеціалістів при прийнятті рішень із слабоструктурованих або неструктурованих проблем, коли максимально ефективно використовуються можливості як людей-експертів, так і програмно-технічних засобів, зокрема засобів штучного інтелекту.

Прогрес у створенні СППР і інтелектуальних систем, зокрема, полягає у використанні дуже великих баз даних, застосуванні розвинутих методів моделювання і оптимізація, методів штучного інтелекту, підвищенні ефективності взаємодії комп'ютер-людина, а також застосуванні телекомунікацій і Інтернету.

4.5. Методи та технології бізнес-аналітики

Термін «*Business Intelligence*» вперше був використаний у 1958 р. дослідником фірми ІВМ Гансом Пітером Луном. В сучасній інтерпретації цей термін вперше був уведений компанією Gartner у 80-х роках ХХ ст. ВІ – це узагальнювальний термін, що включає застосунки, інфраструктуру й інструменти, а також кращі практики, які забезпечують доступ до значних об’ємів інформації та її аналіз з метою оптимізації прийняття рішень й управління їх ефективністю.

Системи бізнесу-аналізу характеризуються використанням таких новаторських засобів, як обробка даних в оперативній пам’яті («*in-memory database*»), методу асоціативного аналізу, а також веб-технологій, хмарних послуг і використання мобільних пристроїв. Нове покоління інструментів бізнесу-аналізу робить процес пошуку і опрацювання інформації інтуїтивно зрозумілим і ефективнішим, зорієнтованим на керівників і топ-менеджерів. І цілком імовірно, що не за горами той день, коли ВІ-системи стануть системами «самообслуговування»: користувачі зможуть самостійно коректувати процес проведення аналізу інформації і створення звітності (див. рис. 4.7).

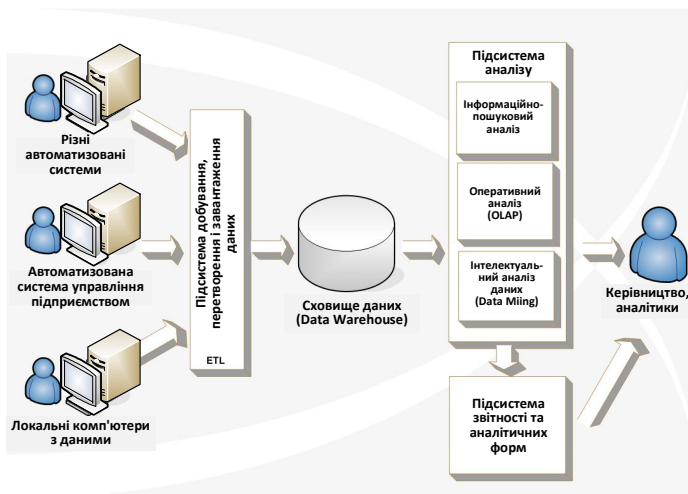


Рис. 4.7. Загальна схема системи бізнес-аналітики

Основним методом бізнес-аналітики є оперативна (онлайн) аналітична обробка (*On-line analytical processing – OLAP*). Це технологія, яка надає можливість підсилити подання даних аналітикам і менеджерам завдяки швидкому, узгодженому, інтерактивному доступу до широкого діа-

пазону можливих відображень інформації, яка була одержана шляхом перетворення неопрацьованих (первинних) даних. Ця система використовує сховища даних, а також містить велику кількість інструментальних засобів кінцевого користувача для організації доступу до даних і проведення їх аналізу. Загальну схему ВІ-системи показано на рис. 4.7, а на рис. 4.8 – типовий звіт бізнес-аналізу.



Рис. 4.8. Типовий звіт системи бізнес-аналітики

У якості прикладу можна назвати систему IBM Cognos Business Intelligence, що призначена для підтримки прийняття оптимальних рішень на підприємстві і дозволяє вдосконалити маркетингову політику та збільшити прибуток за рахунок розробки ефективної цінової політики. Система надає цільові рекомендації при взаємодіях з клієнтами і у рамках бізнес-процесів, проводить глибокий порівняльний аналіз даних, які накопичуються підприємствами у своїх сховищах, пошук залежностей, виявлення тенденцій, формує багатовимірні звіти і динамічні інформаційні панелі на основі статистичної інформації, а також застосовує функцію scorecarding (збалансована система показників).

4.6. Особливості інформаційно-аналітичних систем

Основним завданнями ІАС є ефективне зберігання, обробка та аналіз даних (інформації). Технологічна платформа ІАС дозволяє підприємству здійснювати інтеграцію та координацію його інформаційних процесів. Типова ІАС представляє потужний обчислювальний комплекс, на якому виконується відповідне функціональне програмне забезпечення даного

підприємства (наприклад, для цілей управління). ІАС може включати в себе додаткові застосунки, що забезпечують аналітику для підрозділів та керівництва підприємства. ІАС зазвичай забезпечує для підприємства єдиний інформаційний простір і гарантує, що ця інформація буде доступною на всіх функціональних рівнях ієрархії та управління.

За способами застосування інформаційно-аналітичні системи поділяються на системи для вирішення тактичних і стратегічних завдань. На тактичному рівні ІАС припускають більшу деталізацію й більш складну аналітичну обробку, а на стратегічному відпрацьовуються загальні показники.

Інформаційно-аналітична діяльність (ІАД) – це специфічний різновид інтелектуальної, розумової діяльності людини, в процесі якої внаслідок певного алгоритму послідовних дій з пошуку, накопичення, зберігання, обробки, аналізу первинної інформації утворюється нова, вторинна аналітична інформація у формі аналітичної довідки, звіту, огляду, прогнозу тощо. В сучасних умовах специфіка інформаційно-аналітичної роботи полягає в забезпеченні особи, яка приймає рішення (управлінця), необхідною і достатньою кількістю аналітичної інформації для прийняття єдино правильного, ефективного в умовах непередбаченості і кризових явищ управлінського рішення.

Інформаційно-аналітичні системи є надбудовою над уже функціонуючими на підприємстві інформаційними додатками, не роблячи особливо впливу на їхнє функціонування й не вимагаючи їхньої заміни. Ключовою функцією цих систем є акумулювання даних по всіх видах діяльності компанії – від стану складів до фінансової й бухгалтерської звітності й усіляких відомостей про клієнтів. За способами застосування інформаційно-аналітичні системи поділяються на системи для вирішення тактичних і стратегічних завдань. Інформаційно-аналітичні системи підрозділів припускають більшу деталізацію й більш складну аналітичну обробку. Ці системи допомагають підготувати інформацію для прийняття рішень в області збуту, продуктової пропозиції, фінансового планування й т.ін.

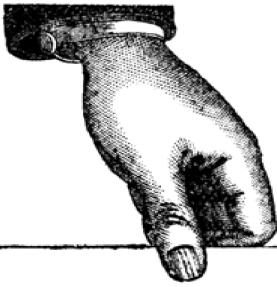
До типових завдань, що вирішуються за допомогою інформаційно-аналітичних систем, відносяться:

- складання консолідованої звітності й надання зведеної інформації про діяльність підприємства (фінансові, виробничі й інші показники, динаміка їхніх змін і тенденцій);
- аналіз діяльності дочірніх підприємств, філій і підрозділів компанії (аналіз прибутковості, витрат, виконання плану);
- аналіз фінансової діяльності (основні фінансові показники, тенденції, взаєморозрахунки), оптимізація фінансових потоків, реальна оцінка соціальної цінності продукції;

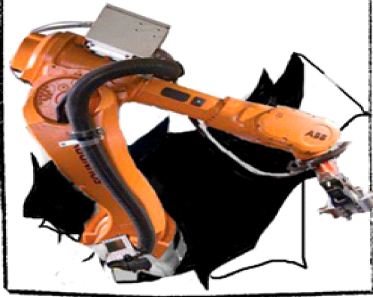
- проведення комплексної оцінки діяльності підприємства, заснованої на постійному контролі найбільш істотних її аспектів;
- аналіз збутових процесів (маркетингові компанії, складання плану, контроль виконання розпоряджень, розрахунки за відвантаженою продукцією, прогноз надходження засобів, прогноз попиту).

Контрольні запитання

1. Що на сьогодні є найважливішою складовою процесу прийняття рішення?
2. Назвіть три ключових атрибути процесу прийняття рішень.
3. Що представляє собою інформаційне поле прийняття рішення?
4. Які існують обмеження процесу ухвалення рішення, що виконується особою без допоміжних засобів?
5. Які існують типи систем підтримки прийняття рішень?
6. У чому особливість експертних систем?
7. Чим характеризується інтелектуальна система підтримки прийняття рішень?
8. Що вважається основним методом бізнес-аналітики?
9. У чому полягають основні завдання інформаційно-аналітичних систем?



5. РОБОТИ І РОБОТОТЕХНІКА



У минулому небезпека полягала в тому, що люди ставали рабами. Небезпека майбутнього в тому, що люди можуть стати роботами.

*Еріх Фромм,
соціальний психолог, філософ,
психоаналітик*

*Загальні відомості.
Історична довідка.
Сьогоднішній стан і найближчі
перспективи. Робототехніка.
Що далі?*

5.1. Загальні відомості

Робот – це автоматичний пристрій, призначений для виконання операцій, які зазвичай виконувались безпосередньо людиною. Для опису автоматичних пристроїв, дія яких не має зовнішньої схожості з діями людини, переважно використовуються терміни «автомат», «виробничий робот» та інші.

Ідея штучних істот вперше згадується в старогрецькому міфі про Кадма, який, убивши дракона, розкидав його зуби по землі і заорав їх, а із зубів вирости солдати. Також відомий інший старогрецький міф – про Пігмаліона, який вдихнув життя в створену ним статую – Галатею. Ще в міфі про Гефеста розповідається, як він виготовив собі з металу прислугу, яка могла ходити, говорити і виконувати доручення. Староєврейський міф розповідає про глиняного Голема, який був оживлений кабалістичною магією.

Справжня історія роботів як механічних автоматів почалася з XVIII-XIX ст. – віку промисловості, котрий приніс цілу кавалькаду механічних пристроїв, що є прообразами роботів. Більшість з них була чесними експериментами з робототехніки, але деякі, подібно до граючого у шахи тур-

ка з прихованою особою, були підробками. Грамофон (машина, що говорить) Джозефа Фабера (Faber) була створена у 1846 році. Це був один з перших синтезаторів мови. Faber маніпулював ножними педалями і клавіатурою, і машина говорила і навіть співала. Пристрій Elektro, побудований у компанії Westinghouse, був заснований на електромеханічних реле. Він відповідав ритму мовних команд і керувався заздалегідь записаними 78 командами. Це дозволяло переміщати його голову і руки і навіть палити сигарети. Роботи у ХХ-му столітті додали до механіки електроніку, створивши рух, який більше здавався як живий. Легкі детектори, touch-датчики, мікрофони забезпечили приймання інформації. Електричні або гідравлічні двигуни забезпечили керований рух. Але без комп'ютерів, щоб допомагати роботам обробити сенсорні дані і алгоритми, вони були «більш мускулом, ніж мозком». Й у 1961 році компанія «Дженерал Моторс» представила першого промислового робота.

Першим впровадив термін «робот» Карел Чапек у 1920 р. у п'єсі «Р.У.Р» (*Rossum's Universal Robots*) від чеського слова *robot*, маючи на увазі дешеву робочу силу. У п'єсі штучні люди працюють на фабриці спочатку як корисні працівники, але пізніше бунтують і знищують людство. Після цього твору роботи стали головними страховищами фантастики. З розвитком технологій люди усе частіше бачили в механічних істотах дещо більше, ніж просто іграшки. Література відобразила страхи, що люди можуть бути замінені своїми власними творіннями. Роман «Франкенштейн, або Сучасний Прометей» (1818) іноді називають не лише першим науково-фантастичним твором, але й таким, що втілює цю проблему. Герой роману здатний відродити життя в тілі людини, зібраної з частин померлих людей. Безіменна істота, яку ненавидять люди за її зовнішній вигляд, незабаром починає переслідувати свого творця.

Професор біохімії, головний популяризатор науки і письменник-фантаст Айзек Азімов (у своїх романах пише про важливість історії, Біблії, фізики, хімії і т. д.) перевернув сприйняття світу, змусивши усіх полюбити роботів. Як йому це вдалося? Він зробив їх безпечними, розумними і часто набагато миролюбнішими, ніж самі люди. Азімов бачив в роботах помічників – як радіо, міксер та інші прилади, що оточували людей. Азімов передбачив, що складні робосистеми повинні працювати за деяким набором алгоритмів і бути безпечними для людей. Також в оповіданні «Хоровод» (1942) він сформулював знамениті «три закони робототехніки». Звучать вони так.

1. Робот не може нашкодити людині або допустити, щоб бездіяльністю була причинена шкода.

2. Робот повинен виконувати накази людини, якщо це не протиричить першому закону.

3. Робот повинен піклуватися про власну безпеку, якщо це не протиричить першому і другому законам.

5.2. Сьогоднішній стан роботизації

Взагалі кажучи «робот» є поняттям чітко невизначеним, і тому до класу роботів можна віднести багато автоматичних пристроїв. Загальним є те, що робот може безпосередньо виконувати команди оператора, може працювати по заздалегідь складеній програмі або дотримуватись набору загальних вказівок з використанням технології штучного інтелекту. Ці завдання дозволяють полегшити або зовсім замінити людську працю на виробництві, в будівництві, при роботі з важкими вантажами, шкідливими матеріалами, а також в інших важких або небезпечних для людини умовах.

На сьогодні поділяються такі роботизовано пристрої.

Побутовий робот – пристрій, призначений для допомоги людині у повсякденному житті. Наразі поширення побутових роботів є незначним, проте футурологи передбачають широке їх використання у найближчому майбутньому. Вже зараз доступними є, наприклад, роботи-пилкоковсмоктувачи.

У більшості випадків сучасні роботи промислового призначення – це «руки», тобто маніпулятори, закріплені на основі і призначені для виконання одноманітної роботи типу свердління, складання, переміщення. Приклад може слугувати промисловий зварювальний робот.

До роботів також належать *мобільні пристрої*, що працюють у небезпечних для людини середовищах і керуються дистанційно, наприклад роботи, що працюють на великих водних глибинах, у космосі, пристрої військового призначення (ведення розвідки, розмінування, доставка боеприпасів тощо) та ін., а також роботизовані іграшки. Яскравий приклад – це марсоходи (*NASA Curiosity*) та місяцеходи.

Окремий вид роботів – *нанороботи*. Це роботи, що розміром зівставні з молекулою (менше 10 нм), які мають функції руху, обробки і передачі інформації, виконання програм. Нанороботи, які здатні до створення своїх копій, тобто самовідтворення, мають назву реплікаторів. Наноробототехніка перебуває на науково-технічній стадії розвитку з перспективою застосування у медицині, генній інженерії та інших галузях. Ще не було створено штучно жодного наноробота, але деякі примітивні молекулярні машини вже були перевірені на практиці.

Робот-гуманоїд (людиноподібний робот) – це машина, шасі (ходова частина) якої виконано у вигляді людиноподібного тіла. Гуманоїдний дизайн робота зумовлений певною метою: функціональністю – для використання людських інструментів чи середовищ життя людини; з експериментальною метою – для вивчення прямоходіння; з медичною метою – вивчення впливу на організм тих чи інших навантажень тощо. Загалом, людиноподібні роботи мають тулуб, голову, дві руки і дві ноги; хоча деякі види людиноподібних роботів можуть моделювати тільки частину тіла, наприклад, від голови до поясу. Деякі людиноподібні роботи можуть мати голову, призначену для реплікації людських рис обличчя (таких, як очі і рот тощо). Приклади – Kismet, робот з базовими соціальними навичками; робот-скрипаль від Toyota Motor; ASIMO – інтелектуальний гуманоїдний робот від Honda, що використовує сенсори та спеціальні алгоритми для уникнення перешкод та ходіння сходами і бігає з великою швидкістю. «Вакамару» – людиноподібний робот виробництва компанії Mitsubishi, здатний впізнавати особи, розуміти деякі фрази, давати довідки, виконувати деякі секретарські функції, стежити за приміщенням.

На даний момент при створенні роботів чітко розрізняють дві дослідницько-конструкторські задачі: розробка конструкції окремого робота (агента) і розробка алгоритмічного та програмного забезпечення гуртової взаємодії роботів-агентів на основі теорії колективної поведінки. Особливий інтерес в даному контексті представляє друга задача, на вирішенні якої концентруються усе більше дослідницьких груп. Перед колективами таких агентів ставляться різні практичні задачі, пов'язані із збиранням інформації та передачею її користувачу. Прикладами таких задач можуть бути виявлення порушника деякого периметру, що охороняється, мобільним роботом, який виконує функції вартового, виявлення замаскованого командного пункту супротивника колективом безпілотних літальних апаратів, виявлення підводного човна колективом автономних підводних апаратів і т.ін.

5.3. Робототехніка

Робототехніка (від робот і техніка; *robotics*) – прикладна наука, що займається розробкою автоматизованих технічних систем (роботів), призначених для автоматизації складних технологічних процесів і операцій, у тому числі таких, що виконуються в недетермінованих умовах, для заміни людини при виконанні важких, втомливих і небезпечних робіт. Термін «робототехніка» увів Айзек Азімов в оповіданні «Брехун» («Liar!») у 1941 р.

Робототехніка буває будівельною, промисловою, побутовою, авіаційною, екстремальною (військовою, космічною, підводною).

Функціональна схема робота складається з механічної частини і системи керування цією механічною частиною, яка отримує сигнали (інформацію) від сенсорної частини (датчиків), опрацьовує її і виробляє команди керування. Загальна схема на прикладі промислового робота наведена на рис. 5.1

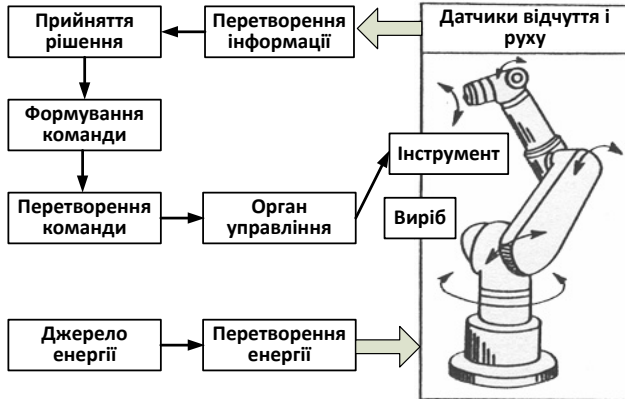


Рис. 5.1. Загальна функціональна схема промислового робота

Механічна частина робота поділяється на маніпуляційну систему і систему пересування.

Маніпулятори для робіт – це аналог рук людини. Маніпулятори включають рухомі ланки двох типів: ланки, що забезпечують поступальний рух і ланки, що забезпечують кутові (повертальні) переміщення. Поєднання і взаємне розташування ланок визначає кількість ступенів вільності, а також область дії маніпуляційної системи робота. Для забезпечення руху в ланках можуть використовуватися електричний, гідравлічний або пневматичний привод. Привод – це «м’язи» роботів. В наш час найпопулярнішими двигунами в приводах є електричні, але застосовуються й інші, які використовують хімічні речовини або стиснене повітря.

Частиною маніпуляторів (хоч і необов’язковою) є захоплювальні пристрої. Найуніверсальнішими такими пристроями є пристрої-аналоги руки людини, у яких захоплення здійснюється за допомогою механічних «пальців». Для захоплення плоских предметів використовуються захоплювачі з пневматичним присмоктуванням. Для захоплення ж множини однотипних деталей (що зазвичай і відбувається при застосуванні роботів в промисловості) застосовують спеціалізовані конструкції. Замість захоплювальних пристроїв

маніпулятор може бути оснащений робочим інструментом. Це може бути пульверизатор, зварювальна головка, викрутка тощо.

Для пересування роботів по відкритій місцевості найчастіше використовують колісну або гусеничну, рідше – крокуючу систему пересування. Це найуніверсальніші види систем переміщення. В цілому за системою пересування роботи поділяються на:

- колісні роботи (одно-, дво-, три-, чотири- та багатоколісні);
- танковий тип (гусеничні);

" крокуючі, що використовують дві, чотири або шість ніг, а також багатоніги.

За способом фіксації ноги виділяють системи з фіксацією ноги з використанням вакуумних присосок; з фіксацією спеціальними пристроями або формою (волоски і щетинки у роботів наслідують комахам), а також без спеціального способу фіксації.

Окремо можна виділити роботів-андроїдів, що наслідують рухи людини.

Крім того за різними способами руху роботи бувають плаваючі, надводні, підводні, літаючі, стрибаючі, що наслідують рухи змії або хробака, а також інші способи руху.

Усередині приміщень, на промислових об'єктах використовуються пересування уздовж монорельсів, по підлоговій колії тощо.

Системи керування робототехнічними пристроями будуються на тому самому технічному базисі, що й усі інші автоматичні пристрої. У сучасному світі, коли домінуючим перебігом є конвергенція технологій та наук, у керуванні роботами цікавих результатів досягають застосуванням знань людства з біології та моделей поведінки тварин. Загальноновизнаним є поділ методів керування на програмне, адаптивне, інтелектуальне керування, а також напівавтоматичне або телекерування – тобто за участі людини. Але основою керування є застосування алгоритмів, методів та програм, що запозичені з теорії штучного інтелекту. Ці досягнення використовуються практично у засобах керування усіх складових частин робота (рис. 5.2).

Сучасні роботи функціонують на основі принципів зворотного зв'язку, підлеглого керування й ієрархічності системи керування роботом. Ієрархія має на увазі поділення системи керування на горизонтальні шари, що керують загальною поведінкою робота, розрахунком необхідної траєкторії руху маніпулятора, поведінкою окремих його приводів, і шари, що безпосередньо здійснюють керування двигунами приводів. Сучасний робот оснащений не тільки зворотними зв'язками по положенню, швидкості і прискоренням ланок. При захопленні деталей робот повинен знати, чи вдало він захопив деталь. Якщо деталь крихка або її поверхня має високий ступінь

чистоти, будуються складні системи із зворотним зв'язком щодо зусилля, що дозволяють роботів схоплювати деталь, не ушкоджуючи її поверхню і не руйнуючи її.

Керування роботом може здійснюватися як людиною-оператором, так і автоматизованою системою управління технологічним процесом (АСУТП) промисловим підприємством, що погоджують дії робота з готовністю заготовок і верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) до виконання технологічних операцій.



Рис. 5.2. Методи штучного інтелекту в системі керування робота

Існує вже чимало компаній, що спеціалізуються на виробництві роботів (серед найбільших – iRobot Corporation). Роботів також розробляють та випускають деякі компанії, що працюють у галузі інших високих технологій: ABB, Honda, Mitsubishi, Sony, World Demanded Electronic, Gostai, KUKA. Також проводяться промислові виставки робототехніки, наприклад, найбільшою у світі вважається iRex (*International robot exhibition*), яка відбувається на початку листопада один раз на два роки в Токіо, Японія.

5.4. Що далі?

Отже, технологічні вдосконалення роботизованих пристроїв і розширення варіантів їх використання викликають суттєве зростання глобальних витрат на робототехніку і супутні сервіси, які вже вимірюються сотнями млрд. доларів. Перелік галузей промисловості, де можуть використовуватися роботи, постійно збільшується. Окрім сировинної і виробничої промисловості, значні витрати на робототехніку спостерігаються в

споживчому секторі і охороні здоров'я. Найбільш зростаючим сегментом ринку вважається виробництво безпілотних літальних апаратів.

Аналітики передрікають кардинальну зміну парадигми розвитку сфери праці, викликану підвищеними темпами роботизації виробництва в передових країнах світу, загрозливу існуючим нормам у сфері праці, економіки і політики держав, що з цього витікає. Тенденція до заміщення праці людини працею машинною дозволяє як уникнути витрат на зарплату, страхові і пенсійні відрахування співробітникам, так і значно підвищити якість виробництва, підводячи його під єдиний стандарт без ризику людського чинника.

Водночас загострюється одне з найважливіших питань майбутнього виробництва – це звільнення значної кількості людей не лише з заводів і фабрик, а й з транспортної сфери, і навіть зі сфери охорони здоров'я і офісних посад. Роботизація, зокрема, значно посилить нерівність між прошарками населення, посиливши соціальну, а отже, і політичну напруженість. Необхідність пошуку нових місць роботи може кардинально змінити традиційні потоки мігрантів і перенаправити їх в технологічно менш розвинені країни, викликавши соціальні потрясіння або навіть виступи проти широкомасштабного впровадження робото-технологій в сферу виробництва.

Подібні тенденції не просто посилюють увагу на питанні соціальної захищеності, але й виводять проблему розвитку і впровадження технологій на вищий політико-економічний рівень. Відповіді на питання, які стоять перед нами, мають бути знайдені спільними зусиллями технічних, соціальних і політичних наук у найкоротші строки.

Пов'язаним, і, мабуть, найважливішим питанням є створення штучної людини, яке вже не за горами. Вчені йдуть різними шляхами. Хтось вважає перспективним методом клонування, хтось б'ється над створенням механічного аналога живої істоти. Кажучи про створення «штучної людини» потрібно розділяти три умовні напрями.

Перше – штучне створення органів. Так, клонування відкриває нові можливості для лікування багатьох захворювань, пов'язаних з дегенерацією певних типів клітин, втратою функцій тканин і цілих органів. Другий напрям – створення штучного інтелекту. Його розвиток неминучий: машина здатна вирішувати складні завдання у багато разів швидше, точніше і ефективніше за людину. Третій напрям – робота над створенням деякої конструкції – механічного аналога людини. Тут прогрес очевидний і стрімкий. Креслення, що містять описи прообразів сучасних роботів, були виявлені ще у середньовіччі в записках Леонардо да Вінчі. У минулому

столітті з'явилися пристрої, що нагадують людину, здатні виконувати прості рухи. В ХХІ ст. в розвитку цих технологій було досягнуто значного успіху, зокрема в Японія. Там вже створені пристрої, здатні не лише виконувати всілякі команди, але й виражати емоції за допомогою жестів, міміки і мови.

Таким чином, чимало експертів погоджуються на думці, що глобальних і принципово нерозв'язних проблем для створення штучної людини на сьогодні немає. На фоні цих звершень мимоволі постає запитання: але чи так вже людству необхідний аналог живої істоти? Приблизники розробок в цій області виходять з тези, що «роботи – це універсальні солдати». Вони надійніші, сильніші, витриваліші за людей. Тому пропонують використовувати людиноподібних роботів при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, в тривалих бойових діях, знешкодженні терористів. Вже створені роботи, чие завдання – допомагати літнім людям і інвалідам. Повноцінного людського спілкування вони не замінюють, але при цьому здатні допомогти людям в самообслуговуванні.

Прихильники інших поглядів вважають, що окрім ризику того, що машини почнуть приймати рішення без відома людини, існує й інша небезпека. Люди поступово припиняють думати самі. Високі технології замінюють людині копійку розумову працю. І це напевно позначиться на інтелекті подальших поколінь.

Враховуючи такі обставини, розвивається й інший підхід – це вдосконалення самої людини за рахунок кібер-пристроїв. Перспектива жити по двісті років в ідеальному штучному тілі, але зберігаючи свою унікальну свідомість, – доки з області фантастики. Проте окремі штучні «складові» людини зустрічаються вже дуже часто. Так, наприклад, в Інституті майбутньої людини при Оксфордському університеті вважають, що людство у майбутньому ставатиме об'єктом клонування, штучних генетичних змін, нанотехнологій. Згідно з таким баченням, людина майбутнього буде або суперсолдатом, або суператлетом, в порівнянні з якими сучасна людина – ніщо. Безсмертя досягатиметься тим, що мозок скануватиметься атом за атомом, іншими словами, мозок можна буде помістити в комп'ютер, який здатний «жити» (існувати) вічно.

На планеті, керованій комп'ютерами, не буде ані рутинної роботи, ані безробіття. За наявності самодисципліни кожен втілюватиме в життя свої мрії і розвивати власні таланти на користь спільноти.

Розвиток інтелектуальних технологій спонукає футурологів жваво прогнозувати майбутнє людської цивілізації на найближчі десятки років. Питання запровадження роботів займають головне місце у цих прогнозах.

Коли з'явиться можливість оснастити роботів повноцінним штучним інтелектом, багато що з того, що ми доки бачили лише в науково-фантастичних фільмах, можливо, почне втілюватися в життя. От деякі з таких передбачень.

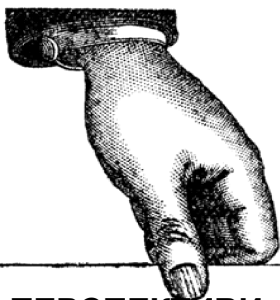
Вже у середині двадцятих років почнуть ухвалюватись закони, що регулюють стосунки людей і роботів. Ці акти повинні формалізувати діяльність роботів, визначити їх права, обов'язки й інші обмеження. А наприкінці двадцятих персональні роботи, здатні на повністю автономні складні дії, стануть такою ж звичною річчю, як холодильник або кавоварка.

На початку тридцятих років нанороботи почнуть використовуватися в медичних цілях. Вони зможуть доставляти живильні речовини до клітин людини і видаляти відходи. Вони також проведуть детальне сканування людського мозку, що дозволить ще більше зрозуміти деталі його роботи. Кінець тридцятих пов'язують з появою продуктів трансгуманістичних технологій – роботизованих людей. Вони будуть обладнані додатковим інтелектом (наприклад, орієнтованим на конкретну вузьку сферу знань, повністю охопити яку людський мозок не здатний) і всілякими опціями-імплантатами – від очей-камер до додаткових рук-протезів.

Нарешті у середині сорокових небіологічний інтелект стане в мільярди разів розумнішим, ніж біологічний. Початок цього процесу прив'язують до 2029 року, коли комп'ютер зможе пройти тест Тюринга, доводячи наявність у нього розуму в людському розумінні цього слова. Це буде досягнуто завдяки комп'ютерній симуляції людського мозку. І вже орієнтовно у 2030-му буде досягнутою так звана точка технологічної сингулярності – якісний технологічний стрибок, справжній вибух інтелектуальних технологій і роботизації. Чимало вчених і експертів передбачають, що за точкою технологічної сингулярності нас чекає інший світ, інші технології, інше людство...

Контрольні запитання

1. Що таке робот?
2. Хто є автором трьох законів робототехніки і про що в них йдеться?
3. Що представляють собою роботи промислового призначення?
4. Що таке нанороботи?
5. Які основні завдання робототехніки?
6. У чому особливості побудови маніпуляторів для роботів?
7. Які принципи закладаються у систему керування роботом?
8. Які методи штучного інтелекту знайшли застосування в системах керування робота?



6. ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ



Я думаю, що наш розум – це програма, тоді як мозок – аналог комп'ютера. Теоретично можливо скопіювати вміст мозку на комп'ютер і таким чином створити форму вічного життя. Сьогодні, проте, це не в наших силах.

*Стівен Уільям Хокінг,
англійський фізик-теоретик
і космолог*

*Прогнози футурологів.
Міфи, очікування та реалії інтелектуалізації.
Гібридний інтелект*

6.1. Прогнози футурологів

У попередньому розділі ми торкнулися теми прогнозування розвитку робототехніки на найближчу перспективу. Але ж окрім «олюднення» роботів і роботизації людини нам слід чекати, скоріше за все, і суттєвого вдосконалення інших технологій, і появи нових, і врешті-решт нової – віртуальної реальності, та, як наслідок, повної деформації цивілізації. Якщо взяти до уваги величезні темпи розвитку науки, технологій і суспільства, стає зрозумілим, що навіть в недалекому майбутньому усе це можливе. Хоча у деякі прогнози футурологів деколи важко повірити, проте... Подивимось, що очікує людство вже завтра.

У першій половині двадцятих років персональні комп'ютери досягнуть обчислювальної потужності, порівнянної з людським мозком, безпроводовий доступ до Інтернету покриє 85% поверхні Землі, а ринок гаджетів-імплантів стане масовим. Процесори стануть настільки дешевими і мікроскопічними, що їх вбудовуватимуть у всі побутові пристрої, і вони стануть «розумними». Світ буде покритий глобальною інформацій-

ною павутиною, з якою ми взаємодіятимемо за допомогою гаджетів. Це має утворити нову сутність – інфосферу цивілізації з величезним об'ємом інформації і можливістю її обробки у реальному часі. Пошук здійснюватиметься не лише за допомогою мови, але й за допомогою думок, а результати пошукових запитів виводитимуться на екран лінз або окулярів.

Завдяки науковому прогресу за одиницю часу ми подовжуватимемо своє життя на більше часу, ніж пройшло. Використовуючи підхід до біології як до програмування, використання 3D-прінтерів дозволить вирощувати нові тканини і органи. Наномашини імплантуватимуться прямо в мозок і здійснюватимуть довільне введення і виведення сигналів з клітин мозку. Це приведе до віртуальної реальності «повного занурення», яка не потребує жодного додаткового обладнання. Водночас буде зроблено гігантський прорив в розумінні таємниці людського мозку. Деякі з алгоритмів, які кодують ділянки мозку, будуть розшифровані і включені в нейронні мережі комп'ютерів. Розквіт нанотехнологій в промисловості приведе до значного здешевлення і збільшення виробництва всіх продуктів, а сонячна енергія стане настільки доступною і поширеною, що задовольнить усі сумарні енергетичні потреби людства.

Елементи комп'ютерного інтелекту стануть обов'язковими в автомобілях. Людям заборонять сідати за кермо автомобіля, не обладнаного комп'ютерними помічниками, а дороги заповнять автомобілі, що самокеруються.

З середини століття відбудеться перша потенційна реалізація безсмертя – завдяки армії нанороботів, яка доповнюватиме імунну систему і «вичищатиме» хвороби. Завдяки великій кількості нанороботів людське тіло зможе набувати будь-якої форми, а внутрішні органи замінюватимуть кібернетичними пристроями набагато кращої якості. Штучне запліднення повністю замінить природне, а в океанах діятимуть тисячі ферм, які вироблятимуть продовольство в нечуваних масштабах щоб прогодувати 10 мільярдів людей.

Нарешті, ближче до кінця століття, штучний інтелект стане в мільярди разів розумнішим, ніж біологічний. І тут ми маємо повернутися до поняття технологічної сингулярності, про яку згадувалося у попередньому розділі. Починаючи з 2030 року людство суттєво відчує переваги і небезпеки розвитку штучного інтелекту. Вже з 2045 р. відбудеться настання другої фази технологічної сингулярності, коли планета перетвориться на один гігантський комп'ютер, який буде керувати арміями роботів та й усім суспільством. І наприкінці століття настане третя фаза технологічної сингулярності – процес поширяться на увесь простір Всесвіту, де мешкатимуть люди.

Як воно буде – покаже час, але зараз, з позицій сьогодення, доцільно оцінити міфи і реалії інтелектуалізації систем та пресловутої технологічної сингулярності.

6.2. Міфи, очікування та реалії інтелектуалізації

Пройшло вже півстоліття з появи терміну «штучний інтелект» та моменту офіційного народження нової науки. Якщо озирнутися назад, згадати ті надії і обіцянки, які звучали на початку шляху, оцінити, що сталося насправді, необхідно зазначити, що за час свого розвитку галузь науки «штучний інтелект» декілька разів проходила через зміну основних підходів, основної парадигми, яка визначає саму мету її розвитку.

Початкове, що спадає на думку людині, яка вперш чує про штучний інтелект, це те, що фахівці намагаються створити «штучний мозок» – щось на зразок штучної нирки або штучної руки. Тобто вважається, що їх основні зусилля спрямовані на створення технічних пристроїв, здатних замінити інтелект людини (або, принаймні, мавпи). Ця думка є глибоко помилковою, хоча б тому, що ми, на жаль, дуже мало знаємо про те, що таке інтелект.

Ми вже вміємо не лише лікувати різні органи людського організму, але й будувати для них штучні запасні частини або замінювати увесь орган цілком його технічною подібністю. З інтелектом ситуація абсолютно інша. Зазвичай вважалося, що вмістищем інтелекту людини є його мозок, проте останніми роками це ставиться під сумнів. Висловлюється навіть гіпотеза, що пам'ять людини локалізована в оточуючому його просторі, а структури мозку забезпечують лише контакт з цим полем пам'яті. У такому разі доречна аналогія з комп'ютером, що працює з деякою розподіленою базою знань. А сам комп'ютер уявляє багатопроекторний комплекс з паралельними обчисленнями. На думку відомого радянського вченого з кібернетики Д.О. Поспелова, в мозку реалізовані три специфічні механізми обробки інформації:

- звичайний цифровий комп'ютер, здатний переробляти символи, проводити обчислення і міркування з їх використанням (ліва півсфера мозку);
- аналоговий комп'ютер, що оперує з безперервними образами, здійснює геометричні перетворення, виділяє схожість і відмінність в образах (права півсфера мозку);
- і, нарешті, третій «механізм» – спеціальний програмуючий пристрій, за допомогою якого формуються програми роботи цифрового та аналогового комп'ютера (це лобові долі обох півкуль, відповідальні за процеси навчання).

На сучасних комп'ютерах вдалося відтворити чимало процесів, які традиційно вважалися монополією людського інтелекту. Відомі програми, що пишуть непогану музику, цілком пристойні вірші, що ставлять вірний медичний діагноз або дають раду, як найбільш вигідно вкласти капітал. Але кожна така програма сама по собі не є проявом інтелекту машини. «Інтелектуальна» складова є відображенням інтелекту того програміста, що написав програму та інженера по знаннях, що підготував необхідні дані і знання. Інтелект людини проявляється не тільки у тому, що він пише вірші, розв'язує математичні задачі, винаходить нові технічні пристрої, а в тому, що він може навчитися це робити. І тут можливості людини воістину безмежні.

З цього можна сформулювати основну мету наукового напрямку «штучний інтелект». Ця мета полягає в створенні засобів, які дозволили б комп'ютерам, роботам й іншим штучним системам при виникненні деякої проблеми, що потребує рішення, будувати самостійно процедуру, яка дозволяє цю проблему вирішити. Тобто створення в машині деякого «програміста» – ось першорядне завдання, над вирішенням якого півстоліття б'ються науковці і фахівці в області комп'ютерних наук та штучного інтелекту.

Наскільки реальною є перспектива досягти успіху у цій непростій справі? Тут треба задатися іншим запитанням – а розуміємо ми що-небудь дійсно так, як це є насправді? Людьми, у тому числі і багатьма вченими, володіє віра в те, що людський мозок в принципі здатний осягнути істинну сутність речей і явищ у навколишньому світі. Ця віра йде від процесу звикання до нових представлень, який визначає усю історію природних наук. З розвитком науки усе більше зростає кількість апіорних тверджень, що приймаються на віру. За висловлюванням Макса Планка «вчені не змінюють поглядів, вони просто вмирають, а нові покоління зі шкільної лави звикають до нових поглядів». Та й і в самій основі науки лежить віра в об'єктивне існування зовнішнього світу, не залежне від власної свідомості. Чи означає усе сказане, що ми нічого по-справжньому не розуміємо, ні в чому не можемо бути до кінця переконаними?

А. Тюрінг показав, що неможливо зовні відрізнити людину, що має індивідуальну свідомість, від досить хитромудро зробленого автомата, який індивідуальної свідомості не має. Таким чином, індивідуальна свідомість знаходиться і, скоріше за все, завжди знаходитиметься за межами науки. І не лише сьогоднішньої науки. Індивідуальна свідомість лежить за межами будь-якої мислимої науки.

Отже, говорячи про можливість створити штучний інтелект, наука відповідає «можна», але при цьому вирішити, створений або ні штучний

інтелект, вона в змозі тільки своїми науковими методами, принципово нездатними відрізнити об'єкт, що має індивідуальну свідомість, від автомата, що нею не володіє. У свою чергу релігія відповідає «не можна», тому що людина може зробити тільки матеріальне, а індивідуальна свідомість, що вважається нами обов'язковою ознакою інтелекту, такою не є.

У кожної людини в голові знаходиться складна нейронна мережа. І якщо всі нейрони витягнути в одну ниточку, то вийде 2,8 мільйона кілометрів. Це вистачає, щоб 68 разів облетіти довкола Землі або сім разів злітати на Місяць. В людського плоді нейрони утворюються з неймовірною швидкістю – майже 30 мільйонів за годину. Кожен нейрон має до 10 000 або більше можливих зв'язків з іншими нейронами. А в цілому всіляких зв'язків-контактів в мозку – незліченна безліч, не менше, ніж зірок у Всесвіті. Так і виходить нейронна мережа, по якій тече інформація. І там же обробляється. Як це відбувається – ми не знаємо. Можливо, що мозок використовує іншого типа математику, чи взагалі іншу фізичну основу, ще невідомі нам сигнали...

Видатний математик і філософ Роджер Пенроуз сказав: «модельовання мозку неможливе, тому що не все в мозку – обчислення. Інтелект вимагає розуміння, а розуміння – усвідомлення. А що таке усвідомлення – ніхто не знає. Як це відбувається формально – не знаємо. Які алгоритми, як описати, щоб передати машині – не знаємо».

Сучасні суперкомп'ютери здійснюють трильйони операцій в секунду. І ця швидкість збільшується кожні три місяця у два рази. Але це незрівняне зі швидкістю проведення нервових процесів у нас в мозку. Виходить, що за швидкостями ми програємо цю гру назавжди, і чи є шанси наздогнати – ми поки не знаємо.

Чимало вчених вважають, що основною ознакою інтелекту є здатність до навчання. Відомий фахівець з проблем мови і мислення професор Санкт-Петербурзького державного університету Тетяна Чернігівська розмірковує з цього приводу: «Як це робить людське дитя? Воно приходить у світ як інопланетянин, не знаючи про нього нічого. Воно повинне все про нього взнати. У цьому йому допомагає його мозок, завдяки генетичній програмі, яка знає, як видобувати зі світу інформацію. Тепер уявіть, що дитя повинне опанувати мову тоді, коли його ніхто цьому не вчить. Воно чує багато різних звуків і повинне визначити: що мова, а що не мова. Сусіди співають, кішки нявкають, собаки гавкають, машини скриплять гальмами. Що з цього мова? Йому ніхто не підказує. Більш того, йому ніхто не повідомляє жодних правил а ні про відмінки, а ні про закінчення. Воно само собі пише так звану карту мови. Дитя виконує неймовірне за складністю завдання. Як воно це робить – ми не знаємо».

6.3. Загрози і переваги технологічної сингулярності

Починаючи з XVIII ст. розвиток цивілізації визначається індустріальними епохами. Австрійський економіст Йозеф Шумпетер (*Joseph Alois Schumpeter*) запропонував циклову модель індустріального розвитку. Тривалість кожного циклу, на його думку, швидше за все складає 50-60 років. Початок чергового циклу знаменується певною промисловою (технологічною) революцією і свідчить про виникнення принципово нового виробничо-економічного середовища в суспільстві (рис. 6.1).

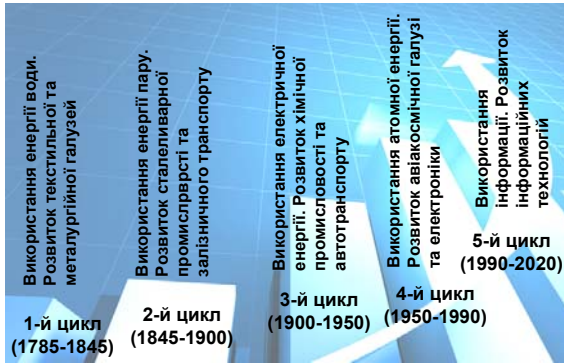


Рис. 6.1. Індустріальні (технологічні) цикли (за Шумпетером)

Закінчення п'ятого циклу прогнозувалося приблизно до 2020 року і вважалося, що цей цикл є останнім циклом індустріального розвитку і водночас веде із себе своєрідний перехідний період до нового типу суспільства – постіндустріального. Але розвиток технологій перевершив усі сподівання і у фазу постіндустріального суспільства, на думку багатьох вчених і фахівців, світ увійшов вже з початку XXI століття.

Розвитком цих положень стала інша теоретична концепція постіндустріального суспільства, за якою воно отримало назву «інформаційного суспільства». Цей термін виникнув в середовищі японських соціологів на початку 1960-х років і представляє історичну фазу можливого еволюційного розвитку цивілізації, в якій інформація і знання як головні продукти виробництва продукуються в єдиному інформаційному просторі. Французький економіст і соціолог Ж. Фураст'є (*Fourastie*) визначив постіндустріальне суспільство як «цивілізація послуг», тобто розвиток широкого спектра послуг на основі використання ІКТ (*e-Services*).

До цього слід додати, що нова епоха пов'язана і з інтелектуалізацією систем і технологій.

У цьому зв'язку виникає логічне запитання – куди спрямований вектор нашого розвитку і які можливі наслідки цих процесів? Вочевидь, якщо слідувати ідеям багатьох вчених і фахівців, наприклад, канадського публіциста Дона Тапскотта (Don Tapscott), глобальність змін, що відбуваються з людством, визначає напрям «цифрова економіка» чи «епоха мережевого інтелекту», якими воно рухатиметься в перспективі, або, як більшість фахівців іменують, «ера інформації» чи «цифрова епоха».

Не слід, проте, думати, що майбутнє «електронно-цифрове співтовариство» є суцільним панегіриком інформаційним технологіям. Значною мірою, якщо провести аналіз існуючих і потенційних проблем, пов'язаних з майбутньою віртуалізацією життя, необхідно приділити уваги до думки багатьох вчених, що сучасна земна цивілізація знаходиться на порозі дуже важкої кризи.

Кризові явища супроводжують усі етапи розвитку цивілізації (рис. 6.2). За об'єктивними показниками кожен етап розвитку складається з фази початку етапу, фази підйому і фази занепаду, що графічно можна представити як S-подібну криву (на рис. 6.2 показані жирними лініями). Характерним є те, що кожна наступна криза ще більш суттєво впливає на стан безпеки цивілізації, що на рисунку відображено кривою стрілкою.



Рис. 6.2. Кризові явища етапів розвитку цивілізації

Передчуття кінця епохи завжди викликало до життя чимало дивних суспільних рухів. Так, наприкінці індустріальної з'явилися «зелені», що праг-

нуть зупинити промисловий розвиток для збереження місця існування, «антиглобалісти», що закликають відмовитися від індустріальної економіки в ім'я традиційних культурних цінностей. У цьому ряду знаходяться й ті, що, передбачаючи завершення ери інформатизації, пророкують прихід суспільства кіборгів, у якому людство уперше у своїй історії опиниться в ситуації, коли на планеті будуть існувати істоти, розумніші ніж люди. Та й чимало вчених і експертів передбачають, що збільшення швидкості технологічних змін незабаром приведе до якісного технологічного стрибка, справжнього вибуху, і буде досягнутою так звана «точка технологічної сингулярності».

Термін «сингулярність» запозичений у астрофізиків, які використовують його при описі космічних чорних дір. Математично сингулярність (особливість) – це точка функції, значення в якій прагне до нескінченності, або інші подібні особливі точки. Цей термін у даному контексті уперше використав ще в середині ХХ ст. видатний вчений та винахідник перших комп'ютерів Дж. Фон-Нейман, маючи на увазі математичне, а не астрофізичне розуміння цього слова, тобто точку, за якою екстраполяція починає давати безглузді непередбачувальні результати (розходитьсЯ).

Отже аналітики з різних країн (Vernor Vinge, Ray Kurzweil, Константин Балашов, Андрей Новосёлов, Александр Болонкин та ін.) вважають, що інтенсивність технологічних змін біля точки сингулярності буде вищою, ніж це може уявити сучасна людина, а за точкою технологічної сингулярності нас чекає інший світ, інші технології, інше людство. Наслідки такого становища можна цілком реально уявити. Один з них полягає у тому, що пересічні громадяни не зможуть перебудуватися, опанувати технології нового суспільства, почнуть суцільний день дивитися телебачення або розважатися комп'ютерними іграми, і будуть витиснені з суспільної сцени за непотрібністю.

Навіть сьогодні нам дуже складно не відставати від технологій, які розвиваються із запаморочливою швидкістю. Проте з настанням часу сингулярності ця швидкість стане набагато більшою.

Застереження щодо майбутнього панування штучних істот, зокрема завдяки зусиллям письменників-фантастів, вже стали звичним явищем. Згадаймо одне з найпохмуріших передбачень письменника-фантаста Артура Кларка, що написав про штучний інтелект Hal-9000, який управляє космічним кораблем, що відправився в політ до Юпітера. Комп'ютер виявляється набагато розумнішим за людину, він мислить незалежно і критично, уміє обробляти мови і має центральну нервову систему. Він настільки схожий на людей, що в якийсь момент просто сходить з розуму...

Окрім ризику того, що машини почнуть приймати рішення без відома людини, існує й інша небезпека – формування «провалля Мура». У

якийсь момент можливості інтелектуальних систем настільки перевершуватимуть наші, що ми перестанемо розуміти механізми і логіку, що стоять за рішеннями, що приймаються ними. Лише окремі представники людства, найбільш обізнані, зможуть користуватись новими технологіями. Основна маса людей поступово припинять думати самі, адже високі технології замінюють людині копітку розумову працю. Залежність від кіберістот, в яку ризикує попасти людство, напевно, позначиться на подальших поколіннях, і це може буде остаточною фазою існування людської цивілізації.

6.4. Гібридний інтелект

Але чи варто боятися засилля кремнієвих «братів за розумом»? Відомий американський соціолог О. Тоффлер в книзі «Шок від майбутнього» писав, що поява принципово нових машин підказує ідеї зміни інших машин – воно також підказує нові вирішення соціальних, філософських і навіть особистих проблем. Винахід і поширення комп'ютера стимулювало велику кількість нових ідей про людину як взаємодіючу частину більш крупних систем, про її психологію, про те, як вона навчається, запам'ятовує, приймає рішення. У своїх дослідженнях самого себе людина заходить все далі. Бажання людини менше хворіти, менше страждати, а в кращому разі отримати вічну молодість і безсмертя є природним.

Незважаючи на неминучі кризи епох розвитку людини, на викликані цими кризами відставання значної маси людей від поточної парадигми розвитку, кожна епоха дарувала людству нові досягнення, видатних особистостей та нову якість життя (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Досягнення і відставання в еволюційні епохи

Спираючись на це багато вчених схилиються до ідеї трансгуманізму, до того, що, ймовірно, наслідком епохи технологічної еволюції буде формування надінтелектуальної людини, надлюдини, досконалою як фізично, так і розумово. Досягти такої мети можливо використовуючи досягнення технологій штучного інтелекту поряд з іншими високими технологіями, які дозволяють створювати штучні органи людини.

Як це часто бувало в історії інших нововведень (від ядерних технологій до біотехнології), люди спочатку створюють інструменти, які можуть їм нашкодити, а потім винаходять механізми, щоб від них захиститися. У цьому сенсі штучний інтелект займає місце у ряді таких сфер життя суспільства, які ставлять перед нами завдання, що не мають єдино вірного вирішення. Вони піднімають поточні питання про те, як ми розпоряджаємося навколишнім світом. Кожне покоління повинне вирішувати ці питання заново. Наше завдання – оцінити небезпеку цих новітніх технологій, підтримати їх розвиток і зібрати плоди.

Безумовно, інтелектуалізація технологій приведе до зміни порядку управління та самоврядності в суспільстві. Це заставляє нас по-новому вирішувати вічні проблеми і нові завдання, спираючись на основні людські принципи. Чого ми не повинні допустити, так це некерованого розвитку робототехніки, коли формування технології стає непідвладним людині. Потрібно сприяти розвитку технологій, не забуваючи про безпеку людей.

Так яке ж місце штучним істотам має бути відведене у нашому майбутньому і як нам досягти рівня надлюдини? Найімовірніше, має бути реалізованою чергова фаза розвитку людино-машинних систем у вигляді гібридного інтелекту. Цей оптимістичний погляд полягає у тому, що кіборги залишаться таким же інструментом в руках людини, як колись була мотиґа, яку замінила машина, а згодом на допомогу людям прийшов і комп'ютер (рис. 6.4).

Епоха гібридного інтелекту – це поєднання розуму людини з надзвичайними можливостями штучних істот в опрацюванні інформації і виконанні рутинних функцій. Можливості гібридного інтелекту зроблять імовірним формування інтелектуального суспільства, що має прийти на зміну постіндустріальному – інформаційному.

Гібридний інтелект (від грецької – кровозмішення) – це поєднання інтелекту людини з «інтелектом» машини і їх взаємодія при вирішенні пізнавальних та інших завдань. При цьому один інтелект мов би доповнюється, посилюється іншим. Гібридність полягає в сплаві, суміші інтелектів, різних за своєю природою і формам існування. Така гібридна органічність виникає вже зараз при роботі людини в режимі мультимедіа на комп'ютері, а

раніше було відмічено у взаємодії людини і тварин, коли виникало повне розуміння двох дуже різних сторін.



Рис. 6.4. Схема гібридного інтелекту

Хоча окремо ані людина, ані комп'ютер не мають необхідної інтелектуальної потужності, у взаємодії вони цю потужність утворюють. Нарешті, погоджена співпраця людей і комп'ютерів, об'єднаних мережею, неймовірно примножують цю потужність. Крім того, виникає й своєрідна взаємна кіберсоціальна фасілітація (від *facilitate* – полегшувати), яка полягає у підвищенні швидкості або продуктивності діяльності людини унаслідок актуалізації в її свідомості образу (сприйняття, представлення і т. ін.) іншої істоти (або групи істот), що виступають у ролі суперника або спостерігача.

Чи є у сучасної людини шанс підготуватись до входу у прірву сингулярності, і навіть подолати її? У всі віки підсиленням природних здібностей людини до надприродних займалися різні окультні вчення (йоги, синхи, будісти, шамани та ін.) Вважається, що людина, здатна до саморегуляції шляхом медитації, у взаємодії з «вищим духом» утворюють нову потужність. Відомі випадки надзвичайних властивостей людей щодо гнучкості тіла, терпимості до болю, до холоду, до голоду, запам'ятання великого об'єму інформації та ін. Це свідчить про великі потенційні можливості людини. Але практика медитації доступна далеко не усім.

У останнє десятиліття нововведення (технології, соціальні відношення, політика) буквально хлинули у наше життя. У зв'язку із цим кожному потрібно дуже пильно стежити за інноваціями, щоб не пропустити момент дозрівання соціально-технологічного ривка. Науковий підхід полягає у тому, що для цього потрібно підвищувати рівень освіти, розвивати в себе креативність, новаторство, підтримувати творчий процес.

У цьому важлива роль відводиться системі навчання молоді і допомозі інформаційних технологій. Прийшов час значно поліпшити систему навчання в стінах університетів, що не змінювалася сотні років. Розвиток

освітніх технологій і дистанційного доступу до знань здатний кардинально змінити навчання в школах і університетах. У дистанційному навчанні навантаження курсу повинне відповідати звичайному університетському, проте інформація має подаватися по-іншому. Один з підходів полягає у заміні лекцій серією навчальних інтерактивних відеороликів з вправами.

При цьому має реалізовуватись принцип «навчання через усе життя». Усе більше новітніх освітніх технологій житимуть з людиною упродовж його життя, розвиватимуться і змінюватимуть систему стосунків з цією людиною. Технологія знатиме людину, буде зростати разом з нею, допомагати їй у досягненні життєвих цілей, надавати когнітивну, емоційну, культурну й економічну підтримку.

Врешті решт це має привести до сплеску розвитку новаторства. Ейнштейн називав невідому силу, що захоплювала його до чергового прозріння, інтуїцією. Інші говорять про натхнення, творчий дар, або креативність. Загалом, йдеться про здатність висувати нові, несподівані ідеї. У повсякденному житті – чи то в роботі або у захопленнях на дозвіллі – багато хто з нас, самі того не помічаючи, знаходять творчі ідеї. Так чи не можна «приручити» цей закладений в нас дар? Завдяки оригінальним нововведенням можна спромогтись цього, особливо враховуючи попит на креативність в наші дні.

Людський чинник має величезне значення для досягнення поступу цивілізації. В світі зі штучним інтелектом заохочуватимуться такі людські якості, як творчість, інтуїція, ризик і інтелектуальні амбіції, адже наша винахідливість – це джерело прогресу.

Вчені-психологи встановили, що серед творчих натур не так часто зустрічаються люди з високим коефіцієнтом інтелекту. Вундеркіндами їх не назвеш. Часом на них не звертали особливої уваги в дитинстві – хіба що батьки вірили в те, що з їх дитини неодмінно щось вийде або окремі вчителі вгадували в них надзвичайні здібності. Зате подібні діти звалили досягати успіху, коли, здавалося, усе проти них. Висновок простий: одних природних завдатків недостатньо. Що ще треба для творчості? Як не зарити свій талант у землю? Цей висновок може здаватися банальним, але його правоту підтверджують дослідники: потрібно вчитися! Захоплено вчитися!

Контрольні запитання

1. У чому полягає основна мета наукового напрямку «штучний інтелект» щодо створення «інтелектуальної машини»?
2. Що є основною ознакою інтелекту з наукової точки зору?

3. У чому полягає сутність «інформаційного суспільства»?
4. Чим може проявитися небезпека «провалля Мура»?
5. Чим характеризується майбутня епоха гібридного інтелекту?



ЛІТЕРАТУРА

1. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем / Ю.П. Зайченко. – К.: Видавничий дім «Слово», 2004. – 352 с.
2. Нестеренко О.В. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень / О.В. Нестеренко, О.І. Савенков, О.О. Фаловський. [За ред. Бідюка П.І.]. Навч. посібник. – К.: Національна академія управління, 2016. – 188 с.
3. Ямпольський Л. С. Нейротехнології та нейросистеми: монографія / Л.С. Ямпольський. – К.: Дорадо-Друк, 2015. – 508 с.
4. Башмаков А.И. Интеллектуальные информационные технологии / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. Учеб. пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
5. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – М.: Советское радио, 1958. – 216 с.
6. Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика / В.Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
7. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – С.-Петербург: Питер, 2000. – 384 с.
8. Гарднер Г. Структура разума: теория множественного интеллекта / Говард Гарднер. – Москва, С.-Петербург, Киев: Вильямс, 2007. – 512 с.
9. Герасимов Б.М. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.Б. Токарев. – К.: Наук. думка. – 1993. – 184 с.
10. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. – М.: Наука, 1982. – 552 с.
11. Джарратано Дж. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Джозеф Джарратано, Гари Райли. – Москва, С.-Петербург, Киев: Вильямс, 2001. – 624 с.
12. Джексон П. Введение в экспертные системы / Питер Джексон / Пер. с англ. – Москва, С.-Петербург, Киев: Вильямс, 2001. – 397 с.
13. Интеллектуальные информационные системы и технологии: учебное пособие / Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, В.В. Алексеев и др. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ГГТУ», 2013. – 244 с.

14. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей / Роберт Каллан. – Москва, С.-Петербург, Киев: Вильямс, 2001. – 288 с.
15. Кричевский М. Л. Интеллектуальные методы в менеджменте. – СПб.: Питер, 2005.
16. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
17. Лютер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Джордж Ф. Лютер. – Москва, С.-Петербург, Киев: Вильямс, 2003. – 864 с.
18. Майер-Шенбергер В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим / Виктор Майер-Шенбергер, Кеннет Кукьер. – Пер. с англ. – М.: «Манн, Иванов и Фербер», 2014. – 221 с.
19. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход (АИМ) / Стюарт Рассел, Питер Норвиг. – Москва, С.-Петербург, Киев: Вильямс, 2005. – 1424 с.
20. Хокинс Дж. Об интеллекте / Джефф Хокинс, Сандра Блейкли. – Москва, С.-Петербург, Киев: Вильямс, 2007. – 240 с.
21. Holsapple, C.W. Decision Support Systems (a knowledge based approach) / C. W. Holsapple, A. B. Whinston. – New York: West Publishing Company. 1983. – pp. 860.
22. Gupta, Jatinder N.D. Intelligent Decision-making Support Systems: Foundations, Applications and Challenges / Jatinder N.D. Gupta, Guisseppi A. Forgionne, Manuel Mora. -Springer Science & Business Media, 2007. – pp.527.



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Дані, інформація, знання

Дані (*Data*) – окремі факти, які характеризують об’єкти, процеси і явища предметної області та їх властивості (потенційні джерела інформації у вузькому розумінні).

Епістемологія (*Epistemology*) – наука про знання.

Знання (*Knowledge*) – це закономірності предметної області (принципи, зв’язки, закони), отримані в результаті теоретичної і практичної діяльності, а також професіонального досвіду, які дозволяють робити постановки задач і розв’язувати їх в даній конкретній області (формалізована система суджень). Знання – основний термін теорії штучного інтелекту. Часто знання визначають як відношення між елементами даних. Знання отримують в результаті застосування до початкових даних (декларативної інформації) деяких методів обробки з використанням зовнішніх процедур – приєднаних процедур або процедурної інформації.

Знання експертні (*Experts knowledge*) – знання, які має в розпорядженні фахівець в деякій предметній області.

Інженер по знаннях (*knowledge engineer*) – фахівець, основним завданням якого є проектування баз знань і наповнення їх знаннями про проблемну область.

Інформація (*information*) – 1. У широкому розумінні – будь-які відомості. 2. У вузькому розумінні – оброблені, структуровані дані (потенційне джерело знань).

Інформаційний простір (*information space*) – 1) середовище, де здійснюється формування, збір, зберігання та розповсюдження інформації; 2) інтегральне електронне середовище, що створюється при використанні електронних мереж; 3) сфери в сучасному суспільному житті світу, в яких інформаційні комунікації відіграють провідну роль.

Інформаційне середовище (*information environment*) – сукупність технічних і програмних засобів зберігання, обробки і передачі інформації, а також політичні, економічні і культурні умови реалізації процесів інформатизації.

Метадані (*Metadata*) – це «дані про дані», добре структуровані інформаційні елементи (у вузькому розумінні), визначають здатність використовувати інформацію і є елементами знань.

Метазнання (*Metaknowledge*) – це «знання про знання», визначають можливість реалізації процесу їхньої інтерпретації та планування виведення (формалізована система, що дозволяє виправляти або доповнювати знання системи).

Онтологія (*Ontology*) – метазнання (повні) про предметну область.

Подання знань (*Knowledge representation*) – основний тип моделей в інтелектуальних системах. Реалізація конкретних систем, що ґрунтуються на знаннях, відбувається з використанням однієї або декількох моделей подання знань або мов подання знань.

Пошук (*інформації*) (*search*) – рух в структурованому інформаційному просторі від одних вузлів цього простору до інших.

Шум (*Noise*) – інформаційні елементи, що не становлять інтересу.

Інформаційні системи

Автоматизована система (*automated system*); автоматизована інформаційна система – організаційно-технічна система, що реалізує інформаційну технологію і об'єднує обчислювальну систему, фізичне середовище, персонал і інформацію, що обробляється.

База даних (*data base*) – організація інформаційних одиниць (даних) у відповідності до заданої структури в пам'яті комп'ютера (дисківної пам'яті).

База знань (*knowledge base*) – складно структурована організація інформаційних одиниць (правил) в пам'яті комп'ютера (дисківної пам'яті).

Інтелектуальна система (*intellectual system*) – 1) система, що моделює на комп'ютері мислення людини; 2) система, що дозволяє посилити інтелектуальну діяльність людини за рахунок ведення з нею осмисленого діалогу; 3) об'єднана інформаційним процесом сукупність технічних засобів і програмного забезпечення, що працює у взаємодії з людиною (колективом людей) чи автономно, яка здатна на підставі відомостей про оточуюче середовище і власний стан за наявності знань і мотивації синтезувати мету, приймати рішення про дії і знаходити раціональні способи досягнення мети; 4) що здатна цілеспрямовано, залежно від стану інформаційних входів, змінювати не лише параметри функціонування, але й сам спосіб своєї поведінки, причому спосіб поведінки залежить не лише від поточного стану інформаційних входів, але також і від попередніх станів системи.

Інформаційна система (*information system*) – взаємопов’язаний набір інформації, технологій, інструментів і методів її обробки, а також колектив, який реалізує управління інформаційним процесом.

Інформаційно-телекомунікаційна система (*ITC*) – сукупність інформаційних та телекомунікаційних систем, які в процесі обробки інформації діють як єдине ціле (Закон України про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах).

Система (*system*) є впорядкованою множиною різнорідних елементів або частин, які взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем, інтегровані в єдине ціле і функціонують з метою досягнення спільних цілей.

Система керування базою даних (*СКБД*), *Database management system* (*DBMS*) – сукупність програмних засобів, що забезпечують запис, зберігання і пошук інформаційних одиниць заданої структури (даних) в базі даних.

Штучний інтелект та інтелектуальні технології

Алгоритм генетичний (*Genetic algorithm*) – організація процесу моделювання предметної області, що нагадує еволюцію в живій природі. Альтернативні рішення відповідають популяції. Для вибору рішення використовуються механізми, схожі на мутацію

Висловлювання (*Propositional formula*) – логічний вираз, відносно якого завжди можна стверджувати, що він або істинний, або хибний.

Висновок (*Inference*) – отримання нових інформаційних одиниць з раніше відомих. Частковим випадком є логічний висновок.

Евристика (*Heuristic*) – прийом розв’язання задачі, що ґрунтується не на строгих математичних моделях і алгоритмах, а на міркуваннях «здорового глузду».

Логіка (*Logic*) – наука про правильні способи міркувань.

Механізм висновку (*Inference mechanism*) – сукупність правил висновку і стратегії управління висновком.

Навчання (*Machine learning*) – засвоєння знань шляхом або отримання і сприйняття інформації від експерта або обробки спостережуваної інформації з подальшою побудовою нових загальних правил і закономірностей. Використовується в інтелектуальних системах для придбання нових знань.

Оболонка (*Shell*) – інструментальний засіб для проектування і створення експертних систем.

Перцептрон (*Perceptron*) – пристрій, побудований за нейробіонічним принципом.

Предметна область (*Subject domain*) – це область людської діяльності, в якій вирішуються різні завдання за допомогою підходів і методів штучного інтелекту та інтелектуальних систем.

Робот (*Robot*) – технічний пристрій, здатний до планування доцільної поведінки в умовах динамічного, заздалегідь не повністю відомою середовища.

Розпізнавання образів (*Recognition of patterns*) – науковий напрям, основним завданням якого є створення моделей, методів і засобів, пов'язаних з вирішенням завдань класифікації, таксономії, формування понять і т.ін.

Розуміння природної мови (*Understanding of human language*) – сукупність моделей і процедур, за допомогою яких в інтелектуальних системах відбувається співвідношення тексту на природній мові, що поступає, з фрагментами знань з бази знань.

Сутність (*Essence*) – будь-який об'єкт в предметній області.

Чорний ящик (*Black box*) – введене американським вченим-кібернетиком У.Р. Ешбі найменування об'єкту дослідження, внутрішнє облаштування якого невідоме або не береться до уваги.

Штучний інтелект (*Artificial intelligence*) – науковий напрям, у рамках якого ставляться і розв'язуються задачі апаратного або програмного моделювання тих видів людської діяльності, які традиційно вважаються інтелектуальними.

Навчальне видання

**Нестеренко Олександр Васильович
Ковтунець Олесь Володимирович
Фаловський Олександр Олександрович**

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

ВВІДНИЙ КУРС

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск, технічний редактор
та комп'ютерна верстка *Цаплюк І.В.*

Підп. до друку 20.04.2017. Формат 60x84/₁₆
Папір офс. Гарнітура Times New Roman. Друк офс.
Ум. друк. арк. 5,16. Обл.-вид. арк. 4,29.
Тираж 300 прим. Зам. 66.

Національна академія управління
03151, м. Київ, вул. Ушинського, 15, км. 312.
тел. 242-24-64, 242-10-98, 242-10-95
www.nam.kiev.ua, eco@nam.kiev.ua, NAU-kniga@ukr.net

Віддруковано в типографії
ТОВ "Наш формат", 02105,
м. Київ, пр-т Миру, 7