

004.89

Л64

**К**ОМП'ЮТИНГ

В.В. Литвин, В.В. Пасічник,  
Ю.В. Яцишин

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ

Підручник



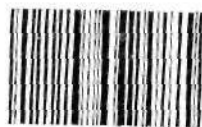
Computing

КОНТРОЛЬНИЙ  
ПРИМІРНИК

Міністерство освіти і науки України

004.89

Л 64



000086923

В.В. Литвин, В.В. Пасічник, Ю.В. Яцишин

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ

Підручник

Серія «Комп'ютинг»

*За науковою редакцією д.т.н., професора В. В. Пасічника*

*Затверджено Міністерством освіти і науки України*

1588914



Видавництво «Новий Світ – 2000»

Львів – 2009

Гриф надано Міністерством освіти і науки України

(Лист № 1.4/18-Г-1079 від 10.07. 2008 р.)

**Рецензенти:**

*Г. Г. Цегелик* – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри математичного моделювання соціально-економічних процесів Львівського національного університету імені Івана Франка;

*Б. П. Русин* – доктор технічних наук, професор, завідувач відділу фізико-механічного інституту імені В. Г. Карпенка НАН України;

*Я.М.Матвійчук* – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем та технологій інституту підприємництва та перспективних технологій при Національному університеті „Львівська політехніка”.

**Литвин В.В., Пасічник В.В., Яцишин Ю.В.**

Л 64 Інтелектуальні системи: Підручник – Львів: “Новий Світ – 2000”, 2009 – 406 с.

ISBN 978-966-418-086-0

У підручнику розглядаються основні поняття, методи та моделі побудови інтелектуальних систем. Особливістю викладення є практична спрямованість: оволодіння поданим матеріалом достатнє для самостійного розроблення інтелектуальних систем.

Окрім розділів: фундаментальні проблеми інтелектуальних систем, моделі та методи функціонування інтелектуальних систем, подання знань та доведень, онтологія та онтологічні системи, інтелектуальні агенти та мультиагентні системи, машинне навчання та нейронні мережі, які традиційно належать до курсу з інтелектуальних систем, що є продовженням курсу «Системи штучного інтелекту», розглянуто сучасні теоретичні та практичні аспекти інженерії знань, а також прикладне використання інтелектуальних систем. Підручник створений з урахуванням досвіду, набутого під час опрацювання подібних вітчизняних та іноземних видань.

Рекомендований для бакалаврів, які навчаються за напрямом «Комп’ютерні науки», та магістрів, що освоюють спеціальності, які базуються на такому бакалавраті. Підручник буде корисний також усім, хто цікавиться питаннями розроблення інтелектуальних систем.

УДК 004.89 (075.8)

ББК 32.813я73

© Литвин В.В., Пасічник В.В., Яцишин Ю.В., 2009

© “Новий Світ – 2000”, 2009

ISBN 978-966-418-086-0

# Зміст

<b>Передмова наукового редактора серії підручників та навчальних посібників «КОМП'ЮТИНГ» .....</b>	<b>10</b>
<b>Передмова .....</b>	<b>15</b>
<b>РОЗДІЛ 1</b>	
<b>ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Поняття інтелектуальних систем.....</b>	<b>17</b>
1.1.1. Історія штучного інтелекту .....	17
1.1.2. Кібернетичні системи .....	25
1.1.3. Інтелект як високоорганізована кібернетична система .....	27
<b>1.2. Експертні системи .....</b>	<b>38</b>
1.2.1. Визначення і класифікація.....	38
1.2.2. Труднощі під час розроблення експертних систем .....	40
1.2.3. Методологія побудови експертних систем .....	42
1.2.4. Приклади експертних систем .....	43
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>46</b>
<b>Завдання для самостійного розв'язування .....</b>	<b>47</b>
<b>РОЗДІЛ 2</b>	
<b>МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>48</b>
<b>2.1. Основні поняття формальної моделі .....</b>	<b>48</b>
<b>2.2. Формальне означення інтелектуальної системи.....</b>	<b>50</b>
<b>2.3. Функціональна модель інтелектуальної системи .....</b>	<b>50</b>
2.3.1. Процес вибору релевантного оператора.....	50
2.3.2. Виконання оператора.....	52
2.3.3. Обмеження функціонування інтелектуальної системи.....	53
<b>2.4. Пошук та задоволення обмежень .....</b>	<b>54</b>
2.4.1. Задача знаходження задовільних розв'язків.....	54
2.4.2. Ланцюжки виведення .....	55

2.4.3. Взаємозалежність між етапами циклу інтерпретатора .....	55
<b>2.5. Приклади побудови моделі керування процесом пошуку розв'язку .....</b>	<b>56</b>
2.5.1. Опис A-алгоритму як евристичного пошуку .....	59
2.5.2. Опис A*-алгоритму .....	60
2.5.3. Методологія розв'язування гри у вісімки .....	60
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>61</b>
<b>Завдання для самостійного розв'язування .....</b>	<b>62</b>

## **РОЗДІЛ 3 ПОДАННЯ ЗНАНЬ ТА МОДЕЛІ МІРКУВАНЬ .....**

<b>3.1. Моделі подання знань .....</b>	<b>64</b>
3.1.1. Продукційна система подання знань .....	65
<b>3.2. Семантичні мережі.....</b>	<b>66</b>
3.2.1. Об'єднання мереж.....	67
3.2.2. Перетин мереж.....	67
3.2.3. Доповнення мережі.....	67
3.2.4. Включення (кореляція) мереж.....	68
3.2.5. Трансформація мереж.....	69
3.2.6. Узагальнення мереж.....	70
3.2.7. Конкретизація мереж.....	71
<b>3.3. Моделі міркувань.....</b>	<b>72</b>
3.3.1. Дедуктивні моделі міркувань.....	72
3.3.2. Індуктивні моделі міркувань.....	72
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>73</b>
<b>Завдання для самостійного розв'язування .....</b>	<b>74</b>

## **РОЗДІЛ 4 УСКЛАДНЕНЕ ПОДАННЯ ЗНАНЬ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ФАКТОРУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ .....**

<b>4.1. Методи задання невизначеностей в інтелектуальних системах.....</b>	<b>75</b>
<b>4.2. Нечіткі множини .....</b>	<b>76</b>
4.2.1. Основні характеристики нечітких множин .....	79
4.2.2. Операції над нечіткими множинами.....	81
4.2.3. Нечітка і лінгвістична змінні.....	86

4.2.4. Нечіткі відношення .....	87
4.2.5. Нечітка логіка .....	89
4.2.6. Нечітке логічне виведення .....	89
<b>4.3. Інші методи моделювання нечіткостей в інтелектуальних системах .....</b>	<b>96</b>
4.3.1. Використання коефіцієнтів впевненості (КВ) .....	96
4.3.2. Байєсівський підхід .....	97
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>98</b>
<b>Завдання для самостійного розв'язування .....</b>	<b>99</b>

## **РОЗДІЛ 5**

# **ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІНЖЕНЕРІЇ ЗНАНЬ..... 101**

<b>5.1. Поле знань .....</b>	<b>101</b>
5.1.1. Мова опису поля знань .....	101
5.1.2. Семіотична модель поля знань .....	103
5.1.3. «Піраміда» знань .....	105
<b>5.2. Стратегії одержання знань.....</b>	<b>106</b>
<b>5.3. Теоретичні аспекти видобування знань .....</b>	<b>109</b>
5.3.1. Психологічний аспект .....	110
5.3.2. Лінгвістичний аспект .....	116
5.3.3. Гносеологічний аспект видобування знань .....	120
<b>5.4. Теоретичні аспекти структурування знань .....</b>	<b>125</b>
5.4.1. Історична довідка .....	125
5.4.2. Ієрархічний підхід .....	126
5.4.3. Традиційні методології структуризації .....	127
5.4.4. Об'єктно-структурний підхід (ОСП) .....	127
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>131</b>

## **РОЗДІЛ 6**

# **ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРІЇ ЗНАНЬ..... 133**

<b>6.1. Класифікація методів практичного видобування знань .....</b>	<b>133</b>
<b>6.2. Комунікативні методи .....</b>	<b>136</b>
6.2.1. Пасивні методи .....	136
6.2.2. Активні індивідуальні методи .....	140
6.2.3. Активні групові методи .....	146
<b>6.3. Текстологічні методи .....</b>	<b>151</b>

6.3.1. Методи структурування.....	155
6.3.2. Еволюція систем одержання знань.....	157
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>161</b>
<b>Завдання для самостійного розв'язування .....</b>	<b>163</b>

## **РОЗДІЛ 7**

# **НОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ІНЖЕНЕРІЇ ЗНАНЬ .....**

## **164**

<b>7.1. Латентні структури знань і психосемантика.....</b>	<b>164</b>
7.1.1. Семантичні простори і психологічне градування .....	164
7.1.2. Методи багатовимірною градування.....	169
7.1.3. Використання метафор для виявлення «прихованих» структур знань .....	170
<b>7.2. Метод репертуарних решіток.....</b>	<b>175</b>
7.2.1. Основні поняття.....	175
7.2.2. Методи виявлення конструктів. Метод мінімального контексту.....	176
7.2.3. Аналіз репертуарних решіток .....	177
7.2.4. Автоматизовані методи.....	179
<b>7.3. Керування знаннями .....</b>	<b>180</b>
7.3.1. Що таке «керування знаннями»? .....	180
7.3.2. Керування знаннями і корпоративна пам'ять.....	181
7.3.3. Системи OMIS .....	183
7.3.4. Особливості розроблення OMШ.....	185
<b>7.4. Візуальне проектування баз знань як інструмент пізнання ...</b>	<b>186</b>
7.4.1. Від понятійних карт до семантичних мереж.....	187
7.4.2. База знань як пізнавальний інструмент.....	187
<b>7.5. Проектування гіпермедіа БД і адаптивних навчальних систем .....</b>	<b>188</b>
7.5.1. Гіпертекстові системи .....	188
7.5.2. Від мультимедіа до гіпермедіа .....	189
7.5.3. На шляху до адаптивних навчальних систем .....	190
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>193</b>

## **РОЗДІЛ 8**

# **МАШИННЕ НАВЧАННЯ ТА НЕЙРОННІ МЕРЕЖ .....**

## **195**

<b>8.1. Поняття машинного навчання .....</b>	<b>195</b>
8.1.1. Базові визначення .....	195

8.1.2. Автомати з лінійною тактикою .....	196
8.1.3. Формування та засвоєння понять .....	198
8.1.4. Базові поняття теорії індуктивних виведень.....	199
8.1.5. Правила формування гіпотез Мілля .....	199
8.1.6. Індуктивна перевірка гіпотез і парадокс Хемпеля.....	200
8.1.7. Поняття про генетичні алгоритми .....	201
<b>8.2. Генетично-адаптивні алгоритми .....</b>	<b>201</b>
8.2.1. Еволюційна теорія.....	202
8.2.2. Природний відбір і генетична спадковість.....	203
8.2.3. Задачі оптимізації.....	204
8.2.4. Робота генетичного алгоритму .....	205
8.2.5. Застосовування генетичних алгоритмів.....	207
<b>8.3. Інтелектуальний аналіз даних. Побудова дерева рішень .....</b>	<b>208</b>
8.3.1. Постановка задачі класифікації даних .....	208
8.3.2. Метод класифікації на основі індукції дерев рішень.....	208
8.3.3. Побудова дерева рішень та набору класифікаційних правил .....	209
8.3.4. Виявлення логічних закономірностей в даних .....	210
<b>8.4. Штучні нейронні мережі .....</b>	<b>214</b>
8.4.1. Біологічний прототип.....	215
8.4.2. Штучний нейрон .....	216
8.4.3. Однорівневі штучні нейронні мережі .....	218
8.4.4. Перцептрони.....	219
8.4.5. Навчання перцептрона .....	221
8.4.6. Алгоритм зворотньої похибки (backpropagation).....	222
8.4.7. Обмеження обчислювальних можливостей нейронних мереж .....	228
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>228</b>
<b>Завдання для самостійного розв'язування .....</b>	<b>229</b>

## РОЗДІЛ 9

### ОНТОЛОГІЇ Й ОНТОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ.....231

9.1. Основні визначення .....	231
9.2. Моделі онтології й онтологічної системи .....	233
9.3. Методології створення і «життєвий цикл» онтології.....	237
9.4. Приклади онтологій.....	238
9.5. Системи і засоби подання онтологічних знань.....	241
9.5.1. Основні підходи .....	241
9.5.2. Ініціатива (КА)2 та інструментарій Ontobroker.....	241
9.5.3. Інші підходи і тенденції .....	245
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>248</b>



# **РОЗДІЛ 10**

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АГЕНТИ ТА**

### **МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ .....249**

10.1. Агенти і варіанти середовища .....	249
10.2. Якісна поведінка: концепція раціональності.....	251
10.3. Визначення характеру середовища .....	255
10.4. Структура агентів .....	261
10.5. Основні поняття мультиагентних систем .....	272
10.6. Аналіз сучасних досліджень у розробленнях мультиагентних систем .....	274
10.7. Аналіз моделей, методів та алгоритмів, що використовуються у мультиагентних системах .....	281
10.7.1. Взаємодія агентів .....	281
10.7.2. Розподілене розв'язання задач та планування.....	283
10.7.3. Алгоритми пошуку .....	283
10.7.4. Використання генетичних алгоритмів у мультиагентних системах.....	284
10.7.5. Методи проектування структури мультиагентної системи .....	285
10.8. Моделі мультиагентних систем.....	286
10.8.1. Характеристики мультиагентних систем .....	287
10.8.2. Раціональний агент .....	287
10.8.3. Теорія ігор.....	290
10.8.4. Координація .....	292
10.8.5. Загальне знання .....	292
10.8.6. Комунікація.....	292
10.8.7. Структура агента .....	294
10.8.8. Навчання .....	294
Запитання для повторення та контролю знань .....	295

# **РОЗДІЛ 11**

## **ПРИКЛАДНЕ ВИКОРИСТАННЯ**

### **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ .....297**

11.1. Інтелектуальний пошук в мережі Інтернет .....	297
11.1.1. Стандарти подання документів в Інтернет .....	297
11.1.2. Використання онтологій .....	298
11.1.3. Суть, структура та властивості мультиагентної системи.....	300
11.1.4. Мови спілкування між агентами.....	304
11.1.5. Неспеціалізовані пошукові агенти .....	304

11.1.6. Спеціалізовані пошукові агенти .....	305
11.1.7. Системи з використанням методів і засобів штучного інтелекту .....	305
<b>11.2. Онтологія як засіб формалізації та алгоритмізації знань в інтелектуальній системі .....</b>	<b>306</b>
11.2.1. Аналіз підходів навчання онтологій .....	307
11.2.2. Загальні принципи проектування онтологій .....	308
11.2.3. Формати та стандарти подання інформації .....	309
11.2.4. Засоби для створення онтологій .....	312
<b>11.3. Технологія розроблення онтологій в редакторі Protégé .....</b>	<b>313</b>
11.3.1. Еволюція Protégé .....	313
11.3.2. Protégé-OWL. Мова web онтологій OWL .....	315
11.3.3. Основні терміни та поняття в Protégé-OWL .....	317
11.3.4. Методика розроблення онтології засобами Protégé .....	318
<b>11.4. Створення та експлуатація онтології .....</b>	<b>320</b>
11.4.1. Створення онтології .....	321
11.4.2. Автоматичний розвиток онтології у складі інтелектуальної системи .....	332
<b>11.5. Основні задачі, пов'язані з опрацюванням природної мови .....</b>	<b>333</b>
11.5.1. Типова схема опрацювання природної мови .....	334
11.5.2. Рівні розуміння .....	335
11.5.3. Глибинні відмінки .....	336
11.5.4. Типова схема аналізу речень на основі глибинних відмінків .....	336
<b>Запитання для повторення та контролю знань .....</b>	<b>337</b>
<b>додатки. мови програмування інтелектуальних систем .....</b>	<b>339</b>
<b>Додаток А. Моделювання нейронних мереж за допомогою NNML .....</b>	<b>339</b>
<b>Додаток Б. Мова програмування clips .....</b>	<b>355</b>
<b>Додаток В. Мова програмування newlisp .....</b>	<b>360</b>
<b>Додаток Г. Мова програмування python .....</b>	<b>374</b>
<b>Література .....</b>	<b>384</b>
<b>Предметний покажчик .....</b>	<b>403</b>
<b>Список скорочень .....</b>	<b>405</b>