

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Розділ 1. БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	21
1.1 Нейрон.....	21
1.2 Передача інформації.....	22
Розділ 2. ШТУЧНИЙ НЕЙРОН.....	27
2.1 Структура штучного нейрона.....	27
2.2 Моделі штучних нейронів.....	30
2.2.1. <i>Формальна модель нейрона Маккаллоха–Пітса</i>	31
2.2.2 <i>Модель нейрона — Адаліна</i>	32
2.2.3 <i>Модель нейрона Фукушіми</i>	32
2.2.4 <i>Модель штучного нейрона Хопфілда</i>	33
2.2.5 <i>Модель Гроссберга</i>	33
2.2.6 <i>Сігма-Пі нейрон</i>	34
2.2.7 <i>Стохастичний нейрон</i>	35
2.3 Топологія ШНМ.....	36
2.4 Навчання ШНМ.....	37
2.4.1 <i>Правило навчання Хебба (корелятивне, співвідносне навчання)</i>	38
2.4.2 <i>Дельта правило</i>	39
2.4.3 <i>Розширене дельта правило</i>	39
2.4.4 <i>Конкурентне навчання</i>	40
2.4.5 <i>Стохастичне навчання</i>	40
2.4.6 <i>Градiєнтні методи навчання</i>	41
2.4.7 <i>Підкріплене навчання</i>	44
Розділ 3. РАННІ АРХІТЕКТУРИ ШНМ.....	47
3.1 Одношарові ШНМ.....	47
3.1.1 <i>Одношаровий перцептрон</i>	47
3.1.2 <i>Навчання перцептронів</i>	48
3.1.3 <i>Адаліна</i>	51

3.1.4	Вхідна зірка Гроссберга	53
3.1.5	Вихідна зірка	53
3.2	Лінійна роздільність	54
3.3	Багатошарові ШНМ	56
3.3.1	Багатошаровий персептрон	56
3.3.2	Мадаліна	57
3.4	Алгоритм зворотного розповсюдження помилки	58
3.4.1	Обчислення ваг нейронів вихідного шару	60
3.4.2	Обчислення ваги нейронів прихованого шару	61
Розділ 4. АЛГОРИТМИ НАВЧАННЯ		
	БАГАТОШАРОВОГО ПЕРСЕПТРОНА	67
4.1.	Аналіз алгоритмів навчання БП	67
4.1.1.	Вибір критерію якості навчання БП	67
4.1.2.	Алгоритм зворотного розповсюдження помилки	69
4.1.4.	Квази'ньютонівські методи.	75
4.1.5.	Методи сполучених градієнтів	78
4.1.6.	Рекурентні методи найменших квадратів.	78
4.2.	Рекурентний багатокроковий алгоритм навчання, що базується на методі поточного регресійного аналізу	81
4.2.1.	Синтез рекурентного алгоритму з експонентним зважуванням інформації.	81
4.2.2.	Регулювання алгоритму навчання.	85
4.3.	Деякі рекомендації щодо вибору параметрів алгоритму навчання	88
4.3.1.	Вибір ширини вікна.	88
4.3.2.	Вибір параметра зважування	89
4.3.3.	Вибір параметра регуляризації	89
Розділ 5. РАДІАЛЬНО-БАЗИСНІ МЕРЕЖІ		
5.1.	Архітектура РБМ	93
5.2	Вибір базових функцій	96
5.2.1.	Базисні функції на основі гауссівських функцій.	97
5.2.2.	Бірадіальні функції	99
5.2.3.	Нормалізація базисних функцій.	100
5.2.4	Кусково-лінійна апроксимація радіально-базових функцій	105
5.3.	Вибір структури моделі	110
5.4.	Навчання РБМ	114
5.4.1.	Навчання у режимі <i>off-line</i>	115
5.4.2.	Навчання у режимі <i>on-line</i>	116
5.4.3.	Підвищення сталості процесу навчання	118
5.4.4.	Особливості навчання мережі РБФ	122
5.4.5.	Алгоритм навчання мережі РБФ на основі кластеризації	124

5.4.6	Вибір початкових розташувань центрів БФ за допомогою нейронної мережі Нейро-Газ	126
5.4.7	Способи вибору відхилень БФ алгоритмами <i>k</i> -середніх та <i>k</i> -найближчих сусідів	126
5.5	Гіпербазова мережа	128
5.5.1	Структура мережі	128
5.5.2	Навчання мережі	129
5.6	Розв'язання прикладних завдань за допомогою мережі РБФ	130
5.6.1.	Реалізація функції «виключне АБО»	130
5.6.2	Апроксимація функції	132
5.6.3	Ідентифікація нелінійних динамічних об'єктів	135
5.6.4	Нейроуправління нелінійними об'єктами	140
5.6.5	Стиснення зображення за допомогою мережі РБФ	144
Розділ 6. РОБАСТНЕ НАВЧАННЯ ШНМ ПРЯМОГО ПОШИРЕННЯ... 150		
6.1	Деякі підходи, які використовуються під час робастного навчання ... 150	
6.1.1	<i>LMedS (Least Median of Squares)</i>	150
6.1.2	Укорочений метод найменших квадратів <i>LTS (Least Trimmed Squares)</i>	151
6.1.3	<i>M</i> -навчання	151
6.2	Вибір критерію робастного навчання	153
6.2.1	Оптимальні алгоритми навчання	153
6.2.2	Традиційні критерії <i>M</i> -навчання	154
6.2.3	Вибір критерію навчання за несиметричного розподілу ... 159	
6.3	Процедури робастного навчання	162
6.3.1	Оптимальні процедури навчання	162
6.3.2	Однокрокові робастні процедури навчання	163
6.3.3	Багатокрокові робастні процедури навчання	167
6.4	Модифікації багатокрокових алгоритмів, що містять зону нечутливості	169
6.4.1	Модифікація багатокрокових алгоритмів	169
6.4.2	Збіжність модифікованих багатокрокових алгоритмів ... 172	
6.5	Робастні процедури Гауса-Ньютона і Левенберга-Марквардта	174
6.5.1	Рекурентні процедури Гауса-Ньютона і Левенберга-Марквардта	174
6.5.2	Робастні процедури Гауса-Ньютона і Левенберга-Марквардта із зоною нечутливості (з обмеженою точністю)	176
6.6	Оцінювання параметрів функціоналів	179
6.6.1	Оцінювання параметра масштабу в режимі <i>offline</i>	179
6.6.2	Оцінювання параметрів перешкод у режимі <i>on-line</i>	180
6.6.3	Апроксимація асиметрично розподіленої перешкоди	181
6.7	Імітаційне моделювання	182

Розділ 7. АСОЦІАТИВНА ПАМ'ЯТЬ.....	194
7.1. Асоціативна мережа прямого розповсюдження.....	197
7.2 Алгоритми навчання асоціативної пам'яті.....	199
7.2.1 <i>Правило навчання Хебба</i>	199
7.2.2 <i>Дельта-правило</i>	202
7.2.3 <i>Алгоритми навчання, що використовують операцію псевдообігу матриці вхідних сигналів</i>	203
7.2.4 <i>Розпізнавання спотвореного образу</i>	204
7.3 Гетероасоціативна пам'ять	205
7.4 Автоасоціативна пам'ять.....	206
7.5 Двонаправлена асоціативна пам'ять.....	207
7.5.1 <i>Синхронна ДАП</i>	210
7.5.2 <i>Безперервна ДАП</i>	210
7.5.3 <i>Адаптивна ДАП</i>	211
7.5.4 <i>Конкуруюча ДАП</i>	211
7.6 Приклад роботи двонаправленої асоціативної пам'яті.....	211
Розділ 8. САМООРГАНІЗОВАНІ МЕРЕЖІ.....	215
8.1 Мережа векторного квантування	217
8.1.1 <i>Структура мережі векторного квантування</i>	217
8.1.2 <i>Неконтрольоване навчання мережі ВК</i>	219
8.1.3 <i>Контрольоване навчання мережі ВК</i>	221
8.2 Нейронна мережа Кохонена	225
8.2.1 <i>Структура мережі Кохонена</i>	225
8.2.2 <i>Навчання мережі Кохонена</i>	227
8.2.3 <i>Алгоритм навчання мережі Кохонена</i>	229
8.2.4 <i>Вибір функції «сусідства»</i>	234
8.2.5 <i>Побудова карти Кохонена</i>	235
8.2.6 <i>Стиснення зображення нейронною мережею Кохонена</i>	238
8.3 Нейронна мережа Нейро-Газ	240
8.4 Мережа зустрічного розповсюдження.....	243
8.4.1 <i>Архітектура мережі зустрічного розповсюдження</i>	244
8.4.2 <i>Навчання шару Кохонена</i>	245
8.4.3 <i>Навчання шару Гроссберга</i>	248
8.4.4 <i>Повна мережа зустрічного розповсюдження</i>	248
8.5 Застосування мереж для стиснення даних	249
8.5.1 <i>Стиснення даних за допомогою мереж зустрічного поширення</i>	249
8.4.4 <i>Формат зберігання даних</i>	250
8.5.2 <i>Стиснення даних за допомогою модифікованої мережі Кохонена</i>	252
8.5.3 <i>Порівняльний аналіз результатів стиснення зображення модифікованою мережею Кохонена та мережею зустрічного поширення</i>	256

Розділ 9. ДИНАМІЧНІ ШНМ ПРЯМОГО ПОШИРЕННЯ.....	259
9.1 КІХ-архітектура: просторово-часове подання	259
9.2 Структура нейронної КІХ-мережі	261
9.2.1 Структура КІХ-нейрону	261
9.2.2 Подання КІХ-мережі статичною мережею прямого поширення	262
9.3 Навчання динамічних ШНМ прямого поширення.....	265
9.3.1 Алгоритм миттєвого градієнтного спуску.....	266
9.3.2 Алгоритм тимчасового зворотного розповсюдження.....	266
9.3.3 Модифікований алгоритм навчання КІХ-мереж	270
9.4. Оптимізація навчання рекурентних динамічних нейронних мереж та структур	274
9.4.1 Настроювані параметри РШНМ.....	275
9.5. Еквівалентність ізоморфних РШНМ.....	281
9.5.1 Статична еквівалентність ізоморфних РШНМ.....	282
9.5.2 Динамічна еквівалентність ізоморфних РШНМ	283
9.6. Статична та динамічна еквівалентність довільних РШНМ	286
9.6.1 Еквівалентність РШНМ з довільною кількістю вихідних нейронів	286
9.6.2 Еквівалентність РШНМ з довільними функціями активації нейронів	287
9.6.2 Динамічна еквівалентність РШНМ з довільними алгоритмами навчання	287
9.6.4 Висновки про співвідношення між β і η для загального випадку РШНМ	290
9.7 Співвідношення між η і β для модульних ШНМ	290
9.7.1 Статична еквівалентність модульних ШНМ.....	291
9.7.2 Динамічна еквівалентність модульних ШНМ	291
9.8 Застосування динамічних ШНМ прямого поширення.....	295
Розділ 10. ПОВНОЗВ'ЯЗНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ.....	300
10.1 Мережа Гопфілда	300
10.1.1 Модель Гопфілда	300
10.1.2 Навчання мережі Гопфілда	304
10.1.3 Запам'ятовування образу в мережі Гопфілда.....	305
10.1.4 Виклик образу	306
10.1.5 Режим фільтрації роботи мережі Гопфілда.....	312
10.1.6 Синхронний режим роботи мережі Гопфілда	313
10.1.7 Асинхронний режим роботи мережі Гопфілда	314
10.2 Безперервна мережа Гопфілда	315
10.3 Асоціативна мережа BSB	316
10.4. Мережа Хеммінга	318
10.5 Машина Больцмана	321

10.5.1	Структура машини Больцмана	322
10.5.2	Навчання в машині Больцмана	323
10.5.3	Алгоритм навчання машини Больцмана	327
10.5.4	Обговорення алгоритму навчання	329
10.5.5	Алгоритм класифікації (розпізнавання).....	331
10.6	Обмежена машина Больцмана	333
10.7	Мережа глибокої довіри	336
10.8	Машина Гельмгольца	339
10.9	Машина Коші	340
10.10.	Практичне застосування мереж.....	341
10.10.1	Відновлення пошкодженого зображення	341
10.10.2	Розв'язання задачі про комівояжера.....	342
Розділ 11.	НЕЙРОННА МЕРЕЖА ART	347
11.1	Біологічні основи нейронної мережі ART	347
11.2	Структура нейронної мережі ART.....	348
11.3	Типи нейронних мереж ART	351
11.3.1	Мережа ART 1	351
11.3.2	Мережа ART 2 та її модифікації	358
11.3.4	Гауссівська ART.....	362
11.3.5	Мережа ART 3	364
11.4.1	Узагальнений алгоритм роботи мереж ART	364
11.4.2	Мережа ART 2A	366
11.4.3	Комплементарне кодування ART 2A (мережа ART 2A-C)	368
11.4.4	Мережі ART 2A з евклідовою відстанню (ART 2A-E)	369
11.5	Нейронна мережа Fuzzy ART	371
11.5.1	Геометрична інтерпретація.....	372
11.5.2	Алгоритм роботи мережі Fuzzy ART	374
11.5.3	Мережа Fuzzy ARTMAP	376
11.6	Основні недоліки алгоритмів навчання та можливі шляхи їх вирішення	377
11.6.1.	Основні недоліки алгоритмів навчання	377
11.6.2	Існуючі рішення	381
11.7	Функції вибору (ФВ).....	384
11.7.1	Основні вимоги до ФВ мереж Fuzzy ART.	384
11.7.2	Функції вибору мереж Fuzzy ARTMAP	386
11.8	Розв'язання практичних завдань на основі мереж ART	389
11.8.1	Алгоритми класифікації на основі мереж ART.....	389
11.8.2	Базатонаправлена асоціативна пам'ять.....	390
11.8.3	Стиснення зображень	392
11.8.4	Розв'язання задачі класифікації двовимірних образів	396