

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

**Лубко Д.В., Шаров С.В.**

# **Методи та системи штучного інтелекту**

Навчальний посібник

Мелітополь  
2019

УДК 004.8(075)

М-54

*Рекомендовано Вченою Радою Таврійського державного агротехнологічного університету як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (протокол № 9 від 26.03.2019 р.)*

**Рецензенти:**

**Діордієв В.Т.** – д.т.н., професор, завідувач кафедри електроенергетики і автоматизації Таврійського державного агротехнологічного університету

**Єремєєв В.С.** – д.т.н., професор кафедри інформатики і кібернетики Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького

**М-54** Методи та системи штучного інтелекту: навч. посіб. / укл. Д.В. Лубко, С.В. Шаров. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2019. – 264 с.

ISBN 978-617-7566-68-6

Основне призначення даного навчального посібника полягає у відображенні теоретичних, практичних та методологічних основ у проектуванні систем штучного інтелекту. Розглянуті питання щодо методів та систем штучного інтелекту, проектування, розробки і застосування систем, призначених для обробки інформації, які базуються на застосування методів штучного інтелекту та суміжних з ним інтелектуальних систем.

Навчальний посібник «Методи та системи штучного інтелекту» призначений для студентів вищих навчальних закладів різного рівня акредитації, які вивчають наступні дисципліни: «Інтелектуальні інформаційні системи», «Методи та системи штучного інтелекту», «Основи обчислювального інтелекту», «Технології розробки та проектування інтелектуальних систем», а також викладачів та студентів, які цікавляться питаннями розробки та використання систем штучного інтелекту.

ISBN 978-617-7566-68-6

УДК 004.8 (075)

© Лубко Д.В., Шаров С.В.

© Таврійський державний

агротехнологічний університет, 2019

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	6
ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ І. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ....	8
1.1. Екскурс в історію зародження та розвитку штучного інтелекту.....	8
1.2. Визначення штучного інтелекту та пов'язаних з ним понять	11
1.3. Напрямки використання штучного інтелекту.....	16
1.4. Реалії та перспективи розвитку штучного інтелекту.....	20
Питання для самоконтролю.....	25
РОЗДІЛ 2. ФОРМАЛЬНІ МЕТОДИ В ШТУЧНОМУ ІНТЕЛЕКТІ	26
2.1. Базові поняття та закони логіки висловлювань.....	26
2.2. Класифікація міркувань.....	31
2.3. Прості силогізми.....	33
2.4. Дедуктивні міркування.....	34
2.5. Індуктивні умовиводи.....	38
2.6. Висновки за аналогією.....	39
2.7. Нечітка логіка.....	40
2.8. Процедура резолюції.....	42
2.9. Формальні граматики.....	44
2.10. Теорія алгоритмів.....	45
2.11. Теорія імовірності й умовна ймовірність Т.Байеса.....	47
Питання для самоконтролю.....	50
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛІ ПОДАННЯ ЗНАНЬ.....	51
3.1. Загальні питання інженерії знань.....	51
3.2. Логічні моделі.....	57
3.3. Семантичні мережі.....	60
3.4. Фреймові моделі.....	65
3.5. Продукційні моделі.....	70
3.6. Моделі, які керуються зразками.....	77
3.7. Менеджмент знань як сучасна технологія управління підприємством.....	80
Питання для самоконтролю.....	83
РОЗДІЛ 4. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ....	85
4.1. Визначення та особливості інтелектуальних систем.....	85
4.2. Архітектура інтелектуального інтерфейсу.....	91
4.3. Класифікація систем штучного інтелекту.....	96

4.4. Етапи проектування інтелектуальних систем.....	108
4.5. Напрямки використання інтелектуальних систем.....	112
Питання для самоконтролю.....	113
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ.....</b>	<b>115</b>
5.1. Поняття і класифікація експертних систем.....	115
5.2. Характеристика та властивості експертних систем.....	120
5.3. Структура та принцип роботи експертних систем.....	125
5.4. Інструментальні засоби для розробки експертних систем.....	130
5.5. Методологія проектування експертних систем.....	133
5.6. Область застосування та приклади експертних систем.....	137
Питання для самоконтролю.....	140
<b>РОЗДІЛ 6. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ..</b>	<b>141</b>
6.1. Основні поняття мультиагентних систем.....	141
6.2. Моделі поведінки агентів.....	146
6.2.1. Колективна поведінка агентів.....	147
6.2.2. Поведінка агентів на основі моделі аукціону.....	153
6.3. Технології проектування мультиагентних систем.....	157
6.4. Приклади використання мультиагентних систем.....	160
6.4.1. Мультиагентні системи для пошуку інформації.....	160
6.4.2. Використання мультиагентних систем у навчанні.....	162
6.5. Перспективи мультиагентних технологій.....	166
Питання для самоконтролю.....	167
<b>РОЗДІЛ 7. РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ ЯК НАУКОВА ТА ПРАКТИЧНА ПРОБЛЕМА.....</b>	<b>168</b>
7.1. Історична довідка та базові визначення.....	168
7.2. Задачі розпізнавання образів.....	174
7.3. Методи розпізнавання образів.....	178
7.4. Оптичне розпізнавання символів.....	185
7.4.1. Базові поняття оптичного розпізнавання символів.....	185
7.4.2. Приклади OCR-систем та принципи їх роботи.....	190
7.5. Розпізнавання мовлення.....	196
7.6. Проблеми машинного сприйняття та зору та шляхи їх вирішення.....	197
Питання для самоконтролю.....	202
<b>РОЗДІЛ 8. ОСНОВИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....</b>	<b>203</b>
8.1. Поняття та особливості нейронних мереж.....	203
8.2. Перцептрон Розенблатта.....	209
8.3. Біологічний та штучний нейрони.....	211

8.4. Карти Кохонена.....	217
8.5. Мережа Хопфільда та асоціативна пам'ять.....	219
8.6. Навчання нейронної мережі.....	222
8.7. Нейрокомп'ютери.....	228
8.7.1. Визначення та призначення.....	228
8.7.2. Принципи навчання та роботи нейрокомп'ютера.....	231
8.8. Області використання нейронних мереж.....	234
Питання для самоконтролю.....	240
<b>РОЗДІЛ 9. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....</b>	<b>241</b>
9.1. Інструментальні засоби підтримки розробки систем штучного інтелекту.....	241
9.2. Інструментальні засоби для розробки інтелектуальних систем.....	248
9.3. Ієрархічна абстракція рівнів інтелектуальної системи.....	251
9.4. Короткий огляд мов програмування PROLOG та LISP.....	254
Питання для самоконтролю.....	258
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>259</b>

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

**АІС** – автоматизована інформаційна система  
**БД** – бази даних  
**БЗ** – бази знань  
**ЕС** – експертна система  
**ЕОМ** – електронно-обчислювальна машина  
**ЗОС** – знаннеорієнтовані системи  
**ІЗ** – інструментальний засіб  
**ІІ** – інтелектуальний інтерфейс  
**ІКТ** – інформаційно-комунікаційні технології  
**ІС** – інтелектуальні системи  
**ІІС** – інтелектуальні інформаційні системи  
**КФЕ** – критерій функціональної ефективності  
**МСШ** – методи та системи штучного інтелекту  
**НМ** – нейронні мережі  
**ПМІ** – природно-мовний інтерфейс  
**СППР** – системи підтримки прийняття рішень  
**ТЗ** – технічне завдання  
**ШІ** – штучний інтелект  
**ШНМ** – штучна нейронна мережа  
**ЧЯ** – чорний ящик  
**DOE** – Differential Ontology Editor  
**KSL** – Knowledge System Laboratory  
**KIF** – Knowledge Interchange Format  
**OCML** – Operational Conceptual Modeling Language  
**ODE** – Ontological Design Environment  
**OKBC** – Open Knowledge Base Connectivity  
**OWL** – Web Ontology Language  
**VLSI** – Very-Large-Scale-Integrated  
**URI** – Uniform Resource Identifier

## ВСТУП

В наш час, в умовах інформаційного суспільства, переваги в конкурентній боротьбі вже не визначаються ні розмірами країни, ні її природними ресурсами. Зараз все вирішує рівень освіти і обсяг знань, накопичених суспільством. У недалекому майбутньому, а в окремих випадках вже зараз, процвітати будуть держави, які зуміють перевершити інші в створенні і освоєнні нових знань. Особливу роль в цьому відіграють інформаційно-комунікаційні технології, зокрема методи і засоби штучного інтелекту.

На сьогодні існує позитивна динаміка розробки та впровадження елементів штучного інтелекту у більшість типів програмного забезпечення: мобільні додатки, інформаційні системи, електронні пристрої, тощо. Цей процес «інтелектуалізації» дозволяє казати про поступове підвищення інтелекту сучасних комп'ютерних систем, здатних виконувати функції, які традиційно вважаються інтелектуальними: розуміння мови, логічний висновок, використання накопичених знань, навчання, розпізнавання образів, а також навчатися і пояснювати свої рішення.

Цей посібник присвячений інтелектуальним системам і технологіям, тобто питанням організації, проектування, розробки і застосування систем, призначених для обробки інформації, які базуються на застосуванні методів штучного інтелекту.

Посібник містить перелік умовних скорочень, вступ, дев'ять розділів та перелік використаних джерел. У ньому розглядаються фундаментальні питання штучного інтелекту та різновиди різноманітних інтелектуальних систем. Міститься інформація про моделі подання знань, зокрема логічні, фреймові, семантичні моделі, онтології, а також розглядаються експертні системи та нейронні мережі.

До кожного розділу поданий перелік використаної літератури та питання для самоконтролю, що дозволить студентам перевірити свої знання за розділами навчального посібнику.

Навчальний посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів різного рівня акредитації, які вивчають наступні дисципліни: «Інтелектуальні інформаційні системи», «Методи та системи штучного інтелекту», «Основи обчислювального інтелекту», «Технології розробки та проектування інтелектуальних систем», а також викладачів та студентів, які цікавляться питаннями розробки та використання систем штучного інтелекту.

# РОЗДІЛ 1

## ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

### План

- 1.1. Екскурс в історію зародження та розвитку штучного інтелекту
  - 1.2. Визначення штучного інтелекту та пов'язаних з ним понять
  - 1.3. Напрямки використання штучного інтелекту
  - 1.4. Реалії та перспективи розвитку штучного інтелекту
- Питання для самоконтролю

*Література:* [2], [10], [11], [14], [16], [56], [58], [59], [64], [71]

### ***1.1. Екскурс в історію зародження та розвитку штучного інтелекту***

Історія штучного інтелекту, як вчення про розвиток сучасної науки і технології створення інтелектуальних машин, починається ще з ранніх філософських досліджень природи людини та процесу пізнання світу, пізніше розширених нейрофізіологами та психологами у вигляді ряду теорій щодо роботи людського мозку та мислення. Сучасною стадією розвитку науки про штучний інтелект є розвиток фундаменту математичної теорії обчислень – теорії алгоритмів – і створення комп'ютерів.

*Філософські передумови до виникнення науки про штучний інтелект*

На розвиток поняття «Штучний інтелект» суттєво вплинуло народження механістичного матеріалізму, яке починається з роботи Рене Декарта «Міркування про метод» (1637) та Томаса Гоббса «Людська природа» (1640). Рене Декарт припустив, що тварину можна представити у якості певного складного механізму, тим самим сформулювавши механістичну теорію.

Важливо розуміти, чим відрізняється механістичний матеріалізм від античного матеріалізму, погляди якого відображені в роботах Аристотеля, у діалектиці Гегеля, діалектичного та історичного матеріалізму (Фейєрбах, Карл Маркс, Фрідріх Енгельс). Справа в тому, що механістичний матеріалізм спрямований на механістичне походження організмів, в той час як античний матеріалізм



спрямований на механістичне походження природи, а діалектичний і історичний матеріалізм відноситься до проявів механізму в суспільстві.

З цього виходило, що без розуміння механістичності в організмах не могла йти мова про розуміння штучного інтелекту навіть на базовому рівні, а наявність механістичності природи і суспільства виходять за межі області про штучний інтелект.

*Технологічні передумови до виникнення науки.*

У 1623 р Вільгельм Шикард (нім. Wilhelm Schickard) побудував першу механічну цифрову обчислювальну машину, за якою були машини Блеза Паскаля (1643) і Лейбніца (1671). Лейбніц був першим, хто описав сучасну двійкову систему числення, хоча до нього цією системою періодично захоплювалися інші великі вчені. У 1832 році колезький радник С. Н. Корсаков висунув принцип розробки наукових методів і пристроїв для посилення можливостей розуму і запропонував серію «інтелектуальних машин», в конструкції яких, вперше в історії інформатики застосував перфоровані карти. У ХІХ столітті Чарльз Беббідж і Ада Лавлейс працювали над програмованою механічною обчислювальною машиною.

*Народження науки*

У 1910-1913 рр. Бертран Рассел і А. Н. Уайтхед опублікували роботу «Принципи математики», яка зробила революцію в формальній логіці. У 1941 Конрад Цузе побудував перший працюючий програмно-керований комп'ютер. Уоррен Маккалок і Уолтер Піттс у 1943 році опублікували працю „A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity”, яка заклала основи нейронних мереж.

*Класичні роботи.*

У 1943 році в своїй статті «Логічне числення ідей, що відносяться до нервової активності» У. Мак-Каллок і У. Піттс запропонували поняття штучної нейронної мережі. Зокрема, ними була запропонована модель штучного нейрона. Д. Хебб в роботі «Організація поведінки» 1949 року описав основні принципи навчання нейронів. Ці ідеї через декілька років розвинув американський нейрофізіолог Френк Розенблат. Він запропонував схему пристрою, що моделює процес людського сприйняття, і назвав його «перцептроном».

Серед вітчизняних вчених штучний інтелект досліджувався Д.О. Поспеловим, наукові інтереси якого були пов'язані з моделюванням поведінки людини, формалізацією міркувань, загальними проблемами моделювання життєвих процесів в природних

і штучних системах. Зокрема, Д. О. Поспелов першим розробив підхід до прийняття рішень, що спирається на семіотичні (логіко-лінгвістичні) моделі, який послужив теоретичною основою ситуаційного управління великими системами.

*Коротка історія від 50-тих до 90-тих:*

1. Наприкінці 50-х років народилася модель лабіринтового пошуку, який представляє задачу як деякий простір станів у формі графа, і в цьому графі здійснюється пошук оптимального шляху від вхідних даних до результатів. Програми, які використовували цю модуль, грали в гру «15», збирали «Ханойську вежу», грали в шашки і шахи. Була проведена велика робота з розробки цієї моделі, але практичного застосування вона не знайшла.

2. Початок 60-х пов'язаний з епохою евристичного програмування. Під евристикою розуміється правило, теоретично не обґрунтоване, яке дозволяє скоротити кількість ітерацій у просторі пошуку. Евристичне програмування призначено з розробкою стратегії дій на основі відомих, заздалегідь заданих евристик.

3. У 1963-1970 рр. до вирішення завдань стали підключати методи математичної логіки. Робінсон розробив метод резолюцій, який дозволяє автоматично доводити теореми при наявності набору вихідних аксіом. Приблизно в цей же час видатний вітчизняний математик Ю. С. Маслов запропонував так званий зворотний висновок, який вирішує аналогічне завдання іншим способом. На основі методу резолюцій француз Альбер Кольмерое в 1973 р створює мову логічного програмування Prolog. Великий резонанс мала програма «Логік-теоретик», створена Ньюелом, Саймоном і Шоу, яка доводила шкільні теореми. Слід зазначити, що логічні моделі при всіх своїх перевагах мають суттєві обмеження щодо типів вирішуваних завдань.

4. Історія штучного інтелекту сповнена драматичних подій, однією з яких стала в 1973 р так звана «доповідь Лайтхілла», яка була підготовлена на замовлення Британської ради наукових досліджень. Відомий математик Д. Лайтхілла, не маючи уявлення про штучний інтелект, визнав певні досягнення в галузі штучного інтелекту, негативно оцінив його з позицій практичної значущості. Цей звіт відкинув європейських дослідників приблизно на 5 років назад внаслідок скорочень асигнувань на розвитку досліджень у напрямку штучного інтелекту.

5. Приблизно в цей же час істотний прорив у розвитку практичних застосувань штучного інтелекту стався в США, коли у середині 1970-х років пошуки універсального алгоритму мислення змінилися ідеями моделювати конкретні знання фахівців-експертів. У США з'явилися перші комерційні системи, засновані на знаннях, або експертні системи (ЕС). Почали застосовувати новий підхід до вирішення завдань штучного інтелекту – уявлення знань. У цей період були створені експертні системи MYCIN і DENDRAL для медицини і хімії відповідно. Істотний фінансовий внесок вносить Пентагон, пропонуючи базувати нову програму міністерства оборони США (Strategic Computer Initiative - SCI) на принципах штучного інтелекту. На початку 80-х років оголошена глобальна програма розвитку нових технологій ESPRIT (Європейський Союз), яка містила проблематику штучного інтелекту.

6. У відповідь на успіхи США наприкінці 70-х Японія оголошує про початок проекту машин V покоління, заснованих на знаннях. Проект був розрахований на 10 років і об'єднував кращих молодих фахівців найбільших японських комп'ютерних корпорацій. Для них був створений новий інститут ICOT, де вони отримали повну свободу дій, але без права публікації попередніх результатів досліджень. Результатом їх роботи став досить громіздкий і дорогий символічний процесор, який програмно реалізує Prolog-подібну мову, який не отримав широкого визнання. Однак позитивний ефект цього проекту був очевидний, оскільки в Японії з'явилася значна група висококваліфікованих фахівців в галузі штучного інтелекту, яка домоглася істотних результатів у різних прикладних задачах.

З середини 1980-х років відбувається комерціалізація штучного інтелекту, яка втілюється у щорічних капіталовкладеннях, створенні промислових експертні системи. У цей період зростає інтерес до самонавчальних систем. Штучний інтелект стає однією з найбільш перспективних галузей інформатики.

## ***1.2. Визначення штучного інтелекту та пов'язаних з ним понять***

До основних понять, які використовуються у штучному інтелекті, відносять поняття інтелекту, штучного інтелекту та інтелектуальної задачі. Наведемо їх визначення.

*Інтелектом* вважається спроможність мозку до мисленнєвої діяльності, тобто до оперування знаннями для прийняття певних рішень стосовно конкретної задачі.

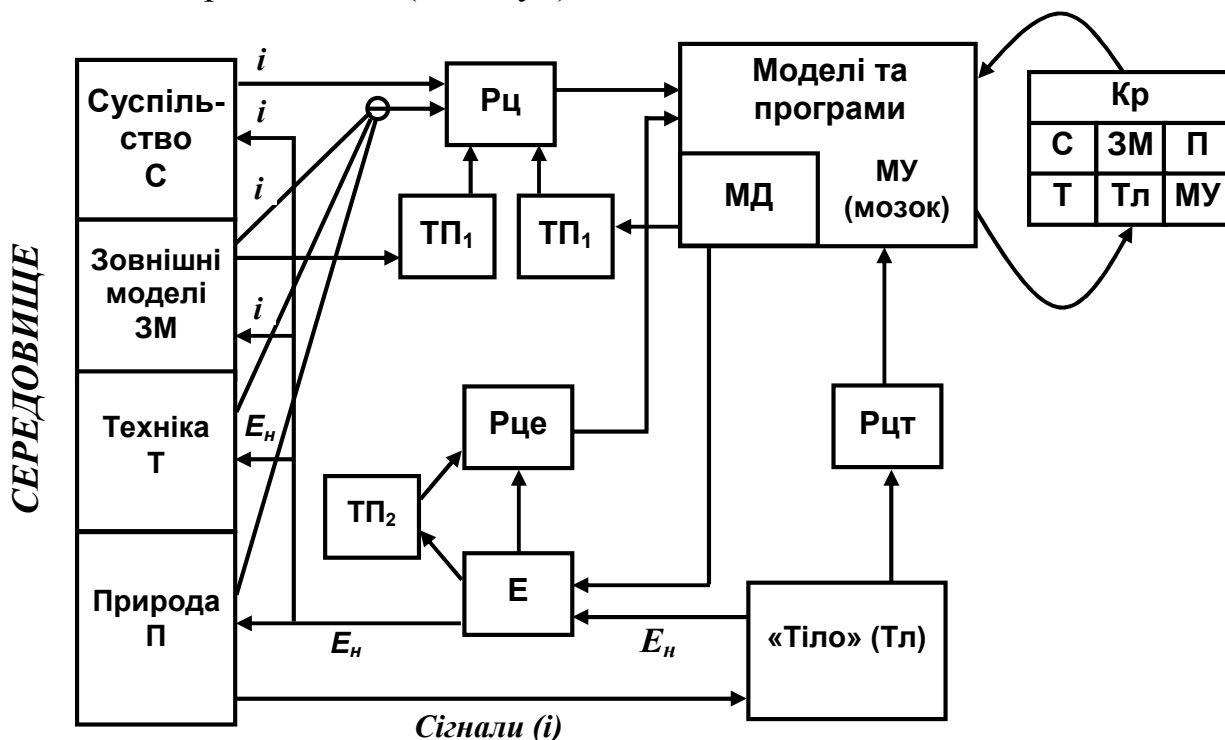
Це здатність мозку вирішувати інтелектуальні задачі шляхом придбання, запам'ятовування та цілеспрямованого перетворення знань у процесі навчання, отримання життєвого досвіду та адаптації до різноманітних зовнішніх та внутрішніх обставин. У цьому визначенні «інтелекту» під терміном «знання» ми маємо на увазі не тільки ту інформацію, яка поступає в мозок через органи чуття; зазначена інформація важлива, але недостатня для інтелектуальної діяльності.

Річ у тому, що об'єкти навколишнього середовища володіють властивістю не тільки впливати на органи чуття, але і знаходитися один з одним в певних відносинах. Ясно, що для того, щоб здійснювати в навколишньому середовищі інтелектуальну діяльність (або хоч би просто існувати), необхідно мати знання щодо моделі цього світу. У цій інформаційній моделі навколишнього середовища реальні об'єкти, їх властивості та відносини між ними не тільки відображаються і запам'ятовуються, але і можуть подумки цілеспрямовано перетворюватися. При цьому істотне те, що формування моделі зовнішнього середовища відбувається «у процесі навчання, отримання життєвого досвіду та адаптації до різноманітних обставин».

На рисунку 1.1. показана схема інтелекту рівня людини та її ставлення до зовнішнього середовища. На схемі вона представлена чотирма складовими. Це перш за все природа, що розуміється в усій сукупності її чинників. Другий компонент – техніка, під якою маються на увазі знаряддя впливу на природу. Ще вище зовнішні моделі – це наука. Нарешті, найвища складова моделі – суспільство.

Особливість зазначеної моделі полягає у тому, що рецептори отримують не тільки енергію, яка побічно сигналізує про зовнішнє середовище, але і пряму інформацію у вигляді сигналів – від суспільства і зовнішніх моделей. Між середовищем і рецепторами *Р<sub>ц</sub>* вбудовані технічні пристрої *ТУ*. Це різноманітні прилади, призначені для посилення зовнішніх впливів і перетворення видів енергії, які не сприймаються органами почуттів, у види енергії, яка може бути сприйнята. Так само ефектори *Е* можуть бути озброєні інструментами *ТУ*, які значно збільшують потужність їх впливів. Від ефекторів йдуть стрілки, що показують рух не тільки енергії, але і інформації –

сигналів, спрямованих до вищих системи, наприклад в суспільство. Рецептори мають органи налаштувань  $H$ , а ефектори – свої власні рецептори, що забезпечують сигнали зворотного зв'язку. Рецептори є і в тілі Рцт. Установка, що модулює МУ («Мозок») містить моделі зовнішнього середовища, тіла, а також моделі власних програм і моделей дій МД. Найбільш різноманітні критерії  $Kp$ , які відображають значущі якості тіла та всіх відділів зовнішнього середовища, а також деякі якості роботи МУ («мозку»).



П – природа; Т – техніка; ЗМ – зовнішні моделі; С – суспільство. «Входи» та «Виходи»: І – інформація, сигнали; Ен – енергія; ТП – технічний пристрій; Рц – рецептори; Рце – рецептори органів впливу; Н – настройка рецепторів; Рцт – рецептори «Тіла»; МУ – моделююча установка «Мозок»; МД – моделі дій; Е – ефектори

Рис. 1.1. Розширена схема інтелекту

У будь-якому інтелекті закладені вихідні моделі, первинна структура зв'язків і основні критерії. Все це забезпечує початок діяльності. Подальше саморозвиток інтелекту залежить від кількості елементів і їх вихідних характеристик, що лежить в основі можливості їх тренування та здатності до утворення зв'язків. Такий інтелект, отримуючи ззовні інформацію, стає здатним до навчання і виховання під дією суспільства і його моделей. Виховання розуміється як зміна первинних критеріїв і формування нових.

*Штучний інтелект* (ШІ) – наука та технологія створення інтелектуальних машин (програмних комплексів), здатних брати на себе окремі функції інтелектуальної діяльності людини (наприклад, вибрати та приймати оптимальні рішення на основі раніше отриманого досвіду і раціонального аналізу зовнішніх впливів).

З іншого визначення, під *штучним інтелектом* розуміється науковий напрямок, у межах якого ставляться та вирішуються завдання апаратного або програмного моделювання тих видів людської діяльності, які традиційно вважаються інтелектуальними. Саме у цьому сенсі термін штучного інтелекту ввів Джон Маккарті в 1956 р. на конференції в Дартмутському університеті.

До речі, є цікавий план імітації мислення, запропонований А. Тюрінгом. «Намагаючись імітувати інтелект дорослої людини, – пише Тюрінг, – ми вимушені багато роздумувати про той процес, у результаті якого людський мозок досяг свого справжнього стану. Чому б нам замість того, щоб намагатися створити програму, що імітує інтелект дорослої людини, не спробувати створити програму, яка імітувала б інтелект дитини? Адже, якщо інтелект дитини отримує відповідне виховання, він стає інтелектом дорослої людини. Наші роздуми полягають у тому, що пристрій може бути легко запрограмований. Таким чином, ми розчленуємо нашу проблему на дві частини: на завдання побудови «програми-дитини» та завдання «виховання» цієї програми». Слід додати, що саме цей шлях використовують практично всі системи ШІ. Адже зрозуміло, що практично неможливо закласти усі знання в достатньо складну систему. Крім того, на цьому шляху будуть відбиватися перераховані вище ознаки інтелектуальної діяльності (накопичення досвіду, адаптація та ін.).

Штучний інтелект, на відміну від психології і філософії, займається створенням інтелектуальних штучних істот (сутностей, об'єктів), які прийнято називати агентами або носіями. З іншого боку, що поняття «штучний інтелект» не можна зводити лише до створення пристроїв, які імітують людину в усій повноті її діяльності. Насправді ж, спеціалісти які працюють в цій області вирішують іншу задачу: виявити механізми, які лежать в основі діяльності людини, щоб застосувати їх при вирішенні конкретних науково-технічних задач. І це лише одна з можливих проблем.

Як прикладна наука «Штучний інтелект» має теоретичну і експериментальну частини. Так, проблема створення штучного інтелекту з одного боку знаходиться на стику інформатики і обчислювальної техніки, а з іншого боку – нейрофізіології, когнітивної і поведінкової психології. Теоретичною основою штучного інтелекту повинна виступати філософія штучного інтелекту, але тільки з появою значущих результатів теорія набуває самостійного значення. На даний момент теорію і практику штучного інтелекту слід відрізняти від математичних, алгоритмічних, робото-технічних, фізіологічних та інших теоретичних дисциплін та експериментальних методик, що мають самостійне значення.

Людина вважається інтелектуальною «від природи», і цей інтелект був вироблений на протязі мільйонів років еволюції. Людина вміє вирішувати багато інтелектуальних задач. Кожна людина вважає, що вона розуміє значення слова «інтелект». Водночас, якщо попросити пересічну людину або спеціаліста дати визначення цього слова, чіткої відповіді не буде. І дійсно, дати чітке визначення поняття інтелекту, вочевидь, неможливо.

Вищим проявом розвитку інтелекту є творчість, самопізнання і самовиховання, тобто здатність не тільки створювати нові моделі впливів і втілювати їх в речі за допомогою техніки, а й формувати нові критерії, що змінюють напрям діяльності інтелекту у бік від програм, закладених при його створенні і вихованні з боку суспільства.

Можна стверджувати, що «штучний» інтелект у тому чи іншому розумінні повинен наближатися до інтелекту природного і у ряді випадків використовуватися замість нього; так само, як, наприклад, штучні нирки працюють замість природних. Чим більше буде ситуацій, у яких штучні інтелектуальні системи зможуть замінити людей, тим більш інтелектуальними будуть вважатися ці системи.

Вищим проявом штучного інтелекту є продукування самого себе за допомогою технічних засобів та послідовне необмежене зростання його потужності. Різноманітні фантастичні припущення у цьому напрямку ми вважаємо цілком припустимими, а їх реалізація є лише питанням часу і коштів.

*Інтелектуальна задача* – це процес знаходження алгоритму рішення певного класу задач. Інтелектуальними задачами є задачі, для розв'язання яких немає чітко заданого алгоритму, який завжди приводить до потрібного результату, а інтелектуальною діяльністю

можна назвати процес вирішення інтелектуальних задач. Прикладом інтелектуальної задачі є розпізнавання образів, тобто визначення належності об'єкта, що спостерігається, до однієї із заздалегідь визначених категорій.

Інтелектуальним задачам властиві неповнота, неточність та суперечливість знань, а також велика розмірність простору рішень, що не дає змоги розв'язувати їх простим перебором. У таких задачах часто немає чітких критеріїв для вибору оптимального рішення, а сама задача не завжди цілком формалізується.

*Основними властивостями інтелектуальних задач є:*

- символічне подання умов задачі;
- відсутність чіткої постановки задачі;
- відсутність прийнятної для практичного використання алгоритму рішення, який завжди забезпечує правильний результат;
- неповнота, неточність та суперечливість знань;
- відсутність чітких однозначних критеріїв вибору оптимального рішення;
- велика розмірність простору рішень.

Інтелектуальні задачі часто називають неформалізованими задачами, багато з них які розв'язуються інтелектуальними системами.

### ***1.3. Напрямки використання штучного інтелекту***

Активне застосування систем з елементами штучного інтелекту, істотним чином перетворило сучасну реальність та формує особливий тип світовідчуття. Техніка, яка оснащена ознаками штучного інтелекту, що є засобом підвищення рівня комфорту і безпеки, стає характерною рисою повсякденного побуту.

Як було зазначено раніше, на сьогодні тематика штучного інтелекту охоплює величезний перелік наукових напрямів, починаючи з таких завдань загального характеру, як навчання і сприйняття, і закінчуючи такими спеціальними завданнями, як гра в шахи, доказ математичних теорем, твір поетичних творів і діагностика захворювань. У штучному інтелекті систематизуються і автоматизуються інтелектуальні завдання і тому ця область стосується будь-якої сфери інтелектуальної діяльності людини.

У цьому сенсі штучний інтелект може вважатися універсальною



науковою областю.

Серед багатьох напрямків використання штучного інтелекту є декілька основних (рис. 1.2.), які в даний час викликають найбільший інтерес у дослідників і практиків.



Рис. 1.2. Напрямки використання штучного інтелекту

Опишемо їх докладніше.

1. *Подання знань і розробка систем, заснованих на знаннях (knowledge-based systems).* Це основний напрямок в області вивчення штучного інтелекту, який пов'язаний з розробкою моделей представлення знань, створенням баз знань, які складають ядро експертних систем. Останнім часом цей напрям включає в себе моделі і методи добування та структурування знань, поєднуючись з інженерією знань.

2. *Програмне забезпечення систем III* (software engineering for AI). У межах цього напрямку розробляються спеціальні мови для вирішення інтелектуальних завдань, в яких традиційно увага приділяється логічній та символній обробці даних над обчислювальними процедурами. Такі мови програмування як LISP, PROLOG, SMALLTALK, РЕФАЛ та ін. орієнтовані на символну обробку інформації. Крім цього створюються пакети прикладних програм, орієнтовані на промислову розробку інтелектуальних систем, або програмні інструментарії штучного інтелекту (наприклад KEE, ARTS, G2]. Досить популярно також створення так званих оболонок експертних систем – EXSYS, Hugin, Каркас та ін., бази знань яких можна наповнювати конкретними знаннями, створюючи різні прикладні системи.

3. *Розуміння природної мови і рішення задач*. Програма Proverb – це комп'ютерна програма, яка вирішує кросворди набагато краще, ніж більшість людей; в ній використовуються обмеження, що визначають склад можливих наповнювачів слів, велика база з даними про існуючі кросворди, а також безліч різних джерел інформації, зокрема словники та оперативні бази даних, такі як перелік кінофільмів і акторів, які грали в цих фільмах

4. *Розпізнавання образів* (pattern recognition). Це один з напрямків штучного інтелекту, який почав розвиватися ще на початку його розвитку, але в даний час практично виділився у самостійну науку. Цей напрям включає розробку методів представлення інформації про зорові образи. Її основний підхід полягає в описі класів об'єктів через визначення значень значущих ознак. Кожному об'єкту ставиться у відповідність матриця ознак, по якій відбувається його розпізнавання. Процедура розпізнавання найчастіше використовує спеціальні математичні процедури і функції, що розділяють об'єкти на класи. Цей напрямок близький до машинного навчання та тісно пов'язаний з нейрокібернетикою.

5. *Розробка природно-мовних інтерфейсів і машинний переклад* (natural language processing). У цьому напрямі основна складність полягає у тому, що текст можна перекласти тільки на основі розуміння його сенсу та в конкретному контексті попередньої інформації.

6. *Робототехніка та інтелектуальні роботи (robotics)*. Дослідження з робототехніки мають істотний вплив на розвиток багатьох ідей ШІ. Так, вони призвели до створення методів опису та моделювання стану зовнішнього світу, дозволили краще зрозуміти, яким чином будувати плани для послідовності дій робота і як управляти виконанням цих планів. Методи планування дій робота стали будувати як багаторівневі системи з високим рівнем абстракції на верхньому рівні і все більш деталізовані на наступних рівнях.

7. *Машинне навчання і самонавчання (machine learning)*. Ця область штучного інтелекту активно розвивається, містить моделі, методи і алгоритми, орієнтовані на автоматичне накопичення та формування знань на основі аналізу та узагальнення даних. За типами буває навчання за прикладами (або індуктивне), а також існують традиційні підходи з теорії розпізнавання образів. В останні роки до цього напрямку тісно примикають системи аналізу даних (data mining) системи пошуку закономірностей в базах даних (knowledge discovery).

8. *Автономне планування і складання розкладів*. Працююча на видаленні в сотні мільйонів кілометрів від Землі програма Remote Agent агентства NASA стала першою бортовою автономною програмою планування, що призначена для управління процесами складання розкладу операцій для космічного апарату. Програма Remote Agent виробляла плани на основі цілей високого рівня, що задаються на Землі, а також контролювала роботу космічного апарату в ході виконання планів: виявляла, діагностувала та усувала неполадки по мірі їх виникнення.

9. *Автономне управління*. Система комп'ютерного зору Alvinn була навчена водінню автомобіля, дотримуючись певної смуги руху. В університеті CMU ця система була розміщена в мікроавтобусі, керованому комп'ютером NavLab, і використовувалася для проїзду по США; протягом 4586,6 км система забезпечувала рульове управління автомобілем, що склало 98% від загального часу експерименту. Людина брала на себе управління лише протягом інших 2%, головним чином на виїзних пандусах. Комп'ютер NavLab був обладнаний відеокамерами, які передавали зображення дороги в систему Alvinn, а потім ця система на основі попередніх навчальних пробігів обчислювала найкращий напрямок руху.

10. *Медична діагностика*. Медичні діагностичні програми, засновані на імовірнісному аналізі, зуміли досягти рівня досвідченого

лікаря в декількох областях медицини.

*11. Планування постачання.* Під час кризи в Перській затоці в 1991 році в армії США була розгорнута система DART (Dynamic Analysis and Replanning) для забезпечення автоматизованого планування поставок і складання графіків перевезень. Робота цієї системи охоплювала одночасно до 50000 автомобілів, одиниць вантажу і людей; в ній доводилося враховувати пункти відправлення та призначення, маршрути, а також усувати конфлікти між усіма параметрами. Методи планування на основі штучного інтелекту дозволяли виробляти протягом лічених годин такі плани, для складання яких старими методами потрібні були б тижні.

*12. Ігри та машинна творчість.* Цей напрям включає інтелектуальні ігрові завдання – шашки, шахи та аналогічні ігри, а також створення комп'ютерної музики, віршів, казок, афоризмів тощо. Відома програма „Deep Blue” компанії IBM стала першою комп'ютерною програмою, якій вдалося перемогти чемпіона світу Гаррі Каспарова з рахунком 3,5:2,5. Каспаров заявив, що відчував навпроти себе за шахівницею присутність «інтелекту нового типу». Журнал Newsweek описав цей матч під заголовком «Останній оборонний рубіж мозку».

Звичайно, кожного року з'являються нові напрямки використання штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж та інтелектуальних систем. Штучний інтелект увійшов не тільки в наукові установи та виробництво, а й у побут у вигляді розумних домівок, побутової техніки тощо.

#### ***1.4. Реалії та перспективи розвитку штучного інтелекту***

Багато авторів, які займалися проблемою штучного інтелекту, вважають, що досягнення успіхів середнього рівня у цій сфері вплине на повсякденне життя всіх верств населення в усьому світі. Досі такого роду всеохоплюючий вплив на суспільство змогли надати лише комп'ютеризовані мережі зв'язку, такі як мережа мобільного телефонного зв'язку та Internet. Цілком можна представити, що дійсно корисні персональні асистенти для офісу або будинку нададуть великий позитивний вплив на підвищення якості у повсякденному житті, хоча вони в короткостроковій перспективі і можуть викликати деякі економічні негаразди. Крім того, технологічні можливості, що

відкриваються на цьому рівні, можуть бути також застосовані для створення автономної зброї, поява якої багато хто вважає небажаною.

Разом із поширенням досягнень в області штучного інтелекту, підсилюються намагання науковців використовувати вже розроблені технології ШІ, а також винаходити нові, спеціально для області освіти. Застосування інтелектуальних розробок для навчання і викладання набуває свого власного дослідницького напрямку із відповідними специфічними для цієї області проблемами. Створюються наукові співтовариства, що займаються дослідженням освітніх процесів і застосуванням технологій ШІ для створення комп'ютерних систем навчання.

Новим кроком у комп'ютерному навчанні стала поява агентно-орієнтованих інтелектуальних освітніх систем, до складу яких входять такі агенти: інтерфейс викладача, інтерфейс навчання, доступ до знань, онтології, агент-координатор взаємодій. Досить цікаві рішення сьогодні отримані і в області створення інструментальних засобів підтримки розробки веб-інтелектуальних освітніх систем, що може бути застосовано в тих випадках, коли в алгоритмах управління процесом навчання використовуються педагогічні (дидактичні) принципи навчання, інваріантні до дисципліни, тобто мова йде про адаптивне управління процесом навчання. Це пов'язано з появою нових можливостей комп'ютеризації процесів навчання як за рахунок використання різних дистанційних освітніх технологій, так і шляхом подальшої інтеграції моделей, методів і засобів експертних систем з навчальними системами в рамках єдиної архітектури, що об'єднує в собі взаємодіючі логіко-лінгвістичні, математичні, імітаційні та деякі інші види моделей.

Попри всі переваги та успіхи, у розвитку штучного інтелекту та його подальшого існування є певні проблеми на можливі негативні наслідки. Сучасні теоретичні проблеми можна звести до таких груп:

#### *1. Проблема подання знань.*

Проблеми нейронних мереж:

- багатокритеріальне прийняття рішень;
- стохастичні моделі прийняття рішень;
- розробка нових моделей уявлення для вузькоспеціалізованих предметних областей.

Проблеми біомашин, тобто машин, що мають своєю частиною живі істоти або структурно наслідують людині:

- багатокритеріальне прийняття рішень;
- прийняття рішень на основі статистичних моделей;
- координація роботи декількох роботів;
- проблеми вдосконалення нейронних мереж.

#### *2. Розробка комп'ютерної лінгвістики:*

- розробка нових, більш надійних мов програмування;
- розробка мови управління роботами на основі природної мови.

#### *3. Проблема вдосконалення комп'ютерної логіки:*

- розробка нових архітектур (паралельні машини, дослідження в області інтегрованої пам'яті, децентралізовані машини, моделювання високошвидкісних електричних з'єднань);
- людиноподібні роботи (гнучкі і портативні члени роботів; розпізнавання роботами осіб, авторизованих для керування роботами; розробка механізмів роботів; чисельні методи для оптимізації обчислень);
- методи доступу до інформації (мультимедійні системи; евристичний аналіз текстів; автоматичне вилучення знань з тексту);
- створення «інтелектуальних просторів» (інтелектуальні навчальні середовища і оболонки);
- машинне навчання (машинне читання та розуміння текстів; відновлення втрачених елементів даних; очищення даних від шумів);
- медичний зір (автоматичний аналіз анатомічних структур; читання знімків; машинна геометрія і просторові сцени);
- мобільні роботи.

#### *4. Проблема вдосконалення комп'ютерної лінгвістики;*

- розробка мови управління роботами на основі природної мови;
- створення моделей природної мови;
- розуміння мови;
- розробка мов програмування, що дозволяють підвищити надійність розроблюваного програмного забезпечення.

Дослідниками часто розглядається питання про те, чи може бути розроблений штучний інтелект. Але необхідно також присвятити час аналізу питання, чи повинен він все ж бути розроблений. С. Рассел вважає, що якщо наслідки створення технології штучного інтелекту з більшою ймовірністю будуть негативними, ніж позитивними, то люди,

що працюють в цій галузі, несуть моральну відповідність, що зобов'язує їх направити свої пошуки в інші області.

Штучний інтелект може стати джерелом деяких небачених раніше проблем, а саме:

1. В результаті автоматизації може збільшитися кількість безробітних. До сих пір автоматизація за допомогою технології штучного інтелекту незмінно створювала більше робочих місць, ніж усувала, до того ж приводила до появи більш цікавих і високооплачуваних спеціальностей. Тепер, після того як канонічною програмою штучного інтелекту став «інтелектуальний агент», призначений для допомоги людині, втрата роботи стає ще менш ймовірним наслідком.

2. Може зменшитися (або збільшитися) кількість вільного часу, наявного в розпорядженні людей. В інформаційній економіці, яка характеризується наявністю широкосмугового зв'язку та спрощенням тиражування інтелектуальної власності, найбільшу винагороду приносить здатність виявитися трохи більш успішним, ніж конкурент; збільшення тривалості роботи на 10% може призвести до збільшення доходу на 100%. Тому кожен відчуває зростаючу кризу, який змушує працювати людину все інтенсивніше.

3. Люди можуть втратити почуття власної унікальності. У своїй книзі „Computer Power and Human Reason” Вейценбаум, автор програми Eliza, вказав на деякі потенційні загрози, що з розвитком штучного інтелекту люди будуть являти собою автомати, а ця ідея призводить до втрати самостійності або навіть людяності.

4. Люди можуть втратити деякі зі своїх прав на особисте життя. Розвиток технології розпізнавання мови та існуюча загроза тероризму може привести до широкого поширення засобів прослуховування телефонних розмов і тому до втрати громадянських свобод. Багато людей згодні з тим, що комп'ютеризація призводить до ущемлення прав на особисте життя. Так, один з старших керівників компанії Sun Microsystems Скотт Макнілі навіть заявив: «У вас все одно немає жодного особистого життя. Забудьте про нього».

5. Використання систем штучного інтелекту може привести до того, що люди стануть більш безвідповідальними. Наприклад, якщо експертні системи колись будуть надійно виробляти більш точні діагнози у порівнянні з людьми, лікарі можуть стати юридично

відповідальними, якщо вони не використовують рекомендації експертної системи.

Набувають важливого значення питання, що стосуються використання інтелектуальних агентів в Internet. Наприклад, досягнутий певний прогрес в частині запровадження обмежень в інтелектуальних агентів, щоб вони не могли, скажімо, пошкодити файли інших користувачів. Проблеми стають ще більш важливими, коли мова йде про грошові операції. Чи існуватиме така можливість, щоб інтелектуальний агент сам мав активи і брав участь в електронних торгах від свого імені? Як і в випадку технології клонування людей, законодавцям ще належить включити нові ситуації в правове поле.

6. Успіх штучного інтелекту може стати початком кінця людської раси. Майже будь-яка технологія, потрапляючи в зловмисні руки, виявляє потенційні можливості для заподіяння шкоди. Коли мова йде про штучний інтелект та робототехніку, виникає нова проблема, пов'язана з тим, що ці зловмисні руки можуть належати самій технології. Попередження про те, яку небезпеку несуть роботи або роботизовані кіборги-гуманоїди, що вийшли з-під контролю, стали сюжетом нескінченних науково-фантастичних творів.

Якщо розглядати проблему з точки зору робота, то якщо вони стануть свідомими, трактування їх просто як «машина» може стати аморальним приниженням їх гідності.

Роботи самі повинні також діяти морально, тому потрібно запрограмувати в них теорію, за якою вони зможуть судити, що добре, а що погано.

Проблема прав і обов'язків роботів також розглядалася в творах таких наукових фантастів як Айзек Азімов, Брайен Олдісс і інші.

Можливо, що великомасштабний успіх у створенні штучного інтелекту (поява інтелекту на рівні людини і навіть краще) вплине на існування більшості представників роду людського.

Чи зміниться сам характер людської роботи і розваг, уявлення про інтелект, свідомість та майбутню долю людства.

На цьому рівні системи штучного інтелекту можуть створити більш безпосередню загрозу самовизначення, свободу і навіть виживання людей.

З цих причин не можна розглядати дослідження в області штучного інтелекту у відриві від їх етичних наслідків.



## Питання для самоконтролю

1. Які технологічні передумови до виникнення науки «штучний інтелект»?
2. Історія розвитку штучного інтелекту.
3. Основні поняття штучного інтелекту.
4. Основні властивості інтелектуальних задач.
5. Характеристики слабоформалізованого процесу.
6. Три базові функції інтелектуальної системи.
7. Функціональна модель інтелектуальної системи.
8. Загальна структура та архітектура автоматизованого банку даних.
9. Загальна структура Інтелектуального Інтерфейсу.
10. Класифікація систем штучного інтелекту.
11. Експертні системи та системи, що консультують.
12. Покоління в історії створення та розвитку робототехніки.
13. Принципи автоматичного програмування.
14. Комбінаторні задачі і складання розкладів.
15. Принципи зорового сприйняття.
16. Напрямки зорового машинного сприйняття.
17. Класифікація систем штучного інтелекту.
18. Напрямки використання штучного інтелекту.
19. Реалії та перспективи розвитку штучного інтелекту.
20. Теоретичні проблеми штучного інтелекту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Адаменко А.Н., Кучуков А.М. Логическое программирование и Visual Prolog. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 992 с.
2. Амосов Н.М. Алгоритмы разума. - Киев: Издательство «Наукова думка», 1979. 224 с.
3. Аникин Д.В. Краткий обзор перспектив развития интеллектуальных систем. URL: Режим доступа: <http://infotech.com.ua/view-articles/id-kratkii-obzor-perspektiv-razvitiya-intellektualnyh-sistem-26.htm>.
4. Аткинсон Л. Робототехника и их перспективы. - М.: Вильямс, 2002. 624 с.
5. Балашов Е.А. Менеджмент знаний: подход к внедрению. URL: <http://www.management.com.ua/hrm/hrm051.html>.
6. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Батмана, 2005. 304 с.
7. Брюхомицкий Ю.А. Нейросетевые модели для систем информационной безопасности. Учеб. пособие. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. 160 с.
8. Бурдаев В.П. Системы навчання з елементами штучного інтелекту. Монографія. - Харків: Вид. ХНЕУ, 2009. 400 с.
9. Гаврилова Т.А., Лещева И.А. Использование моделей инженерии знаний для подготовки специалистов в области информационных технологий. URL: <http://sysprog.info/2012/05.pdf>.
10. Гаврилова Т.А. Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. - СПб.: Питер, 2000. 384 с.
11. Глибовець М.М., Олецький О.В. Системи штучного інтелекту. - Київ: Вид-во «КМ Академія», 2002. 366 с.
12. Глинський Я.М., Рязська В.А. Штучний інтелект. Інтелектуальні роботи. – Львів: Деол, 2002. 168 с.
13. Головчинер М.Н. Введение в системы знаний. Курс лекций. - Томск, 2011. 69 с.
14. Громов Ю.Ю., Иванова О.Г., Алексеев В.В. и др. Интеллектуальные информационные системы и технологии: учеб. пособие. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. 244 с.
15. Дари К., Бринзаде Б. Алгоритм штучного інтелекту. - М.: Символ-Плюс, 2006. 336 с.

16. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие для вузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 352 с.
17. Джарано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. - М.: ООО Вильямс, 2007. 1152 с.
18. Демидов И. В. Логика: учебное пособие для юридических вузов. – М.: Юриспруденция, 2000. 208 с.
19. Дюбуа П. Новости искусственного интеллекта. - М.: Вильямс, 2004. 1056 с.
20. Ежов А.А., Думский С.А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе. - М.:МИФИ, 1998. 224 с.
21. Желнин М.Э., Кудинов В.А., Белоус Е.С. Роль и место экспертных систем в образовании // Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета. №2(22), 2012. URL: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/024-003.pdf>.
22. Журавльов Ю.І. Про алгебраїчному підході до вирішення задач розпізнавання та класифікації. *Проблеми кібернетики*. 2005. Вип. 33. С. 5-68.
23. Завдання розпізнавання образів. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Завдання\\_розпізнавання\\_образів](https://uk.wikipedia.org/wiki/Завдання_розпізнавання_образів).
24. Зайченко Ю.П. Основы проектирования интеллектуальных систем: Навч. посібник. - К.: Видавничий дім «Слово», 2004. 352с.
25. Интеллектуальные информационные системы и технологии: учеб. пособие / Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, В.В. Алексеев и др. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. 244 с.
26. Козлов А.Н. Интеллектуальные информационные системы: учебник. - Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. 278 с.
27. Кренке Д. Искусственные нейроны. – СПб.: Питер, 2003. 799 с.
28. Крол Эд. Искусственный интеллект: Руководство и каталог. - Киев: ВНУ, 2002. 156 с.
29. Кузіков Б.О. Модель адаптивної навчальної системи із використанням інтелектуальних агентів та технології google wave. *Вісник СумДУ. Серія «Технічні науки»*. 2010. №3. Том 2. С. 68-77.
30. Леонтьев Б. Алгоритм разработки искусственных роботов. – М.: Солон-Пресс, 2003. 640 с.
31. Логика в схемах и таблицах: учебно-метод. пособие. - Минск: МГЭУ им. А.Д.Сахарова, 2012. 92 с.

32. Логика и аргументация. Сайт. URL: <http://www.bibliotekar.ru/Logika-3/38.htm>.
33. Ломов А.Ю. Об интеллектуальном анализе данных. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 368 с.
34. Любарський С.В., Шаціло П.В. Методологія вибору моделі подання знань в інтелектуальних навчальних системах. *Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ»*, 2010. №2. С. 65-71.
35. Люгер Джорж Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 864 с.
36. Матвійчук А. Можливості та перспективи створення штучного інтелекту. *Вісник НАН України*, 2011. №12. С. 36-51.
37. Методология построения экспертных систем. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/46/46/lecture/1378?page=2>.
38. Мигас С.С. Интеллектуальные информационные системы: Конспект лекций. – СПб: ИНЖЕКОН, 2009. 160 с.
39. Мінський М., Пейперт С. Персептрон. - М.: Світ, 2007. 261 с.
40. Миркес Е.М. Нейрокомпьютер. Проект стандарта. - Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1998. 188 с.
41. Морозов М.Н. Курс лекций по дисциплине «Системы искусственного интеллекта». URL: <http://khipi-iip.mipk.kharkiv.edu/library/ai/conspai/index.html>.
42. Муромцев Д.И., Колчин М.А. Разработка экспертных систем в Drools Guvnor. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. 54 с.
43. Невмержицький О.В. Аналіз сучасних моделей, орієнтованих на знання, та методів прийняття рішень. *Інформаційні технології проектування*, 2013. №13. С. 119-125.
44. Нейронные сети: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.neuroproject.ru/neuro.htm>.
45. Нейронні мережі в задачах обробки зображень. URL: [http://posibnyky.vntu.edu.ua/k\\_m/t2/24..htm](http://posibnyky.vntu.edu.ua/k_m/t2/24..htm).
46. Нечеткая логика – математические основы. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/fuzzylogic-math>.
47. Нильсен Я., Лоранжер Х. Моделирование игор роботов. - М.: Вильямс, 2009. 368 с.
48. Оптичне розпізнавання символів. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Оптичне\\_розпізнавання\\_символів](https://uk.wikipedia.org/wiki/Оптичне_розпізнавання_символів).

49. Основы теории языков и формальных грамматик. URL: <http://www.softcraft.ru/translat/lect/t02>.
50. Пастухов А.Л. Управление знаниями в образовании: международный опыт. *Вестник Челябинского государственного университета. Политические науки. Востоковедение*, 2012. № 12(266). Вып. 12. С. 56-59.
51. Петров В.Н. Информационные системы. – СПб.: Питер, 2003. 656 с.
52. Полянська А. С. Менеджмент знань у вітчизняній практиці. *Технологический аудит и резервы производства*. 2013. №6/6(14). С. 32-34.
53. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. - М.: Радио и связь, 1989. 184 с.
54. Потапов А.С. Розпізнавання образів та машинне сприйняття. - СПб.: Політехніка, 2007. 548 с.
55. Распознавание изображений. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/46/46/lecture/1374>.
56. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1408 с.
57. Растрігін Л.А., Еренштейн Р.Х. Метод колективного розпізнавання. - М.: Энергоіздат, 2006. 80 с.
58. Ревко П.С. Искусственные интеллектуальные системы в повседневной жизни человека. *Известия Южного федерального университета. Технические науки*. 2006. Вып. 9-2. С. 109-110.
59. Рыбина Г.В. Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы. *Искусственный интеллект и принятие решений*, 2008. №1. С. 22-46.
60. Розпізнавання мовлення. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Розпізнавання\\_мовлення](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розпізнавання_мовлення).
61. Сахнюк П.А. Интеллектуальные системы и технологии: учеб. пособие. - Ставрополь: Агрус, 2012. 228 с.
62. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення. ДСТУ 2481. 1994. Державний стандарт України.
63. Смагин А.А., Липатова С.В., Мельниченко А.С. Интеллектуальные информационные системы: учеб. пособие. - Ульяновск : УлГУ, 2010. 136 с.

64. Смолин Д.В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 208 с.
65. Стрельцов Р.В., Славинская Л.В. Искусственный интеллект в образовании. *Сборник научных трудов студентов, магистров и преподавателей.* - Донецк: ДонНТУ, 2010. С. 148-152.
66. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. 341 с.
67. Сулова И.А. Методика обучения студентов компьютерных специализаций с использованием интеллектуальных информационных систем: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Екатеринбург, 2008. 170 с.
68. Таусенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ. - М.: Финансы и статистика, 1990. 246 с.
69. Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы. М.: Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2004. 82 с.
70. Теорія розпізнавання образів. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія\\_розпізнавання\\_образів](https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія_розпізнавання_образів).
71. Титенко С.В. Проблема подання знань на основі природної мови у освітніх системах штучного інтелекту. - Київ, 2006. URL: [http://www.setlab.net/?view=Philosophy\\_Knowledge](http://www.setlab.net/?view=Philosophy_Knowledge).
72. Тоискин В.С. Интеллектуальные информационные системы: Учеб. пособие. - Ставрополь: Изд-во СГПИ, 2009. 181 с.
73. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. - М.: Мир, 1989. 388 с.
74. Федорук П.І. Використання інтелектуальних агентів для інтенсифікації процесу навчання. *Штучний інтелект.* 2004. №3. С. 379-384.
75. Фу К. Структурні методи в розпізнаванні образів. - М.: Світ, 2005. 144 с.
76. Хабаров С.П. Интеллектуальные информационные системы. PROLOG-язык разработки интеллектуальных и экспертных систем: учеб. пособие. - СПб.: СПбГЛТУ, 2013. 138 с.
77. Хабаров С.П. Экспертные системы. URL: [http://firm.trade.spb.ru/serp/main\\_es.htm](http://firm.trade.spb.ru/serp/main_es.htm).

78. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е издание. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с.
79. Хоумер А., Улмен К. Основы информационной техники. - СПб.: Питер, 2000. 512 с.
80. Шаров С.В., Лубко Д.В. Використання рекурсії при вивченні мови логічного програмування turbo prolog // *Наукові записки КДПУ ім. Вінниченка. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, 2015. Вип. 8(3). С. 68-73.
81. Шаров С.В. Интеллектуальні інформаційні системи: навч. посіб. / С.В. Шаров, Д.В. Лубко, В.В. Осадчий. – Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. 144 с.
82. Шаров С.В., Печерський Р.В. Аналіз інструментальних засобів для розробки експертної системи медичної лабораторії // *Збірник тез доповідей Міжнародної наукової Інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (м. Тернопіль, 17 травня 2017 р.)*. Тернопіль, 2017. С. 87- 90.
83. Шаров С.В., Хрустальов С.О. Інструментальні засоби та етапи розробки експертних систем. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, 2016. Вип. 4(49). С. 105-109.
84. Эрл Хант. Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1978. 559 с.
85. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. 176 с.
86. Anil K. Jain, Jianchang Mao, K.M. Mohiuddin Artificial Neural Networks: A Tutorial, *Computer*. 1996. Vol. 29(3). PP. 31-44.

Навчальне видання

**Лубко Дмитро Вікторович  
Шаров Сергій Володимирович**

# **Методи та системи штучного інтелекту**

Навчальний посібник

Підписано до друку 27.03.2019 р., Формат 60\*90/16. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman. Друк цифровий. Ум. друк. арк. 15,4  
Наклад 300 примірників. Зам. № 2794

Видано та надруковано ФО-П Однорог Т.В.  
72313, м. Мелітополь, вул. Героїв Сталінграда, 3а  
Тел. (098) 243 96 51

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до  
Державного реєстру видавців, виробників і розповсюджувачів  
видавничої продукції від 29.01.2013 р. серія ДК № 4477