

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2015 р

Магістерська дисертація

зі спеціальності 8.05020102 «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи»

(код і назва спеціальності)

на тему: «Ідентифікація топології нейронних мереж на основі
кількісних ознак»

Виконав: студент VI курсу, групи ІК-31м
(шифр групи)

Ахаладзе Ілля Елдарійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Ткач М.М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант охорона праці к.т.н., доц. Праховнік Н. А.

(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий
ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2015 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

Факультет (інститут) Інформатики та обчислювальної техніки
(повна назва)

Кафедра технічної кібернетики
(повна назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»
Напрямок підготовки 6.050201 «Системна інженерія»
(код і назва)

Спеціальність 8.05050102 «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Ахаладзе Іллі Елдарійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема дисертації: «Ідентифікація топології нейронних мереж на
основі кількісних ознак»

науковий керівник дисертації к.т.н., доцент Ткач Михайло Мартинович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «10» березня 2015 р. №292/2с

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: є кількісні оцінки зв'язків між класифікаційними
ознаками топології нейромережі, які визначають її властивості

4. Предмет дослідження: топологія нейромережі

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати існуючі методи та
підходи до вибору топологій нейромереж, проаналізувати класифікаційні
ознаки для їх кількісного оцінювання на основі оцінок експертів,
проаналізувати поведінку експертів в процесі багато об'єктної експертизи,
спроектувати модель ідентифікації топології нейромережі, спроектувати
архітектуру та структуру системи ідентифікації топологій нейромережі,
розробити систему ідентифікації топології на базі спроектованої структури та
архітектури, практично перевірити роботу розробленої системи.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Ткач М.М.		
Розділ 2	Лісовиченко О.І.		
Розділ 3	Ямпольський Л.С., Лісовиченко О.І.		
Розділ 4	Лісовиченко О.І., Ткач М.М.		
Розділ 5	Праховнік Н.А.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз підходів вибору топологій нейронних мереж	19.02.2015	
2	Проектування моделі ідентифікації топології нейромереж	24.02.2015	
3	Розробка системи ідентифікації топології нейромережі	05.03.2015	
4	Практичне застосування розробленої системи ідентифікації топології	16.04.2015	
5	Перевірка отриманих результатів	21.05.2015	
6	Охорона праці та безпека у надзвичайній ситуації	23.05.2015	
7	Підготовка пояснювальної записки	24.05.2015	
8	Підготовка презентації та доповіді	25.05.2015	
9	Попередній захист	27.05.2015	

Студент

(підпис)

І.Е. Ахаладзе

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

М.М. Ткач

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до магістерської дипломної роботи містить: 99 стор., 22 рис., 7 табл., 7 додатків, 93 джерел.

Мета і задачі дослідження. Метою дипломного дослідження є можливості об'єднання знань експертів в області нейротехнологій для полегшення вибору топології нейромережі для фахівця предметної області, де визначена прикладна задача.

Об'єктом дослідження є кількісні оцінки зв'язків між класифікаційними ознаками топології нейромережі, які визначають її властивості

Предметом дослідження є топологія нейромережі.

Наукова новизна одержаних результатів проведеного дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні та практичному використанні покрокової моделі ідентифікацій топології нейромережі на основі класифікаційних ознак та їх кількісній оцінці за допомогою оцінок експертів

НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, ОЦІНКА ЕКСПЕРТІВ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ, ТОПОЛОГІЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ, ДИСПЕРСІЯ, СЕРЕДНЬО КВАДРАТИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ, РАНГ, СІТКА ХОПФІЛДА.

ANNOTATION

An explanatory note to the master's work: 99 pages, 22 pic., 7 table, 7 app and 93 sources.

The purpose and objectives of the study. The goal of graduate studies is the possibility of association of knowledge experts in neuro technology to facilitate neural network topology of choice for the specialist subject area, which is defined applications.

The object of research is a quantitative assessment of relations between the topology of neural network classification attributes that define its properties.

The subject of research is methods of analysis and evaluation to provide expert survey weights quantitative attributes neural network topology.

Scientific novelty of research is the topology of the neural network.

NEURAL NETWORKS, EXPERT ASSESSMENTS, IDENTIFICATION,
NEURAL NETWORK TOPOLOGY, VARIANCE, AVERAGE DEVIATION,
RANK, NET HOPFIELD.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ВИБОРУ ТОПОЛОГІЙ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	13
1.1 Аналіз існуючих методів ідентифікації топології нейронних мереж .	13
1.2 Аналіз нейронних мереж для ідентифікації топології при вирішенні прикладної задачі	21
1.3 Аналіз існуючих систем ідентифікації топології нейронних мереж...	26
1.4 Постановка задачі	28
ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ	29
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТОПОЛОГІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	30
2.1. Аналіз класифікаційних ознак для їх кількісного оцінювання на основі оцінок експертів.	30
2.2. Деякі проблемні аспекти обробки даних експертного оцінювання	33
2.3. Аналіз поведінки експертів в процесі багатооб'єктної експертизи. Проблема класифікації експертів	39
2.4.Ентропійний підхід до оцінювання рівня узгодженості суджень експертів.....	44
2.5 Уточнена модель похибок кількісних експертних оцінок.....	47
2.6 Оцінка компетентності експертів за результатами їх класифікації засобами кластерного аналізу	50
ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ	53
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТОПОЛОГІЇ НЕЙРОМЕРЕЖІ	55

3.1 Інструментальні засоби для побудови системи	55
3.2 Розробка архітектури системи ідентифікації топології нейронних мереж	58
3.3 Розробка структури системи ідентифікації топології нейронних мереж	59
ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ	62
РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТОПОЛОГІЇ.....	63
4.1 Аналіз вирішуваної задачі додавання кількісного значення обраної класифікаційної ознаки	63
4.2 Опис алгоритму додавання експертної оцінки вибраної ознаки	63
4.3 Перевірка отриманих результатів	65
ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ	67
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ	68
5.1 Вступ	68
5.1.1 Технологічний процес та робочі операції які виконуються	69
5.1.2 Встановити на відповідність вимогам нормативних документів об'єму і площі приміщення на 1 працівника та розташування технологічного обладнання	69
5.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях, що створюються технологією (обладнанням) під час експлуатації, та розробка заходів по покращенню (нормалізації) умов праці	71
5.2.1 Мікроклімат	71
5.2.2 Освітлення	73
5.2.3 Шум	79

4.2.4	Небезпека враження людини електричним струмом	80
4.2.5	Небезпека пожежі	81
4.2.6	Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори	83
5.3	Охорона праці та безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.....	84
	ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ	86
	ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	88
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	90
	ДОДАТКИ.....	99

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ГА – генетичний алгоритм;

НС – нейронна сітка;

ШН – штучний нейрон;

ШНС – штучна нейронна сітка;

АЗПП – алгоритм зворотного поширення похибки;

ТВ – топологічні властивості;

НІТ – нові інформаційні технології;

СКВ – середньо квадратичне відхилення.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В останні роки у світі бурхливо розвивається нова прикладна область штучного інтелекту, яка спеціалізується на використанні для вирішення інтелектуальних задач штучних нейронних мереж. Актуальність досліджень у цьому напрямку підтверджується величезною кількістю різноманітного використання нейромереж. Основними класами задач, у яких на сьогодні успішно використовуються рішення на базі нейромереж, є: задачі апроксимації, прогнозування, класифікація та розпізнавання образів, кластеризація, ідентифікація та оцінювання, асоціативне керування та інші.

Головною перепорою до більш широкого використання нейромереж є вимога наявності глибоких знань в даній області для побудови такої мережі, яка б вирішувала поставлену прикладну задачу оптимально за заданим параметром (точністю, швидкістю роботи, тощо.) З одного боку, є висококваліфікований в певній предметній області спеціаліст, який може визначити та виконати постановку конкретної прикладної задачі, та використати для її вирішення нейромережу, але він не має глибоких знань в області вибору топології нейромережі. З іншого боку, є фахівець з глибокими знаннями в області нейронних технологій, (але який не знає всіх тонкостей вирішуваної задачі) але який не оперує поняттями предметної області, де визначена задача. Розглянемо кілька варіантів можливого вирішення даної проблеми. Перший варіант: спеціаліст певної галузі має визначити та описати задачу, витратити час для поглиблення знань в галузі нейротехнологій, обрати певну топологію, навчити та перевірити її на коректність навчання. Наступний варіант: фахівець в галузі нейронних технологій може обрати, налаштувати та перевірити нейромережу, але йому також необхідно витратити певний час на опанування предметної області. В обох випадках необхідна наявність часу для отримання додаткових знань, що дуже часто є критичним при вирішенні певної прикладної задачі. Для усунення цієї

проблеми, пропонується об'єднати знання експертів в галузі нейронних мереж, які допомагали б (користувачу)фахівцю предметної області обрати топологію нейромережі на основі знань перших .(в режимі (покрокового формування топології)порад).

Очевидно, що є актуальним створення системи, що полегшувала б вибір топології нейромережі для користувача, який не має глибоких знань в області нейротехнологій.

Мета і задачі дослідження. Метою дипломного дослідження є можливості об'єднання знань експертів в області нейротехнологій для полегшення вибору топології нейромережі для фахівця предметної області, де визначена прикладна задача.

Мета дослідження полягає в виявленні особливостей будови нейромереж, їх властивостей, та характеристик, визначення взаємозв'язків між ними та визначенні важливості цих зв'язків на основі експертних оцінок.

Для досягнення цієї мети в рамках даного дипломного проекту були поставлені наступні задачі.

1. Проаналізувати існуючі підходи вибору топологій нейромереж.
2. Проаналізувати класифікаційні ознаки для їх кількісного оцінювання на основі оцінок експертів.
3. Проаналізувати існуючі системи ідентифікації нейромереж.
4. Провести опитування експертів, аналіз отриманих результатів.
5. Спроекувати модель додавання кількісних значень ознак на основі реляційних баз даних.
6. Спроекувати архітектуру системи.
7. Обрати інструментальні засоби для реалізації системи.
8. Реалізувати структуру та архітектуру системи ідентифікації топології нейромережі.
9. Практично перевірити роботу здатність системи на основі прикладної задачі.

10. Провести аналіз отриманих результатів порівняно з існуючими системами.

Об'єктом дослідження є кількісні оцінки зв'язків між класифікаційними ознаками топології нейромережі, які визначають її властивості.

Предметом дослідження топологія нейромережі.

Наукова новизна одержаних результатів проведеного дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні та практичному використанні покрокової моделі ідентифікацій топології нейромережі на основі класифікаційних ознак та їх кількісній оцінці за допомогою оцінок експертів.

Практичне значення результатів дослідження полягає в тому що сформульовані у дипломній роботі теоретичні положення та їх практична реалізація можуть допомагати, необізнаному в області нейромереж, користувачу вибирати топології нейромереж для вирішення прикладної задачі.

Структура роботи. Робота складається з: вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел, який налічує 93 найменувань.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ВИБОРУ ТОПОЛОГІЙ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

1.1 Аналіз існуючих методів ідентифікації топології нейронних мереж

Нейронна мережа представляє собою множину вузлів (нейронів), які об'єднуються в шарі і сполучені між собою зв'язками. Існує кілька видів нейронів і типів зв'язків, що може їх з'єднувати. Нейрони можуть бути з'єднані між собою багатьма способами, що створює велику кількість нейронних мереж з різною архітектурою, структурою, методами навчання і властивостями відповідно.

Вибір топології нейронних мереж є одним з найважливіших етапів при використанні нейронних технологій для вирішення прикладних задач. Від цього напрямку залежить якість (адекватність) отриманої нейромережевої моделі.

Побудова нейронної мережі традиційно виконуються по методиці проб і помилок. Дослідник вказує кількість шарів, нейронів а також структуру зв'язків між ними. Після цього він навчає мережу (якщо потрібно) і випробовує її на тестовій вибірці. Якщо отримані результати задовольняють заданим критеріям, то задача вибору топології та побудови нейросітки вважається виконаною. Інакше процес повторюється знову з іншими параметрами. Вибір параметрів, побудова мережі, її навчання та випробування займають досить часу. А якщо врахувати кількість можливих параметрів і множину значень цих параметрів, то пошук оптимальної за певним критерієм мережі може займати дуже велику кількість часу, що не завжди є виправданим або навіть допустимим.

Швидкий розвиток теорії і практики використання генетичних алгоритмів, дає можливість їх використання для вирішення задачі пошуку та вибору оптимальної (за певним критерієм) топології нейромережі.

Як добре видно, при побудові мережі необхідно експериментувати з великою кількістю мереж, порівнюючи отримані результати. Для кожної

нової мережі перевіряється її адекватність при вирішенні конкретної прикладної задачі і вона при необхідності змінюється або відкидається. Простір можливих варіантів мереж, в середині якого здійснюється пошук, дуже великий. Тому не обхідно використовувати спрощення або різні евристичні методи.

Такий процес багатократного повторювання циклу "Вибір мережі - Оцінка - Модифікація або відкидання" нагадує природній процес еволюції. Еволюційні алгоритми добре себе зарекомендували в задачах пошуку близьких до оптимальних рішень в складних просторах. Тому їх використання для пошуку топології нейромереж є логічним.

Структуру будь-якого досліджуваного об'єкта, що визначає його поведінку і властивості, можна назвати фенотипом об'єкта. Запис даних про фенотип, за якими можна його однозначно відновити, називається геномом. Оскільки об'єкт кодується тільки одним геномом, то його можна також називати генотипом. Таким чином, геном є формою представлення об'єкта. При вирішенні будь оптимізаційної задачі генетичним методом спочатку необхідно визначити це представлення. Процес побудови генома за фенотипом називають кодуванням, а зворотні йому - побудови фенотипу за генотипом - декодуванням.

Для опису процесу роботи ГА необхідно визначити ще кілька операцій. Схрещування - це операція побудови нового генотипу (нащадка) по генотипам двох батьків. Мутація - випадкова зміна генотипу. Відбір - це вибір з популяції об'єктів-кандидатів для подальшого схрещування або переходу в нову популяцію (виживання особини і її перехід у нову епоху).

Кожна епоха згідно ГА складається з наступних кроків:

1. Обчислення пристосованості кожного індивіда з популяції
2. Відбір індивідів для схрещування
3. Схрещування відібраних індивідів і додавання нащадків в популяцію
4. Мутація деяких особин з популяції

5. Обчислення пристосованості всіх нових особин
6. Відбір особин і складання з них нової популяції

Як добре видно, генетичний алгоритм - це схема еволюції. Щоб отримати з неї точний алгоритм необхідно вибрати уявлення генотипу, алгоритми його кодування і декодування, схрещування і мутації генотипів, а також обидві процедури відбору в популяції.

Пряме кодування

У 1989 році Міллер запропонував кодувати структуру нейронної мережі за допомогою матриці суміжності (аналогічно матриці суміжності для графів). Він використовував її для запису тільки багатoshарових нейронних мереж без зворотних зв'язків. Кожному можливому прямому зв'язку нейрона i та не вхідного нейрона j відповідає елемент матриці з координатами (i, j) . Якщо значення цього елемента дорівнює 1, зв'язок є; якщо 0 - зв'язку немає. Для зсувів кожного нейрона виділений окремий стовпець. Таким чином, нейронної мережі з N нейронів відповідає матриця розмірності $N * (N + 1)$.

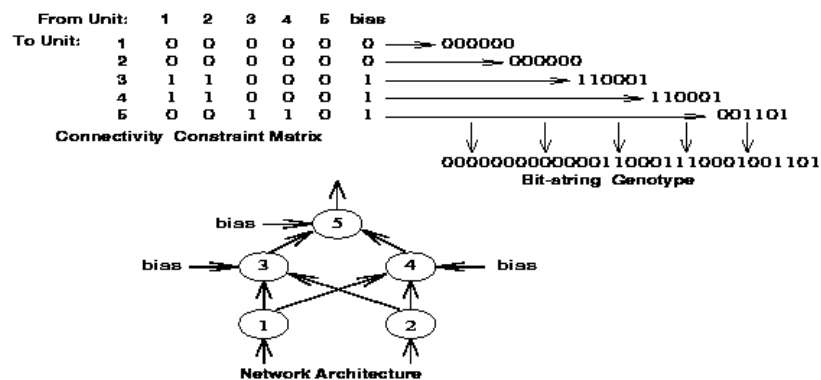


Рис.1.1. Кодування НС в матриці суміжності

Геном нейронної мережі за методом прямого кодування складається шляхом конкатенації двійкових рядків матриці суміжності нейронної мережі.

При декодуванні отриманого генома назад в нейронну мережу всі зворотні зв'язки (які можуть бути записані в матриці суміжності) ігноруються. Саме тому в такій формі записувалися тільки нейронні мережі без зворотних зв'язків. Всі нейрони, до яких не веде жодна зв'язок, або від яких не виходить жодна зв'язок видаляються.

Таке уявлення досить погано масштабуються, тому довжина отриманого генома пропорційна квадрату числа нейронів у мережі. Тому його можна ефективно застосовувати тільки для побудови достатньо невеликих за розміром нейронних мереж.

Замість того, щоб описувати кожну зв'язок окремо, можна зберігати набір параметрів описують окремі частини мережі або деякі шаблони підмереж. Точна структура мережі відновлюється на етапі декодування мережі за генотипом, з урахуванням деяких заздалегідь визначених характеристик і властивостей мережі. Таким чином найкраще кодувати мережі деяких певних класів, наприклад багат шарові мережі без зворотних зв'язків.

Параметричне кодування

Замість того, щоб описувати кожний зв'язок окремо, можна зберігати набір параметрів, що описують окремі частини мережі або деякі шаблони підмереж. Точна структура мережі відновлюється на етапі декодування мережі за генотипом, з урахуванням деяких заздалегідь визначених характеристик і властивостей мережі. Таким чином найкраще кодувати мережі деяких певних класів, наприклад багат шарові мережі без зворотних зв'язків.

Існує декілька підходів до реалізації ідеї параметричного кодування. Перший з них був запропонований Харпом, Самадом і Гуха в 1989 році. Вони використовували "креслення" для завдання нейронної мережі. Креслення являв собою послідовність сегментів, кожен з яких описував одну групу нейронів (наприклад, шару в багат шаровій мережі без зворотних зв'язків). Сегмент складався з двох частин. Перша була фіксованого розміру і містила інформацію про кількість нейронів у групі, їх організації, а також адресу. Друга частина містила одну або більше поле опису проєкції (Projection specification field PSF), що задає зв'язок даної групи нейронів з іншими. У кожному полі записувалися щільність зв'язків, адресу групи, до якого вони ведуть і інформацію про їх організації. Перша і остання група описувала

вхідні і вихідні нейрони. Такий опис було набагато більш компактно і набагато краще масштабувати.

Однак, таке подання не забезпечувало коректність закодованих мереж. Деякі автори досліджували варіанти подібних уявлень, наприклад, Мандішер запропонував уявлення для кодування багат шарових мереж, яке забезпечувало коректність. Генотип складався з послідовності описів шарів. Опис шару складався з трьох полів. Перше поле - розмір шару (кількість нейронів).

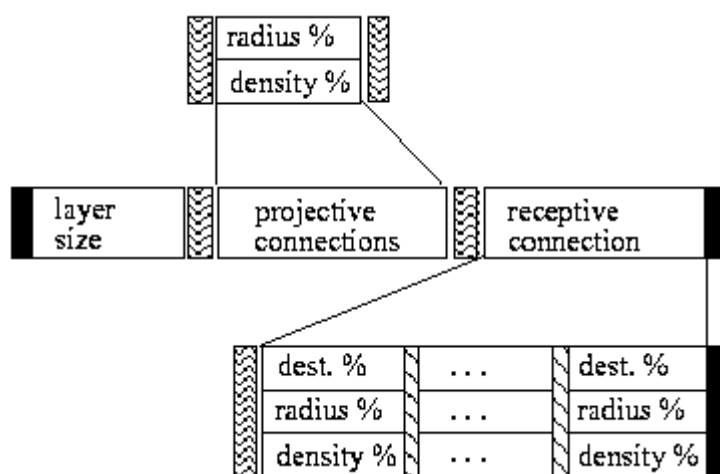


Рис. 1.2. Кодування за Мандішеру

Друге і третє поле задавало зв'язку даного шару з іншими. Друге поле описувало проєктивні зв'язку, тобто спрямовані від даного шару до наступного. Третє поле описувало рецептивні зв'язку, тобто спрямовані від одного з попередніх шарів до даного, відповідно третє поле складалося з довільної кількості описів зв'язків. Проєктивні зв'язку задавалися двома параметрами - радіусом зв'язків і щільністю зв'язків. Розмір радіуса зони приєднання зв'язків задавався у відсотках щодо розміру наступного шару. Другий параметр задавав відсоток нейронів у зоні приєднання зв'язків, з якими реально встановлювалася зв'язок.

Граматичне представлення

У реальних біологічних організмах генотип не є справжнім повним кресленням всієї особини. Він містить інформацію про білки, тобто про елементи, які використовуються і як будівельні цеглинки, з яких створюється

організм, і як механізми з вбудованою програмою для побудови інших елементів організму. Такий процес розвитку називається онтогенезом, і саме він надихнув дослідників на перехід до фрактального опису нейронних мереж. В генотипі записувався не опис структури нейронної мережі, а програма і правила побудови цієї структури.

Найвідоміший підхід до реалізації цієї ідеї базується на Системах Ліндемайра, або L-системах. Цей формалізм був спочатку граматичним підходом до моделювання морфогенезу рослин. Граматика L-системи складається з набору правил, що використовувалися для генерації рядка-опису структури. Процес застосування правил називається переписуванням рядків (string-rewriting). До початкового символу S послідовно застосовуються правила переписування рядків, поки ми не отримаємо рядок тільки з термінальних символів.

У 1990 році Кітано розробив граматику генерації графів (Graph Generation Grammar -GGG). Всі правила мають вигляд:

$$A \rightarrow \begin{bmatrix} B & C \\ D & E \end{bmatrix}$$

Алфавіт цієї граматики містить символи трьох типів:

1. не термінальні $N = \{A, B, :, Z\}$,
2. перед термінальні $P = \{a, b, :, p\}$
3. термінальні $T = \{0, 1\}$.

Граматика складається з двох частин: змінної і постійної. Змінна частина записується в геном і складається з послідовності описів правил граматики. Усі символи з лівої частини правил повинні бути не термінальними, а з правої частина - з безлічі $N \cup P$. Постійна частина граматики містить 16 правил для кожного перед термінального символу ліворуч, і матриці $2 * 2$ з $\{0, 1\}$ справа. Для термінальних символів також задаються граматичні правила. Нуль розкривається в матрицю $2 * 2$ з нулів, а одиничка - в матрицю і одиниць.

При роботі з такими уявленнями геномів можуть зустрічатися ситуації, коли в змінної частини не запитують правила для не термінального символу, який однак використовувався в правій частині одного з описаних правил. Такі символи оголошуються "мертвими", і переписуються точно так само, як нулі.

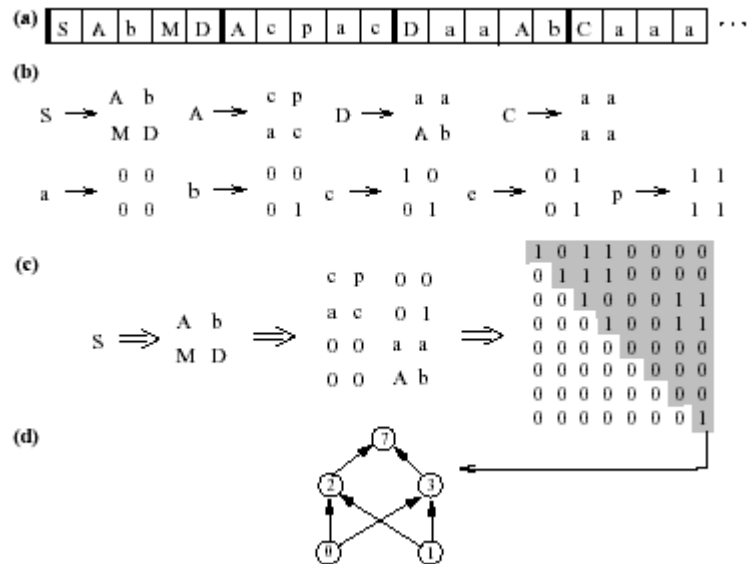


Рис.1.3. Процес декодування граматичного уявлення

Процес декодування складається з послідовних застосувань правил з генома до початкового символу S. Кількість застосувань правил задається на початку. Отримана матриця інтерпретується таким чином: якщо на діагоналі елемент $(i, i) = 1$, то йому відповідає нейрон. Всі елементи (i, j) позначають зв'язок нейрона i з нейроном j , якщо вони обидва існують. Всі зворотні зв'язки видаляються.

Простір з осередків

Нолфі і Парісі запропонували кодувати нейрони їх координатами в двовимірному просторі. Кожна пара координат в генотипі відповідає одному нейрону. Але зв'язки не задаються точно в генотипі, а "виросшуються" в процесі декодування. Крайні нейрони зліва вважаються вхідними, а крайні справа - вихідними.

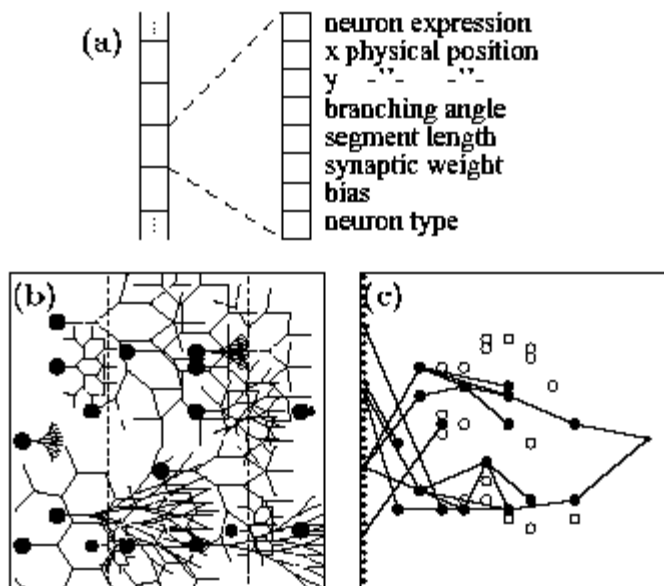


Рис.1.4. Побудова мережі в просторі з осередків

На початку процесу декодування всі нейрони поміщаються на площині в точках, заданих їх координатами. Потім вони індексуються. Індекс прихованих нейронів визначається їх координатою x . Якщо у двох нейронів їх x -ові координати співпадають, то більший номер отримує той нейрон, який був лічений з генома пізніше (закодований далі, ніж інший). Індеси всіх вхідних і вихідних нейронів розраховуються інакше. Кожному нейрону в генотипі також відповідає параметр тип. Для вхідних нейронів індекс :

$$I = \text{type} \bmod N(\text{input})$$

- для вихідних нейронів він розраховується за формулою:

$$j = N - N(\text{output}) + \text{type} \bmod N(\text{output})$$

де,

$N(\text{input})$ - кількість входів в нейронну мережу,

$N(\text{output})$ - кількість виходів з нейронної мережі.

Очевидно, що деякі вхідні і вихідні нейрони будуть мати один і той же індекс. Тому, при декодуванні до нейронної мережі додається $N(\text{input})$ вхідних і $N(\text{output})$ вихідних реальних нейронів, до яких приєднані входи і виходи мережі. Кожен такий додатковий нейрон зв'язується з усіма нейронами з відповідним індексом.

Після декодування всіх нейронів і розміщення їх у просторі, з кожного нейрона починає будуватися дерево зв'язків. Зазвичай воно розраховується як фрактал, але конкретний метод його обчислення не важливий. Довжини сегментів-гілок дерева, і кут між гілками задається при описі кожного нейрона в геномі. Зв'язок між нейронами встановлюється, якщо одна з гілок графа підхід до іншого нейрона менше, ніж на встановленій заздалегідь порогове значення.

Спочатку навчання записаних таким чином мереж окремо не проводилось, вони еволюціонували разом з ваговими коефіцієнтами, які також записувалися в геном. Але подібне подання може застосовуватися і виключно для побудови структури мережі, а ваги можуть розраховуватися і за стандартними алгоритмами.

Еволюційні методи вже показали, що вони здатні знаходити ефективні структури нейронних мереж, принаймні, для нескладних завдань. Побудовані ними нейронні мережі часто зовсім не відрізняються від стандартних, давно випробуваних мереж, що вирішують такі завдання.

Процес еволюції біологічних організмів йшов мільярди років. І якщо врахувати швидкість, з якою розмножуються найпростіші організми, і підрахувати кількість комбінацій, випробуваних природою, то стає ясно, що сучасних обчислювальні потужності просто непорівнянні з необхідними.

Тому багато дослідників зайняті зараз проблемами оптимізації процесу еволюції.

1.2 Аналіз нейронних мереж для ідентифікації топології при вирішенні прикладної задачі

Проведений аналітичний перегляд основних напрямків розвитку нейротехнологій, а також результати численних досліджень в інших джерелах, присвячених даній проблемі, дозволяють сформувати достатній набір класифікаційних ознак і запропонувати класифікатор нейромереж, які в

сукупності сприятимуть послідовності обґрунтування вибору відповідностей “розв’язувана прикладна задача – топологічна модель нейромережі”.

Досвід роботи багатьох вчених в даній області дозволяє стверджувати, що наведений нижче перелік наступних класифікаційних ознак є і необхідним, і достатнім для розв’язання поставленої задачі і містить:

1. тип вхідної інформації;
2. базову модель ШН;
3. структуру;
4. архітектуру;
5. методи навчання;
6. настроювання ваг;
7. критерії оцінки.

Розглянемо наступні класифікаційні ознаки.

1. За типом вхідної інформації .

а. Аналогова вхідна інформація – інформація на вході штучної нейронної сітки(ШНС), подана у формі дійсних чисел.

б. Двійкова вхідна інформація – інформація на вході ШНС у вигляді нулів та одиниць.

Отже, можна виділити два основних підходи до реалізації ШНС: *цифровий* та *аналоговий*. Перевагою аналогових реалізацій є: висока швидкодія, надійність та економічність. Проте сфера можливого масового використання навчуваних аналогових нейронних мереж досить вузька. Це обумовлене великою складністю апаратної реалізації високоефективних навчаючих алгоритмів і необхідністю спеціальної підготовки потенційних користувачів для оптимальної організації адаптивного процесу. У той же час, широке розповсюдження можуть отримати аналогові нейрокомп’ютери/нейросітки з фіксованою або незначно під налагоджуваною структурою зв’язків – нейропроцесори.

2. Базова модель ШН – математична та її програмна і/або апаратна реалізації нейрону, на основі яких будується ШНС.

3. Архітектура ШНС визначається кількостями шарів і ШН у шарі.

З позицій архітектурного побудування ШНС важливу роль відіграє не лінійність активаційної функції через те, що, якби вона не володіла даною властивістю або не входила в алгоритм роботи кожного нейрона, результат функціонування будь-якої n -шарової НС зводився б до добутку вхідного вектора X сигналів x_i на матрицю вагових коефіцієнтів. Тобто фактично така НС була б еквівалентна одношаровій НС з ваговою матрицею W єдиного шару.

Активаційна функція – функція $f_a(*)$, яка визначає правило переходу нейрона, що знаходиться в момент часу τ в стані $g(\tau)$, у новий стан $g(\tau+1)$ при надходженні вхідних сигналів x_i .

В ряді ШНС активаційна функція може залежати не тільки від вагових коефіцієнтів зв'язків w_{ij} , але й від часу τ_{ij} передавання сигналу по каналах зв'язку. Тому у загальному випадку активаційна/передавальна функція зв'язку C_{ij} від елемента u_i до елемента u_j має вигляд:

$$C^*_{ij} = f[w_{ij}(t), u^*_i(t - \tau_{ij})]$$

Тоді для синхронної нейросітки час τ_{ij} передавання кожного зв'язку або дорівнює нулю, або фіксований сталій τ . В асинхронній нейросітці час τ_{ij} передавання для кожного зв'язку між елементами u_i та u_j свій, але також сталий.

4. Структура ШНС визначається напрямом та охопленням зв'язків між шарами та окремими нейронами, тобто характером зв'язків.

Визначення кількості проміжних шарів і кількості нейронів в них є важливим при моделюванні сітки. Зазвичай, застосовуючи архітектуру до визначених проблем, використовують загальні правила.

а. Кількості входів та виходів сітки визначаються кількостями вхідних та вихідних параметрів досліджуваного об'єкту. На відміну від зовнішніх шарів, у прихованому шарі $n_{\text{прих}}$ кількість нейронів вибирається емпірично. В більшості випадків достатня кількість нейронів становить $n_{\text{прих}} \leq n_{\text{вх}} \leq n_{\text{вих}}$, де $n_{\text{вх}}$, $n_{\text{вих}}$ – кількість нейронів у вхідному і у вихідному шарах.

б. Якщо складність у відношенні між отриманими та бажаними даними на виході збільшується, кількість нейронів прихованого шару повинна також збільшитись.

с. Якщо модельований процес може розділитись на багато етапів, потрібен додатковий прихований шар/шари. Якщо процес не розділяється на етапи, то додаткові шари можуть привести до невірної загальної рішення.

Оскільки всі ШНС базуються на концепції функціонування ШН, правил та механізмів їх з'єднань, а також передатних функцій щодо процедури активації, існує подібність між різними структурами або архітектурами нейросіток. Більшість змін походить з різних правил навчання, реалізація яких визначається *алгоритми навчання*, де відбувається підгонка моделі сітки до наявних навчальних даних.

5. Штучні нейронні сітки не програмується у звичайному сенсі – *вони навчаються*.

а. Навчання з вчителем – таке навчання ШНС, яке припускає існування цільового вектора – бажаного виходу ШНС для кожного вхідного вектора і виконується із залученням правил навчання: Хебба, дельта-правила/його модифікацій, алгоритму зворотного поширення похибки тощо.

б. Навчання без вчителя – таке навчання, яке відбувається за відсутності цільового вектора, а *навчаючий алгоритм* при цьому підналагоджує ваги таким чином, щоб отримати узгоджені вектори на виході ШНС, причому подання досить близьких вхідних векторів дає однакові вектори на виході.

с. Навчання з використанням алгоритму зворотного поширення похибки (АЗПП) – це навчання, яке, використовуючи поширення принципів дельта-правила, реалізує градієнтний метод опуклого функціоналу похибки в багатошарових ШНС із структурою прямого поширення на моделях ШН з диференційованими функціями активації;

d. Навчання шляхом самоорганізації – таке навчання, за яким аналогічні вхідні сигнали збуджують сусідні нейрони, і такий “колективізм” може здійснюватися завдяки оберненим зв’язкам. Ваги змінюються на кожному кроці навчання, і їх змінювання залежить як від сусідніх вхідних образів, так і ймовірного розподілення, за яким пропонуються для навчання допущені вхідні образи.

6. Мета навчання ШНС за алгоритмом АЗПП полягає в знаходженні на багатовимірній поверхні найнижчої точки, яка відповідатиме глобальному мінімуму.

Для розуміння навчання за АЗПП пояснимо поняття поверхні станів. Кожному значенню синаптичних ваг і порогів сітки (вільних параметрів моделі кількістю N) відповідає один вимір в багатовимірному просторі. Вимір $N+1$ -ий відповідає похибці сітки. Для різноманітних сполучень ваг відповідну похибку сітки можна зобразити точкою в $N+1$ -вимірному просторі, всі ці точки утворюють деяку поверхню станів, яка має складну будову і неприємні властивості. Зокрема, наявність локальних мінімумів (точки, найнижчі в своєму певному околі, але вищі від глобального мінімуму), пласкі ділянки, сідлові точки і довгі вузькі яри. Аналітичними засобами неможливо визначити розташування глобального мінімуму на поверхні станів, тому навчання нейросітки по суті полягає в дослідженні цієї поверхні. Відштовхуючись від початкової конфігурації ваг і порогів (від випадково обраної точки на поверхні), алгоритм навчання поступово відшукує глобальний мінімум. Обчислюється вектор градієнту поверхні похибок, який вказує напрямок найкоротшого спуску по поверхні з заданої точки. Складність застосування АЗПП полягає у виборі довжини кроків переходу вектора градієнта поверхні похибок, через що або зростає кількість ітерацій і разом з тим час пошуку (при замалих кроках, або епохах), або зростає ймовірність “перестрибування” оптимального розв’язку чи руху в невірному напрямку (при занадто великих кроках). Ітеративний процес навчання припиняється або коли пройдена визначена кількість епох, або коли

похибка досягає визначеного рівня малості, або коли похибка перестає зменшуватись (користувач сам вибирає потрібний критерій зупинення процесу).

7. Похибка для конкретної топології ШНС з варійовуваними значеннями синаптичних ваг і порогів сітки (так званих вільних параметрів топології ШНС) визначається шляхом проходження через неї всієї навчальної множини і порівняння спродукованих на виході значень з цільовими/бажаними. Множина похибок утворює функцію похибок, яку можна розглядати як похибку сітки. В якості функції похибок найчастіше використовують суму квадратів похибок.

Топологія ШНС – це модель нейросітки з певними архітектурою, структурою, методами навчання і настроювання ваг, побудована на основі певних моделей ШН.

Топологічні властивості (ТВ) ШНС не змінюються при будь-яких структурно-архітектурних перетвореннях без втрати суттєвості певного виду нейросіток. Прикладом ТВ ШНС є розмірність/потужність останніх, що визначається кількісною характеристикою: шарів, нейронів у шарі, зворотних зв'язків, входів та виходів сітки (а отже, кількістю опрацьовуваних “образів”) тощо.

1.3 Аналіз існуючих систем ідентифікації топології нейронних мереж

В таблиці 1.1 наведені список найбільш поширених програм для побудови, дослідження та використання нейромереж.

Таблиця 1.1. Поширені програми для дослідження нейромереж

№	Назва	Характеристики			Висновки
		Переваги	Недоліки	Вартість	
1	MathLab Neural Network Toolbox	Широко поширена, потужна.	Реалізована в командному режимі.	Від 500\$ до 50.000\$.	Складний пакет програм, необхідний досвід роботи, не вирішує поставлену задачу.
2	NeuroShell 2	Потужна програма, підтримує експорт даних про мережу	Включає лише набір готових рішень для не великого спектру задач	870 \$	Висока вартість, не вирішує поставлену задачу
3	Nuclass7	Проста в використанні, умовно безкоштовна	Не можлива тонке налагодження топології, обмежена кількість змінюваних параметрів топології	Умовно безкоштовн а	Вузький перелік параметрів топології що може бути використаний при побудові мережі, не вирішує поставлену задачу
4	Statistica ANN	Потужна програма.	Наявність фахівця.	2.500\$	Висока вартість.

MathLab Neural Network Toolbox - це комплекс програмних засобів для створення та дослідження нейронних мереж, добре підходить для вивчення властивостей нейромереж на впливу топологічних параметрів на ці властивості. Але вибір параметрів топології відбувається методом "спроб і помилок". Тобто, користувач, базуючись на інтуїції або власному досвіді, обирає топологію нейромережі, після чого навчає та перевіряє отримані результати. Якщо результати не задовольняють або не вирішують поставлену задачу, користувач повертається до етапу вибору топології, змінює один або

кілька параметрів і повторює процедуру дослідження. Такий процес займає багато часу і не гарантує вибір оптимальної топології. Даний програмний продукт не вирішує задачу спрощення вибору топології нейромереж, а лише будує нейромережу з заданою топологією. Крім того він не безкоштовний.

NeuroShell 2 - має ширші функціональні можливості в порівнянні з розглянутим вище продуктом, але все одно не вирішую поставлену задачу.

Nuclass7 - безкоштовний комплекс засобів, що включає в себе потужний апарат візуалізації процесу функціонування нейромереж, але ніяк не спрощує вибір топології, а лише має обмежений перелік реалізованих топологій, що не завжди є оптимальними.

Statistica ANN - один з найпотужніших комплексів, що дозволяє будувати, досліджувати та використовувати нейромережі для вирішення широкого спектру прикладних задач. Використовується великими компаніями та вирішує задачу спрощення вибору топології нейромережі. Даний комплекс гарантує автоматичний вибір топології нейромереж за допомогою спеціального модулю пошуку оптимальної топології нейромережі. Недоліком є висока вартість, тому цей комплекс можуть собі дозволити великі компанії.

1.4 Постановка задачі

1. Проаналізувати існуючі методи та підходи до вибору топологій нейромереж
2. Проаналізувати класифікаційні ознаки для їх кількісного оцінювання на основі оцінок експертів.
3. Проаналізувати поведінку експертів в процесі багато об'єктної експертизи
4. Спроекувати модель ідентифікації топології нейромережі
5. Спроекувати архітектуру та структуру системи ідентифікації топологій нейромережі

6. Розробити систему ідентифікації топології на базі спроектованої структури та архітектури
7. Практично перевірити роботу розробленої системи

ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ

В даному розділі було проаналізовано існуючі підходи вибору топології нейромереж, розглянуто програмні комплекси для ідентифікації та дослідження нейромереж. Також були проаналізовані основні характеристики топології та обрані для проектування та розробки на їх основі моделі ідентифікації. Знайдена інформація дозволяє зробити висновок, що існуючі програмні комплекси не задовольняють в повному обсязі поставлені вимоги, щодо спрощення ідентифікації топології нейромереж для вирішення прикладної задачі.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТОПОЛОГІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

2.1. Аналіз класифікаційних ознак для їх кількісного оцінювання на основі оцінок експертів.

Поява нових інформаційних технологій (НІТ) зробила доцільною та доступною для автоматизації сферу технологій, раніше в цьому сенсі неперспективних. Зокрема це інформаційно-аналітичні технології пов'язані з обробкою даних погано-формалізованих систем (соціальних, біологічних, технологічних тощо), з задачами управління та менеджменту цих систем. Застосування НІТ дозволило децентралізувати обробку даних, локалізувати її на автоматизованих робочих місцях, наблизивши безпосередньо до місць утворення та первинного збирання вихідної інформації.

Недостатня формалізація окремих елементів інформаційно-аналітичних технологій, відсутність чітких моделей прийняття рішень спричиняють до можливого виникнення «вузьких» місць у функціонуванні подібних автоматизованих систем. Єдиною можливістю оперативної нейтралізації цих «вузьких» місць є застосування *апарату експертних оцінок*.

Даний розділ базується на дослідженнях взятих із дисертаційної роботи Носок Світлани Олександрівни «Методи обробки експертних даних в задачі автоматизації профвідбору» (УДК 681.5.015).

Для даної роботи, згідно із спроектованою моделлю та обраними класифікаційними ознаками із першої частини роботи виконаної Ахаладзе Антоном , потрібно привести обранні ознаки із якісної форми представлення в кількісну. В зв'язку із великою кількістю ознак на кожному кроці покрокової моделі, основна частина результатів експертного оцінювання оформлена як додаток до роботи. Для демонстрації методів експертного опитування та переведення класифікаційних ознак із якісного представлення в кількісне було вибрано зв'язок (пару) «Клас задач» (налічує 7

характеристик) та «Модель штучного нейрону» (налічує 6 характеристик). Це 48 окремих позиції (анкети) для опитування експертів.

Після проведення опитування та оцінки результатів дані будуть зберігатися в системі накопичення знань (або в базі даних розроблюваної системи) в вигляді оцінки кожного зв'язку (повний перебір). Накопичення таких знань потребує дуже великих затрат, як часу так і ресурсів. Ще одна проблема полягає в відсутності великої кількості експертів, обізнаних в всіх областях нейронних мереж, оцінка їх значимості та компетентності.

Для залучення експертів по оцінюванню ознак топології нейронних мереж були проведені наступні заходи.

- Проведений пошук на просторах мережі Інтернет, а саме на форумах, блогах, порталах, тощо.
- Пошук та опитування фахівців в області нейронних мереж, які нині працюють в різних провідних вузах.
- Пошук та опитування фахівців в області вирішення прикладних задач, які працюють в над конкретними задачами.
- Залучення фахівців кафедри технічної кібернетики НТУУ «КПІ», таких, як:
 - к.т.н., доцент Лісовиченко Олег Іванович;
 - к.т.н., професор Ямпольський Леонід Стефанович;
 - к.т.н., старший викладач Олійник Володимир Валентинович.

Для даної роботи проводилося опитування дві групи по 7 експертів в області нейронних мереж. Відповідні до методики опитування експерти визначають свою точку зору із приводу значимості (важливості) тієї чи іншої ознаки топології нейронної мережі, характеризуючи цю якість в L – бальній шкалі $\{0, 0.1, 0.2, 0.3, \dots, l_{max}\}$, $L = l_{max} + 0.1$, де $l_{max} = 0.9$ відповідає найвищому рівню значимості. Отримані результати групової експертизи склали деяку сукупність вихідних даних X , що зручно представити матрицею $M \times N$, M – кількість винесених на експертний розгляд класифікаційних ознак, N – чисельність експертів.

$$X = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1N} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{M1} & x_{M2} & \dots & x_{MN} \end{vmatrix} = \{x_{ij}\} \quad (2.1)$$

де x_{ij} – оцінка важливості i -ої ознаки, виставлена j -им експертом. Елементи матриці можуть приймати значення від 0 до $l_{\max}$, де $l_{\max} = 0.9$.

Звичайно розв'язання цієї задачі базується на ранжуванні середніх значень

$$\bar{x}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij}, \quad i = \overline{1, M}, \quad j = \overline{1, N} \quad (2.2)$$

розрахованих для кожної з ознак. Коли ранжування виконується в порядку зменшення середніх значень, то виокремленню підлягає група ознак, середні значення $\bar{x}_i$ котрих мають найнижчі ранги $R(\bar{x}): 1, 2, \dots, r$. Іноді, якщо загальний перелік ознак O включає в себе кілька груп ознак $O_{\phi 1}, \dots, O_{\phi k}, \dots, O_{\phi K}$, кожна з яких – окрема множина, що є функціональною складовою загальної структури ознаки (причому $O_{\phi k} \cap O_{\phi t} = \emptyset, k \neq t, O_{\phi k} \subset O$, тобто $O = \bigcup_{k=1}^K O_{\phi k}$), то за обраною методологією у кожній групі виділяються ознаки-претенденти з найменшими для цієї групи рангами відповідних середніх значень.

Для проведення дослідження потрібно обрати ознаки(зв'язки) топології нейронних мереж, згідно з першою частиною роботи було обрано наступні класи задач:

«прогнозування», «кластерний аналіз», «апроксимація», «асоціативна пам'ять», «стискання, відновлення даних», «прийняття рішень, управління», «прогнозування», «задача комівояжера».

Згідно з першою частиною були обрані наступні моделі штучного нейрону: «Мак-Каллоха - Піттса», «Adaline нейрон», «Нейрон Паде», «Нейрон Хебба», «Instar и Outstar Гроссберга», «Сигма-пі-нейрона».

Результати експертного оцінювання та розрахунків середніх, дисперсій та середньоквадратичного відхилення групи експертів А наведені у додатку В.

Ранжовані ряди середніх та дисперсій на прикладі зв'язку «Клас задач» - «Модель штучного нейрону» по результатам експертного опитування групи експертів А наведені в додатку Г.

2.2. Деякі проблемні аспекти обробки даних експертного оцінювання

Викладені вище матеріали стосуються насамперед визначення довжини сукупності ознак O' . Ще більш важливим є питання надійності оцінювання структури цієї сукупності, тобто того, які ознаки і в якій входять у виділений відрізок ранжованого ряду середніх. Проілюструємо це прикладом обробки даних для групи експертів Б. Вихідні дані для цього підрозділу та розрахунків середніх, дисперсій, середньоквадратичних відхилень по експертному опитуванні групи Б для кожної з ознак наведено у додатку Д.

Ранжовані ряди середніх та дисперсій на прикладі зв'язку «Клас задач» - «Модель штучного нейрону» по результатам експертного опитування групи експертів Б наведені в додатку Е.

За результатами оцінювання рівнів важливості ознаки (зв'язок) «Кластерний аналіз - Сигма-пі-нейрона», «Стискання, відновлення даних - Instar и Outstar Гроссберга», «Прогнозування - Instar и Outstar Гроссберга» опинилися у ранжованому ряді середніх (додаток Е) поряд, поділяючи 2, 3, 4 ранги, тобто результуючий ранг буде дорівнювати $R_{заг} = 3$. Цей результат отримано без попереднього аналізу та корекції даних, безпосередньо із співставлення середніх значень, розрахованих за "сирим" балом. Зважаючи, що обрані середні визначено за даними однієї групи експертів, виникає питання, чому дисперсія експертних оцінок, яка характеризує рівень розбіжностей щодо висновків експертів за кожною з ознак, відрізняється в приблизно 2 рази.

В ідеалі експертна група – це вимірювальний пристрій, який за умов належного підбору експертів повинен забезпечувати гомоскедастичність (однаковість, постійність) дисперсій оцінок для будь-яких ознак (зв'язків). Протилежне свідчить про неоднакову компетентність експертів, наслідком чого є збільшення дисперсії їх оцінок (зростання розбіжностей у часткових оцінках ознак) при експертуванні досить складних, суперечливих за рівнем своєї важливості ознак.

Проаналізуємо особливості розподілу ймовірностей експертних оцінок для ознак з високими рангами, що мають "типову" та "нетипову" дисперсії з наведених у табл.2.1.

Таблиця 2.1. Розрахункові характеристики вибіркового ознак (зв'язків)

Зв'язок	$\bar{x}_i$	σ_i^2	σ_i	R(O _i)
Кластерний аналіз - Нейрон Паде	0,614	0,121	0,348	1
Кластерний аналіз - Сигма-пі-нейрона	0,571	0,046	0,214	3
Стискання, відновлення даних - Instar и Outstar Гроссберга	0,571	0,069	0,263	3
Прогнозування - Instar и Outstar Гроссберга	0,571	0,092	0,304	3
Кластерний аналіз - Instar и Outstar Гроссберга	0,557	0,046	0,215	5
Стискання, відновлення даних - Мак-Каллоха Пітса	0,529	0,052	0,229	6,5
Прийняття рішень, управління - Мак-Каллоха Пітса	0,529	0,046	0,214	6,5
Кластерний аналіз - Adaline нейрон	0,486	0,065	0,254	9
Стискання, відновлення даних - Нейрон Хебба	0,486	0,011	0,107	9
Прогнозування - Нейрон Хебба	0,486	0,121	0,348	9
Кластерний аналіз - Мак-Каллоха Пітса	0,471	0,056	0,236	13
Апроксимація - Нейрон Хебба	0,471	0,022	0,150	13
Апроксимація - Instar и Outstar Гроссберга	0,471	0,036	0,189	13
Прогнозування – Сигма-пі-нейрона	0,457	0,070	0,264	14,5
Прийняття рішень, управління - Нейрон Паде	0,457	0,093	0,305	14,5

До «не типової» слід віднести ознаки (зв'язок) «Кластерний аналіз - Нейрон Паде» та «Прогнозування - Нейрон Хебба», тому що вони мають

найбільшу дисперсію з наведених у табл. 2.1, дисперсії інших зв'язків не перевищують 0,1, групуючись навколо середнього значення .

Результати обчислень абсолютних частот оцінок ω ознак (зв'язків) групи експертів А наведені у додатку 3.

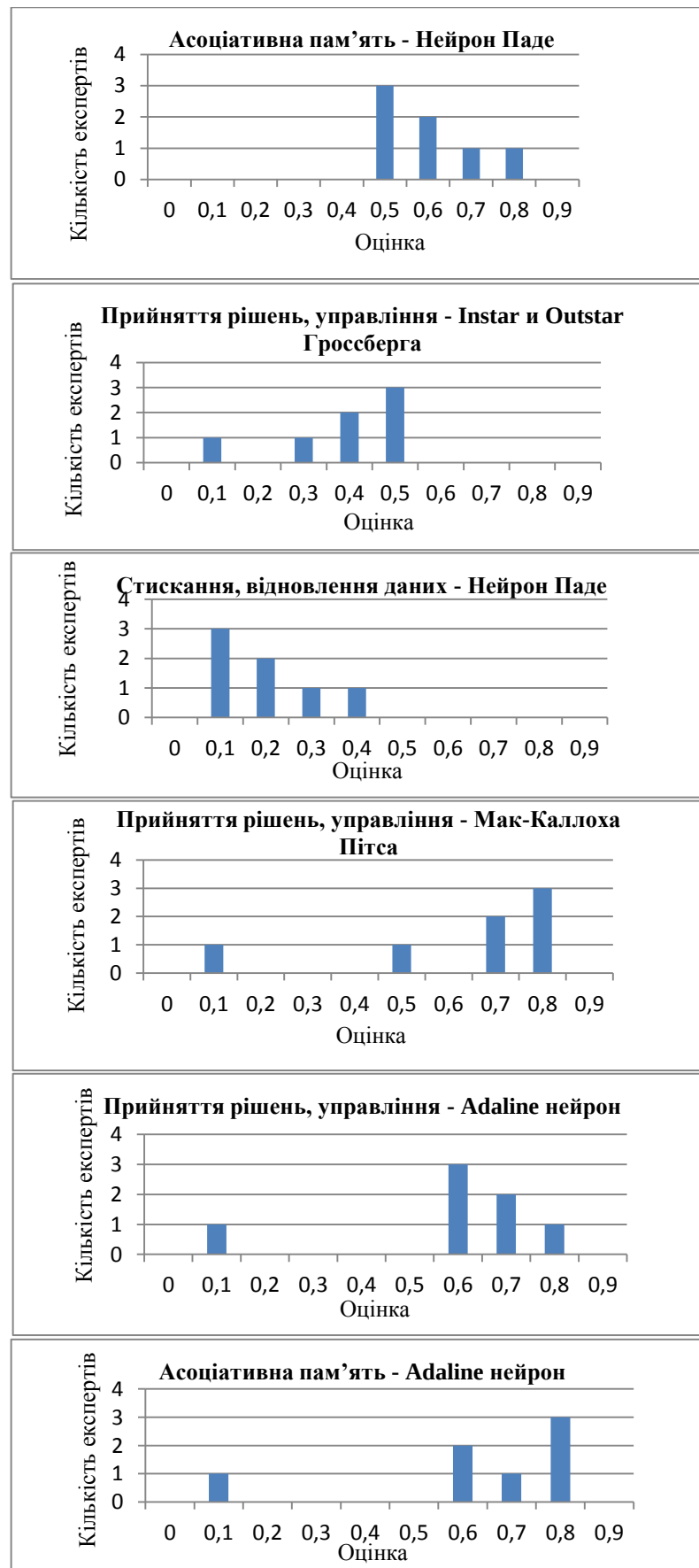


Рис. 2.1. Емпіричні розподіли ймовірностей дискретних значень експертних оцінок для відповідних ознак (зв'язків)

Введемо умовні позначення для обраних «не типових» розподілів:

$O1$ – «Прийняття рішень, управління - Мак-Каллоха Пітса» ;

$O2$ – «Прийняття рішень, управління - Adaline нейрон» ;

$O3$ – «Асоціативна пам'ять - Adaline нейрон».

До ознаки $O1$ відносяться наступні значення характеристик:

$$\sigma_{O1} = 0,256; \bar{x}_{O3} = 0,629; R(O1) = 6,5;$$

$$x_{ij} = x_{O1,4} = 0,1; \bar{x}_{O1} - x_{O1,4} = 0,629 - 0,1 = 0,529 > 3\sigma_{O1} = 0,728.$$

До ознаки $O2$ відносяться наступні значення характеристик:

$$\sigma_{O2} = 0,227; \bar{x}_{O2} = 0,586; R(O2) = 20$$

$$x_{ij} = x_{O2,6} = 0,1; \bar{x}_{O2} - x_{O2,6} = 0,586 - 0,1 = 0,486 > 3\sigma_{O2} = 0,681.$$

До ознаки $O3$ відносяться наступні значення характеристик:

$$\sigma_{O3} = 0,250; \bar{x}_{O3} = 0,629, R(O3) = 45$$

$$x_{ij} = x_{O3,6} = 0,1; \bar{x}_{O3} - x_{O3,6} = 0,629 - 0,1 = 0,529 > 3\sigma_{O3} = 0,750.$$

Цілком очевидно, що наявність аномальних оцінок, зумовлених випадковими помилками експертів або ж їх некомпетентністю, призводить до вельми значних зміщень середніх значень обраних вище ознак і, як наслідок – до невідповідності рангів цих ознак до фактичного рівня їх важливості. Після вилучення аномальних оцінок та відповідної корекції характеристик $\bar{x}_i$, σ_i^2 , $R(\bar{x}_i)$ рівень оцінок для обраних ознак (зв'язків) став близьким до групового середньостатистичного значення, а місця (ранги) цих ознак (зв'язків) в ранжованому ряді істотно змінилися та перемістилися вгору (по рангу).

Попри всю важливість проблеми попереднього аналізу та корекції вихідних ("сирих") даних можливості виключення аномальних чи недостатньо достовірних експертних оцінок досить обмежені. Ситуації, в котрих аномальність даних очевидна, як в трьох наведених вище випадках з обраних ознак, не є поширеними.

Більш складно визначатися із ознаками експертні оцінки яких досить рівномірно розосередилися вздовж шкали їх можливих значень (див додаток 3).

Ще однією особливістю ряду розподілів експертних оцінок є багатомодовість цих розподілів. Це можна досить чітко помітити, якщо згладжувати вихідні емпіричні розподіли, побудовані на послідовності дискретних значень $0, 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ шляхом попарного об'єднання сусідніх дискретів. Ця процедура в даній роботі не виконувалася.

Таким чином, підводячи висновки в ситуації, яка має місце при роботі з реальними вихідними даними, представленими таблицею 2.3, зазначимо, що подальша робота із середніми значеннями важливості ознак (зв'язків), розрахованими безпосередньо за вихідними даними, може привести до суттєвих помилок, причиною яких зокрема є:

а) зміщення значень середніх через наявність аномальних оцінок важливості ознак, зроблених експертом помилково чи через некомпетентність;

б) двомодовість (або в загальному випадку – багатомодовість) емпіричних розподілів оцінок через наявність у кількох групах експертів суттєво відмінних поглядів на важливість однієї й тієї ж ознаки, що експертується.

Нейтралізувати вплив цих причин шляхом звичайних прийомів попередньої статистичної обробки даних, наприклад загальноприйнятими методами пошуку аномальних даних [74], через обмежений обсяг вибірок оцінок вдається лише у тривіальних випадках (одна аномальна оцінка, локалізована на значному віддаленні від основної достатньо компактно згрупованої сукупності оцінок). У випадку багато модального розподілу вихідних даних, тобто при наявності суттєвих розбіжностей в оцінках експертів, взагалі рекомендовано проведення повторної експертизи із

зміною складу експертної групи [37], бо для таких даних обробка та аналіз на рівні середніх значень втрачає здоровий глузд.

2.3. Аналіз поведінки експертів в процесі багатооб'єктної експертизи.

Проблема класифікації експертів

В літературі, пов'язаній з обробкою результатів групового експертного оцінювання, поширено два основних підходи до проведення обробки.

Перший полягає у "зважуванні" сирого балу в розрахункових процедурах прийняття рішення за експертними оцінками. Ваги (або вагові коефіцієнти) призначаються на базі відомостей про точність відповідних оцінок. Безпосередньо визначити цю точність немає змоги, тому для розрахунку ваг використовується кількісно введений рівень компетентності експерта. Однак і після цього показника прямого вимірювання немає, його знаходять через спеціальну процедуру само - та взаємооцінювання експертів, включаючи до неї іноді ще й побудову математичної моделі компетентності кожного з експертів із додатковим залученням документованих персональних даних про їх діяльність (вік, вчені ступені та звання, публікації за профілем експертизи, досвід наукової роботи та кількість розробок у цьому напрямі тощо) [2, 37, 73]. Опосередкованість процесу визначення рівнів компетентності експертів, численні суб'єктивні моменти у побудові математичної моделі не гарантують надійності результатів, отриманих за цим підходом. Сама процедура встановлення рівня компетентності практично відокремлена від аналізу реальних даних, бо базується головним чином на ретроспективній персональній інформації про експертів, їх само- та взаємооцінках.

Другий підхід базується на перевірці рівня узгодженості результатів експертизи, отриманих від різних експертів. Схема прийняття рішення тут порогова: якщо рівень достатній, експертні дані йдуть на подальшу обробку, в протилежному випадку усі результати скасовуються й призначається нова

експертиза. Цей підхід не потребує ніякої допоміжної інформації окрім тієї, що міститься безпосередньо в експертних даних, корекція чи використання вагових коефіцієнтів у обробці не передбачається.

Зважаючи на викладене, актуальною є розробка підходу, що дозволить провести попередній аналіз та обробку даних з інших, нетрадиційних позицій. Об'єктом експертного оцінювання є M питань з анкети-опитувальника. Кількість цих питань $M=48$ зазвичай значно перевищує чисельність N групи експертів, в зв'язку з чим подібну експертизу визначимо терміном “багатооб'єктна”. Для багатооб'єктної експертизи перспективним видається аналіз сукупності даних, отриманих кожним з експертів. Довжина $M=48$ цієї вибірки цілком достатня для використання статистичних методів аналізу даних, отриманих окремим експертом. На рис. 2.2 наведено гістограми розподілу оцінок ряду експертів, задіяних у експертизі одного і того ж набору класифікаційних ознак. В ідеалізованому випадку всі експерти мали б дати однакові оцінки за всіма позиціями анкети-опитувальника. Звичайно, реальна картина інакша і має певні цікаві особливості. Порівнюючи розподіли на рис. 2.2, бачимо, що вони відносно подібні, компактно локалізовані у приблизно однакових діапазонах оцінок. Зведені до купи, ці розподіли утворюють шостий, помічений позначкою "Сума", який теж подібний до кожного з п'яти перших, що представляють результати оцінювання ступеню важливості ознак.

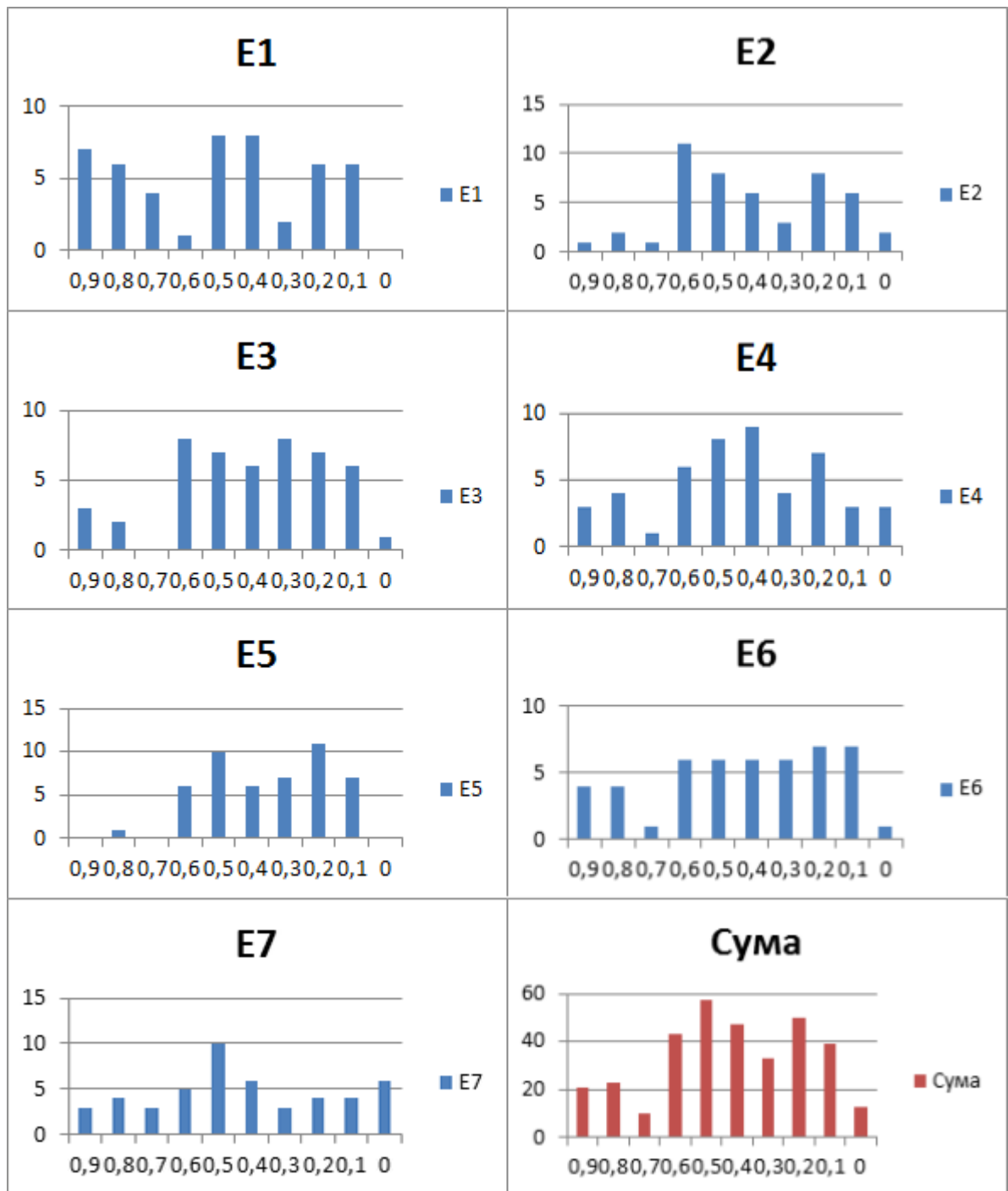


Рис. 2.2. Розподіл оцінок експертів E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7
та узагальнюючий розподіл (група експертів Б)

За результатами візуального аналізу розподілів оцінок різних експертів можна стверджувати, що принаймні частина гістограм, зображених на рис. 2.2 гістограма E7, E2 належить "аномальним" експертам, тобто таким, які у процесі експертизи виставили сукупність оцінок, подібної до якої інші експерти не мають. Як ставитися до цих експертів та їх оцінок? Надалі будемо вважати, що хоча й можна припустити гіпотезу, за якою поодинокі

оцінки таких експертів є вірними, ці оцінки не стають системою. Основна сукупність оцінок аномальних експертів має випадковий й далека від невідомих вірних оцінок.

Тоді можна припустити, що інша група експертів, яких поєднує системна близькість отриманих результатів (тобто близькість оцінок, свідомо виставлених за позиціями переліку ознак), дає сукупність середніх значень оцінок, достатньо близьких до дійсного рівня важливості ознак. Саме ці середні мають далі приймати участь у процедурі ранжування та стратифікації з метою виокремлення сукупності O' найбільш важливих ознак.

Викладений принцип розподілу експертів на системних та аномальних для своєї практичної реалізації потребує розробки спеціальної методики, придатної для організації поточної обробки даних, досить прозорої та зрозумілої для фахівця предметної галузі, який не є професіоналом – аналітиком у сфері обробки. Кінцевим результатом застосування цієї методики повинно бути виключення з подальшого розгляду даних експертів, які аномально проводять експертизу. Це реалізовуватиметься шляхом виключення усього стовпчика даних, отриманих від відповідного експерта, що, незважаючи на скорочення кількості N експертів, має сприяти зменшенню аномальної складової у даних експертизи й, як наслідок, підвищенню точності розрахункових середніх $\bar{x}_j$, $j = \overline{1, M}$. За своєю ідеєю цей підхід нагадує багатотурову експертизу, до наступного туру якої надходять лише ті дані, що пройшли попередній аналіз та відсів найбільш недостовірних [27].

Формування зазначеної вище методики потребує послідовного розв'язання низки питань, першим з яких є виявлення аномальних експертів. Вирішення цієї задачі потребує системи спеціальних критеріїв, в основі яких – припущення щодо певних особливостей поведінки аномальних експертів у ході експертизи. Справа в тому, що аномальний експерт, на відміну від системного, через свою недостатню компетентність чи з інших причин

відсторонено реагує безпосередньо на оцінювання важливості тієї чи іншої ознаки.

Вивчення особливостей розподілу оцінок, отриманих від аномальних експертів, дозволяє припустити існування кількох можливих стратегій їх поведінки, три з яких призводить до неадекватного визначення оцінок:

“жорсткий експерт” – вважає, що краще виставляти надміру занижені оцінки, мабуть, не уявляючи реальної важливості ознаки у зв’язку з чим розподіл оцінок локалізується в нижній (початковій) частині шкали оцінок (частково це експерт Е5 на рис. 2.2 з одинадцятьма оцінками "0,2".);

“ліберальний експерт” – не виявляє, як і попередній тип експертів, будь-якої зацікавленості в проникненні до суті завдання, однак, можливо побоюючись випадково відкинути суттєву ознаку, завищує свої оцінки, внаслідок чого вони концентруються в верхній частині шкали (експерт Е1 на рис. 2.2);

“випадковий експерт” – оцінює рівні важливості окремих ознак абсолютно довільно, можливо не бажаючи заглиблюватися в зміст завдання, в результаті такі оцінки досить рівномірно розподілені в діапазоні $0 - I_{\max}$ балів (як приклад, експерт Е6 на рис. 2.2).

Спираючись на ці моделі, досить просто пояснити утворення багатомодових розподілів. Більший з екстремумів у цих розподілах утворюється оцінками, що їх виставили компетентні експерти, тобто ці оцінки дійсно визначають реальний рівень ознаки. Лівий локальний екстремум утворено оцінками "жорстких" експертів. Вплив "ліберальних" експертів визначається стабільно високими амплітудами крайнього правого інтервалу гістограми. Через виконання згладжування ці амплітуди плавно переходять у центральний екстремум, розділяючого спаду між ними звичайно не помітно. Зафіксувати його можна іноді, коли центральний екстремум відчутно зміщено до середини. В інших випадках сумісний вплив "жорстких" та "ліберальних" експертів може приводити до досить плескатої форми розподілу.

Наведена вище класифікація моделей поведінки аномального експерта дещо ідеалізована. В реальній ситуації адекватний опис експерта може вимагати комбінованого застосування моделей.

2.4. Ентропійний підхід до оцінювання рівня узгодженості суджень експертів

Серед основних теоретико-методичних принципів, що забезпечують можливість коректного проведення обробки даних експертного опитування в [74] виділено вимогу однорідності цих даних, під якою автор фактично розуміє дещо інше [74, 76] – узгодженість (збіжність) суджень експертів, висловлених ним в процесі експертизи. Умова узгодженості даних безпосередньо пов'язується з вимогами до точності та достовірності експертних оцінок: наявність аномальних експертів призводить до низьких оцінок рівня узгодженості експертів й суттєво погіршує точність кінцевих результатів обробки даних. Вилучення аномальних даних поліпшує рівень узгодженості тієї вибірки експертних оцінок, що в ній залишилися й, відповідно, покращує точність вибірових оцінок, зокрема, отриманих шляхом усереднення. Можна сподіватися, що контролюючи рівень узгодженості експертних даних, можна визначити, чи належать виключені дані аномальному експерту чи ні.

Часто для перевірки узгодженості використовується коефіцієнт конкордації [23, 24], обчислення якого вимагає попереднього ранжування даних експертизи. Якщо вихідні дані були представлені в інтервальній шкалі, їх ранжування веде до істотних втрат інформації. Тому цікавою є розробка методу оцінювання рівня узгодженості результатів групової експертизи, представлених у кількісній формі, без їхнього попереднього ранжування.

Припустимо, що експертному оцінюванню підлягає комплекс параметрів (властивостей, ознак) $X_1, X_2, \dots, X_M$, що характеризують досліджувану складну систему, наприклад, перелік можливих ознак. Кожен параметр описується безперервною безліччю станів, однак результати

експертизи представляються в загальній для всіх параметрів дискретній L -бальній шкалі $\{0,1,2,...,l_{\max}\}$, $L=l_{\max}+1$. В експертизі бере участь N експертів: $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, ..., \mathcal{E}_N$, отримані в ній дані представлені матрицею вигляду [9]:

$$\begin{bmatrix} Z_{11}Z_{12}.....Z_{1N} \\ Z_{21}Z_{22}.....Z_{2N} \\ \\ Z_{M1},Z_{M2}....Z_{MN} \end{bmatrix} = [Z_{ij}] \quad (2.3)$$

де оцінка z_{ij} , виставлена експертом $\mathcal{E}_j$ по i -ому параметру X_i , являє собою суму невідомого істинного значення параметра x_i , індивідуальної похибки експерта e_{ij} й похибки квантування ξ_{ij} , обумовленої застосуванням дискретної шкали оцінювання:

$$z_{ij} = x_i + e_{ij} + \xi_{ij}, i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N} \quad (2.4)$$

У найпростішому випадку можна припустити, що індивідуальні похибки j -ого експерта, які входять до складу кожної з оцінок $z_{ij}, i = \overline{1, M}$ і утворюють вектор $e_j = [e_{1j}, e_{2j}, \dots, e_{mj}]$, являють собою значення деякої випадкової величини E_j , що характеризує рівень компетентності експерта $\mathcal{E}_j$. Досить розповсюдженим є припущення про симетричність і незміщеність розподілу цієї похибки. Останнє, зокрема, означає відсутність систематичних помилок у судженнях експертів: $\mu\{E_j\} = 0, j = \overline{1, N}$, де $\mu\{.\}$ - операція обчислення математичного очікування. Очевидно, що одним з можливих показників рівня компетентності експерта може бути ентропія H_j його оцінок, обумовлена винятково видом розподілу похибки E_j . В випадку коли помилки експертів є незалежними, в якості міри неузгодженості суджень експертів можна прийняти загальну ентропію системи випадкових величин $(E_1, E_2, \dots, E_N)$:

$$H_0 = \sum_{j=1}^N H_j \quad (2.5)$$

оцінюваному параметру $X_j, j = \overline{1, N}$, матриця (2.6) заповнена винятково нулями, її ентропія $H_{\varepsilon \min} = 0$. В реальних випадках значення загальної ентропії матриці нев'язок (2.6) відмінне від нуля й залежить від виду й форми розподілу похибок суджень експертів. Оцінюване максимальне значення ентропії $H_{\varepsilon \max}$ легко одержати із загальнотеоретичних міркувань, в випадку, якщо не в'язки в (2.6) розподілені рівномірно в діапазоні $[-l_{\max}, l_{\min}]$. У цьому випадку $H_{\varepsilon \max} = \ln 2l_{\max}$. Отримані значення $H_{\varepsilon \min}, H_{\varepsilon \max}$ виступають граничними оцінками, при знаходженні яких ніяк не враховувалися реальні механізми утворення похибок експертування. Тому актуальною є задача уточнення граничних оцінок ентропії, зокрема, об'єктивного визначення їхніх значень із урахуванням структурних особливостей похибок експертування, обумовлених природою виникнення цих похибок.

2.5 Уточнена модель похибок кількісних експертних оцінок

Як показує аналіз експериментально отриманих даних, гіпотеза однорідності похибок експертизи, що дозволяє представити їх сукупністю $\{\varepsilon_{ij}\}, i = \overline{1, M}$ значень деякої випадкової величини ε_j , не є спроможною. Значення ε_{ij} виявляються залежними від оцінюваного параметра X_i (його природи, семантичного змісту, рівня сприйняття експертом і т.п.). У цілому, розглядаючи j -ого експерта як деякий вимірювальний перетворювач, точність одержуваних з його допомогою вимірянних значень $z_{ij}, i = \overline{1, M}$ можна характеризувати деякою середньою дисперсією $\sigma_j^2, j = \overline{1, N}$. При цьому дисперсія кожного окремого вимірювання має своє конкретне значення, що у загальному випадку відрізняється від середнього. Тому, якщо для опису похибки експерта використовується модель у вигляді деякої випадкової величини ε , розподіленої за законом (щільності ймовірності) $f_j(\varepsilon)$, то параметри цього розподілу самі будуть випадковими величинами, що

флюктуують у межах якогось (скінченного або нескінченного) діапазону можливих значень. Нестабільність параметрів розподілу похибки експертування характерна для будь-якого експерта.

У випадку присутності аномальних експертів жорсткого чи ліберального типів, незважаючи на детермінований характер їх дій (стабільно низькі або стабільно високі оцінки), відповідні значення нев'язок для цих експертів матимуть випадковий характер через випадковість значень фактичних оцінок експертуємих ознак. Загалом це має привести до інтенсивної флюктуації дисперсії оцінок ознак.

Таким чином, аналізуючи оцінки значень кожної чергової ознаки, приходимо до висновку, що дисперсія цих оцінок носить випадковий характер, тому в цілому для не в'язки ε варто говорити про можливість її подання моделлю у вигляді випадкової величини з випадковими параметрами. Зокрема, якщо розподіл $f(\varepsilon)$ є центрованим нормальним, то він (розподіл) виявиться залежним лише від єдиного випадкового параметра – дисперсії, і буде мати вигляд:

$$f(\varepsilon, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\varepsilon^2}{2\sigma^2}\right], \quad (2.7)$$

де σ - деяка випадкова величина, диференціальний закон щільності ймовірностей якої задається функцією $\varphi(\sigma)$. Для цієї функції $\varphi(\sigma)$ повинні виконуватися умови:

$$\int_0^{\infty} \varphi(\sigma) d\sigma = 1, \quad \int_0^{\infty} \sigma \varphi(\sigma) d\sigma = \sigma_0, \quad 0 \leq \sigma_0 < \infty \quad (2.8)$$

Щодо форми розподілу функції щільності ймовірностей $\varphi(\sigma)$ можна зробити наступні припущення:

а) якщо експертиза здійснюється групою висококваліфікованих експертів, середні дисперсії похибок їх оцінок малі, близькі один до одного і загальній середній дисперсії σ_0^2 . Діапазон високоймовірносних значень σ вузький, графік функції $\varphi(\sigma)$ витягнутий по ординаті (рис. 2.3, крива а);

б) у групі експертів присутні аномальні експерти. Останнє обумовило зсув середнього значення вправо щодо моди (рис. 2.3., крива б). Форма розподілу $\varphi(\sigma)$ асиметрична;

в) у випадку повного збігу суджень експертів, тобто при $H_\varepsilon = H_{\varepsilon \min} = 0$ графік розподілу $\varphi(\sigma)$ вироджується в дельта-функцію: $\varphi(\sigma) = \delta(0)$.

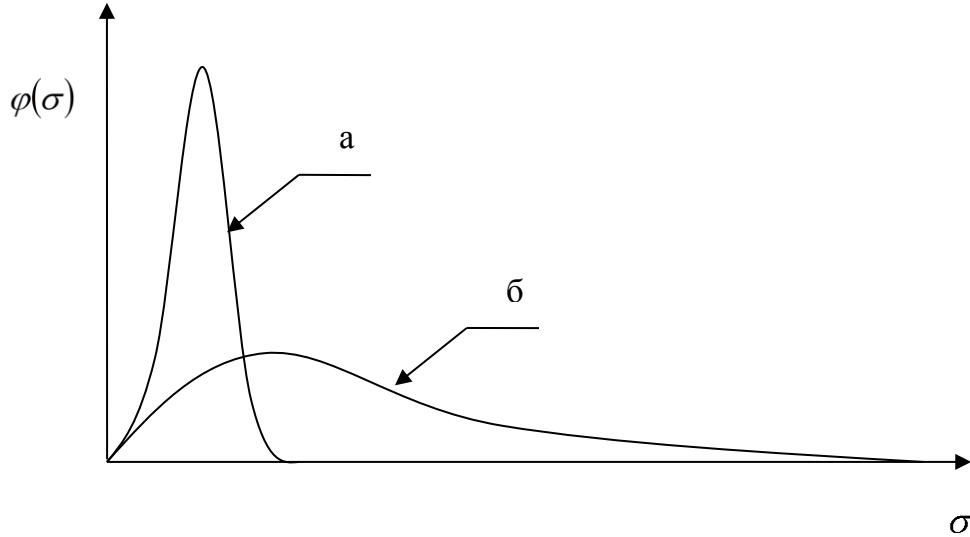


Рис.2.3. Варіанти форм розподілу $\varphi(\sigma)$ залежно від рівнів компетенції експертів, задіяних у ході експертизи

У рамках поставленої задачі про об'єктивне введення граничного значення ентропії $H_{\varepsilon \max}$ виникає питання про вид функції $\varphi(\sigma)$, що обертає в максимум ентропію

$$H_\varepsilon = - \int_{-\infty}^{\infty} f^*(\varepsilon) \ln f^*(\varepsilon) d\varepsilon, \quad (2.9)$$

де щільність розподілу не в'язки $f^*(\varepsilon)$ визначається усередненням безлічі функцій $f(\varepsilon, \sigma)$ виду (2.7):

$$f^*(\varepsilon) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\varepsilon, \sigma) \varphi(\sigma) d\sigma, \quad (2.10)$$

В [53] показано, що максимум ентропії (2.10) досягається за умови, що щільність імовірності $\varphi(\sigma)$ має розподіл релеєвського вигляду:

$$\varphi(\sigma) = \frac{2}{\lambda^2} \sigma e^{-\frac{\sigma^2}{\lambda^2}}, \quad (2.11)$$

де $\lambda = 2\sigma_0 / \sqrt{\pi}$. З математичним очікуванням $M\{\sigma\} = \lambda \sqrt{\pi}/2$ і дисперсією

$$D\{\sigma\} = \frac{\lambda^2(4-\pi)}{4}.$$

При цьому, по-перше, виконуються умови (2.8):

$$\int_0^\infty \varphi(\sigma) d\sigma = \frac{2}{\lambda^2} \int_0^\infty \sigma e^{-\sigma^2/\lambda^2} d\sigma = \frac{2}{\lambda^2} \lambda^2 \frac{1}{2} = 1, \quad (2.12)$$

$$\int_0^\infty \sigma \varphi(\sigma) d\sigma = \frac{2}{\lambda^2} \int_0^\infty \sigma^2 e^{-\sigma^2/\lambda^2} d\sigma = \frac{2}{\lambda^2} \lambda^3 \frac{\sqrt{\pi}}{4} = \lambda \frac{\sqrt{\pi}}{2} = \sigma_0, \quad (2.13)$$

по-друге, після підстановки (2.7), (2.11) у формулу (2.10), одержуємо аналітичний вираз для щільності ймовірності не в'язки [53]:

$$f^*(\varepsilon) = \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\varepsilon^2}{2\sigma^2}\right] \times \frac{2}{\lambda^2} \sigma e^{-\frac{\sigma^2}{\lambda^2}} d\sigma$$

$$f^*(\varepsilon) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{2}{\lambda^2} \int_0^\infty e^{-\varepsilon^2/2\sigma^2 - \sigma^2/\lambda^2} d\sigma = \frac{1}{2\Lambda} e^{-|\varepsilon|/\Lambda}, \quad (2.14)$$

$$\text{де } \Lambda = \lambda / \sqrt{2} = \sigma_0 / \sqrt{2\pi}.$$

Вираз (2.14) відповідає лапласовському розподілу щільності ймовірностей, ентропія якого, що відповідає максимуму ентропії H_ε , розраховується за формулою [56]:

$$H_L = H_{\varepsilon \max} = \ln 2e\Lambda = \ln \frac{2e\sigma_0}{\sqrt{2\pi}} = 1 - \frac{1}{2} \ln 2\pi + \ln 2 + \ln \sigma_0 = 0,7742 + \ln \sigma_0 \quad (2.15)$$

2.6 Оцінка компетентності експертів за результатами їх класифікації засобами кластерного аналізу

Серед основних задач, які необхідно вирішувати при проведенні колективної (групової) експертизи, зазвичай увагу спеціалістів акцентують на:

- підборі експертів;
- оптимізації роботи експертів в ході проведення експертизи;

- обробці результатів (оцінок) експертів, отриманих в ході проведення експертизи.

По суті всі три задачі орієнтовані на усунені однієї проблеми – зменшені розкиду думок (оцінок) експертів в результатах експертизи. Найбільш відомі методи вирішення цієї проблеми в рамках другої задачі, що базуються головним чином на застосуванні різних способів організації процесу експертизи, в ході якого за допомогою застосування спеціальних методик і системи організаційних заходів забезпечується збіг думок експертів до єдиного. Це складні комплексні експертизи [23, 27, 48], характерним представником яких є відомий метод Дельфі, за допомогою якого отримуємо узгоджену думку експертів в ході комплексної багатотурової експертизи [23, 48]. Хоча цей метод в літературі характеризується в цілому позитивно (зазвичай в якості негатива відмічається трудомісткість і складність організації процесу багатотурової експертизи), можна припустити ситуації, в яких отримана єдина думка експертів для деяких з них є вимушеним компромісом, до якого підштовхує важка процедура експертизи плюс уперте несприйняття їх точок зору іншими експертами.

Вирішення задач підбору експертів і організації обробки даних колективної експертизи пов'язані з проблемою некомпетентності експертів, хоча шляхи подолання цієї проблеми для кожної задачі свої: в першому випадку – не допуск в групу низько кваліфікованих експертів, в другому – облік рівня компетентності експерта в спеціально розроблених методиках обробки результатів експертизи. Обидві ці задачі потребують визначення рівня компетентності експертів.

З відомих методів оцінки рівня компетентності, певно, найбільш “жорстким” є метод тестування претендентів.

Більш лояльним є документаційний метод, який оцінює рівень компетентності експерта за об'єктивними документованими даними: кількість публікацій і посилань на роботу експерта, вчена ступінь і звання,

посада, стаж і т.д. Слабким місцем документаційного підходу є необхідність побудови моделі компетентності експерта, що дозволяє за комплексом документованих характеристик сформувані інтегральний показник ступені компетентності (наприклад, в вигляді лінійної форми зважених кількісних значень окремих характеристик).

Достатньо часто використовуються методи само- і взаємооцінки експертів в різних модифікаціях, за рахунок яких отримують бальні оцінки рівня компетентності кожного з експертів, що виставляються йому (експерту) його колегами і ним самим, з наступною обробкою цієї сукупності оцінок за спеціально розробленими методиками.

На жаль, для названих методів характерний дуже високий рівень суб'єктивізму, обумовлений впливом різних факторів: психологічних (неадекватна само- і взаємооцінка, особистий антагонізм експертів), кон'юктурних (в випадку особистої зацікавленості експерта в результаті експертизи), боротьби наукових шкіл, напрямлень і т.д.

В [2] запропонована процедура комплексної оцінки рівня компетентності експерта за моделлю компетентності, що формується в процесі сумісної обробки даних, отриманих документаційним методом, і результатів само- і взаємооцінки.

Припускається, що цей комплексний підхід дозволить уникнути недоліків, властивих кожному з методів що використовуються окремо, однак необхідність побудови моделей компетентності експертів робить процедуру обробки експертних даних вельми громіздкою.

Тому перспективним є підхід, що дозволяє оцінити практичну придатність до послідуочого використання (в тому числі і для додаткової обробки) отриманих в ході експертизи даних безпосередньо за результатами аналізу цих даних. В рамках згаданого підходу розроблено декілька методів аналізу експертної інформації, в основі яких лежать оцінки ступеню узгодженості і несуперечливості висновків експертів [23, 27, 44]. На жаль, порядкові шкали які використовуються в цих методах не дозволяють оцінити

фактичну міру розкиду експертних даних, особливо відокремити грубо помилкові результати від більш точних. Однак саме остання задача вирішувалась в роботах [4, 5], в яких розглянуті евристичні методи виявлення аномальних експертів, що базуються на введені типізації експертів в залежності від стратегії їх поведінки під час експертного опитування. Ця типізація може спиратися на результати аналізу вибірових моментів, розрахованих для кожного з експертів безпосередньо за вибірками їх індивідуальних експертних оцінок, на зіставлення форм емпіричних розподілів цих індивідуальних вибірок, на результати кластерної класифікації всієї вибіркової сукупності даних експертизи. Слід враховувати, що типізація експертів можлива лише в випадку, коли колектив експертів висловлюється за достатньо довгим переліком об'єктів експертизи (властивості, ознаки, якості і т.д.), що дозволяють визначити особливості (аномалії) поведінки експертів в процесі експертизи.

В випадку кластеризації даних експертизи тим чи іншим методом кластерного аналізу, виявлення і визначення сукупності “нормальних” експертів, можливе просте геометричне обґрунтування розрахунку значень рівнів компетентності експертів. В якості таких значень раціонально обрати обернену величину до відстані r від точки, що представляє кожного з експертів в просторі експертних оцінок, до центру кластера “нормальних” експертів, розрахованому в відповідності з метрикою, що використовується при кластеризації експертів.

ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ

Однією з основних проблем при аналізі даних є проблема відсутності достатньої кількості експертів, які б дозволили більш глибоко та ширше дослідити характеристики вибраних ознак. Однак, з наявним числом були виконані необхідні поставленні задачі пов'язані з аналізом та розрахунком експертних оцінок.

1.Описові статистики, отримані в процесі попереднього аналізу експертних даних, показали наявність в них так званих аномальних даних, що практично виключають можливість наступної ефективної обробки цих даних традиційними методами (усереднення, згладжування). Присутність аномальних даних потребує розробки спеціальних методів підвищення інформативності даних, орієнтованих на безпосереднє виявлення та виключення аномалій із результатів експертизи.

2. У випадку багатооб'єктної експертизи (кількість об'єктів експертизи, за якими виносять свої судження експерти, сягає кількох десятків чи навіть сотень одиниць) аналіз даних, отриманих від кожного з експертів, дає змогу визначити певні характерні риси поведінки експертів в процесі формування експертних оцінок, що стають причиною появи аномальних даних, й виділити з загалу експертів групу так званих “аномальних”, серед яких, в свою чергу, виокремити три типові описові моделі аномальних дій:

- жорсткий експерт;
- ліберальний експерт;
- випадковий експерт.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТОПОЛОГІЇ НЕЙРОМЕРЕЖІ

3.1 Інструментальні засоби для побудови системи

При побудові системи ідентифікації топології нейронних мереж, були проаналізовані та обрані наступні технології.

Мова програмування – C++ з використанням інструментарію Qt. Qt - крос-платформовий інструментарій розробки програмного забезпечення (ПЗ) мовою програмування C++. Дозволяє запускати написане за його допомогою ПЗ на більшості сучасних операційних систем (ОС), просто компілюючи текст програми для кожної операційної системи без зміни вихідного коду. Містить всі основні класи, які можуть бути потрібні для розробки прикладного програмного забезпечення, починаючи з елементів графічного інтерфейсу й закінчуючи класами для роботи з мережею, базами даних, OpenGL, SVG і XML. Бібліотека дозволяє керувати нитями, працювати з мережею та забезпечує крос-платформовий доступ до файлів.

При розробці були використанні наступні бібліотеки Qt інструментарію:

- Qt Core;
- Qt Gui
- Qt Sql
- Qt Widgets

База даних – **SQLite**. SQLite - полегшена реляційна система керування базами даних. Втілена у вигляді бібліотеки, де реалізовано багато зі стандарту SQL-92. Вихідний код SQLite поширюється як суспільне надбання (англ. public domain), тобто може використовуватися без обмежень та безкоштовно з будь-якою метою.

Особливістю SQLite є те, що воно не використовує парадигму клієнт-сервер, тобто «двигун» SQLite не є окремим процесом, з яким взаємодіє додаток, а надає бібліотеку, з якою програма компілюється і «двигун» стає складовою частиною програми. Таким чином, як протокол обміну

використовуються виклики функцій (API) бібліотеки SQLite. Такий підхід зменшує накладні витрати, час відгуку і спрощує програму. SQLite зберігає всю базу даних (включаючи визначення, таблиці, індекси і дані) в єдиному стандартному файлі на тому комп'ютері, на якому виконується додаток. Простота реалізації досягається за рахунок того, що перед початком виконання транзакції весь файл, що зберігає базу даних, блокується; ACID-функції досягаються зокрема за рахунок створення файлу-журналу.

Кілька процесів або нитей можуть одночасно без жодних проблем читати дані з однієї бази. Запис в базу можна здійснити тільки в тому випадку, коли жодних інших запитів у цей час не обслуговується; інакше спроба запису закінчується невдачею, і в програму повертається код помилки. Іншим варіантом розвитку подій є автоматичне повторення спроб запису протягом заданого інтервалу часу.

У комплекті постачання йде також функціональна клієнтська частина у вигляді виконуваного файлу *sqlite3*, за допомогою якого демонструється реалізація функцій основної бібліотеки. Клієнтська частина працює з командного рядка, і дозволяє звертатися до файлу БД на основі типових функцій ОС.

Завдяки архітектурі «двигуна» можливо використовувати SQLite як на вбудованих (embedded) системах, так і на виділених машинах з гігабайтними масивами даних.

Особливості SQLite

- Транзакції атомарні, послідовні, ізольовані, і міцні (ACID) навіть після збоїв системи і збоїв живлення.
- Встановлення без конфігурації — не потребує ані установки, ані адміністрування.
- Реалізує значну частину стандарту SQL92.
- База даних зберігається в одному крос-платформовому файлі на диску.

- Підтримка терабайтних розмірів баз даних і гігабайтного розміру рядків і BLOB.
- Малий розмір коду: менше ніж 350KB повністю налаштований, і менш 200KB з опущеними додатковими функціями.
- Швидший за популярні «двигун» клієнт-серверних баз даних для найпоширеніших операцій.
- Простий, легкий у використанні API.
- Написана в ANSI C, включена прив'язка до TCL; доступні також прив'язки для десятків інших мов.
- Добре прокоментований вихідний код зі 100% тестовий покриттям гілок.
- Доступний як єдиний файл вихідного коду на ANSI C, який можна легко вставити в інший проект.
- Автономність: немає зовнішніх залежностей.
- Крос-платформовість: з коробки підтримується Unix (Linux і Mac OS X), OS/2, Windows (Win32 і WinCE). Легко переноситься на інші системи.
- Вихідний код перебувають в вільному використанні.
- Поставляється з автономним клієнтом інтерфейсу командного рядка, який може бути використаний для управління базами даних SQLite.

3.2 Розробка архітектури системи ідентифікації топології нейронних мереж

При побудові додатку було реалізовано архітектурний патерн "репозиторій" для роботи з даними та поділ на три архітектурних шари: шар візуалізації (діалоги та форми), шар даних (окремий потік для роботи з файлом бази даних) та шар логіки (логічні функції підрахунків).

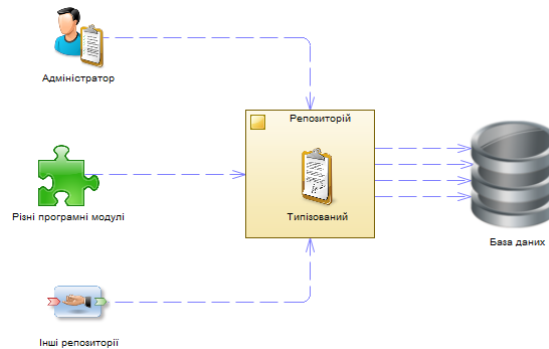


Рис. 3.1. Патерн репозиторій

Цей архітектурний шаблон використовується при побудові складних інформаційних систем і дозволяє визначити окремо модуль, який відповідає за маніпуляцію даними. При цьому, скільки б різних модулів не використовували інтерфейс доступу в разі зміни логіки вибірки даних або їх будь-якій зміні достатньо змінити логіку лише в одному місці - репозиторії. Розробивши систему з поділом на шари, уникнуто проблему замороження інтерфейсу при складних логічних розрахунках або в нашому випадку, при здійсненні складних вибірок з БД.

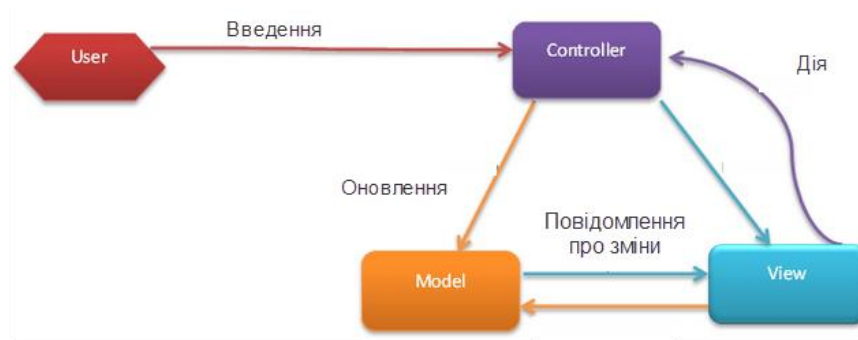


Рис. 3.2. Багат шарова архітектура

User - на даній схемі будь-який користувач, який користується додатком. Controller - шар обрахунків та маніпуляції даними. Model - сутність даних, якою маніпулюють контролер, репозиторій та інтерфейс

користувача. View - графічний інтерфейс користувача. При будь-якій зміні стану додатку користувачем, тобто, натискання будь-якої кнопки або введення інформації в будь-яке поле, автоматично відсилається сигнал про зміни того чи іншого віджету. Контролер забирає всі дані з графічного інтерфейсу у вигляді моделі даних, проводить маніпуляції з моделлю. Після чого повідомляє графічний інтерфейс про зміни в моделі і ядро перемальовує інтерфейс з урахуванням змін в моделі.

Крім того, в додатку реалізований поділ на зони по ролям. Існує три зони: користувача, експерта та адміністратора. Користувач може лише проходити покроково по моделі, переглядати візуалізоване представлення зв'язків з ваговими оцінками та експортувати результуючу технологію в файл. Експерт крім описаних функцій може додавати нові зв'язки з оцінками, редагувати існуючі та залишати різного роду коментарі. Адміністратор не може оперувати оцінками, але має доступ до бази даних і може здійснювати зміни її схеми.

База даних представлена окремим файлом, де зберігаються дані. Доступ до даних, пошук та організація обмежень цілісності даних здійснюється через спеціальний драйвер *sqlite*. Обмеження цілісності частково забезпечуються ядром драйверу, а за більшу частину цих обмежень бере на себе відповідальність розробник.

3.3 Розробка структури системи ідентифікації топології нейронних мереж

Для реалізації структури додавання параметрів та результатів опитування експертних груп були прийняті наступні рішення:

- Програмний модуль для додавання експертних оцінок має рівень доступу для обмеження несанкціонованих змін в числових значеннях зв'язків іншими ролями (рис.3.3).
- Дані експертних оцінок заносяться та зберігаються в реляційних таблицях спроектованої бази даних .

- Додавання експертних оцінок для кожного із варіантів зв'язків було спроектовано та розроблено програмний модуль в виді діалогу (рис. 3.4), я допомогою якого експерт може з легкістю додавати наявні дані (числові коефіцієнти) до бази даних для подальшого використання.
- Експерт має змогу корегувати внесені дані з допомогою відповідного діалогу, після авторизації під роллю експерта.

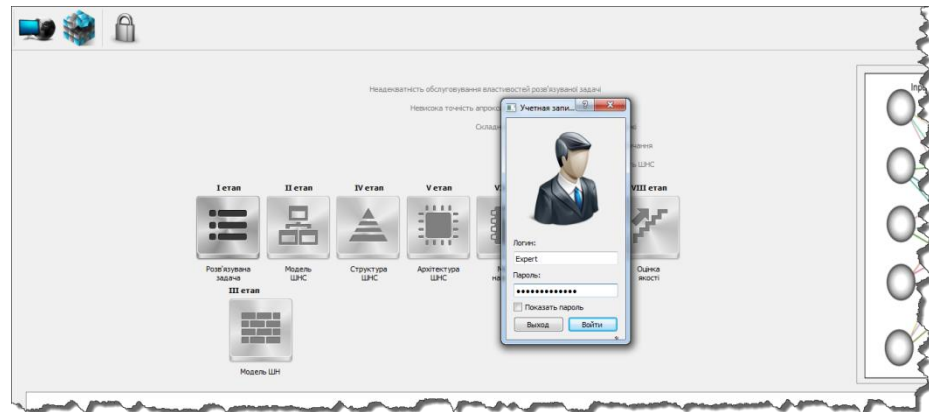


Рис 3.3. Авторизація з використанням ролі «Експерт»

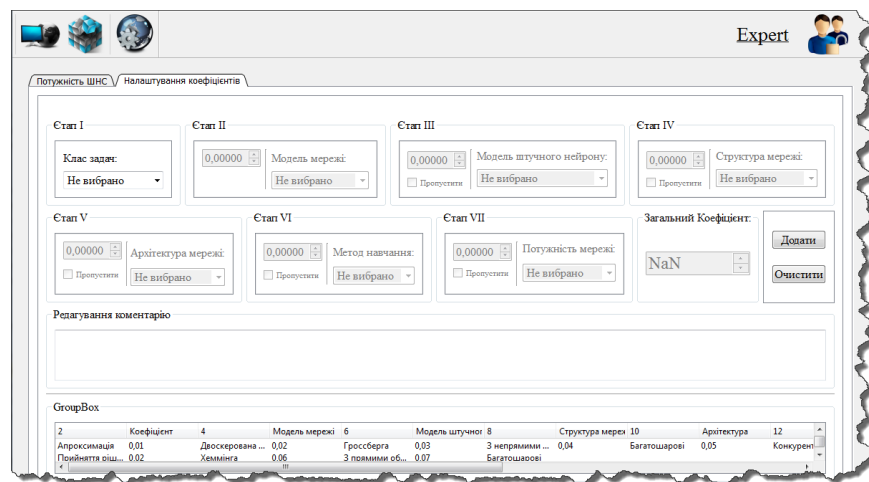
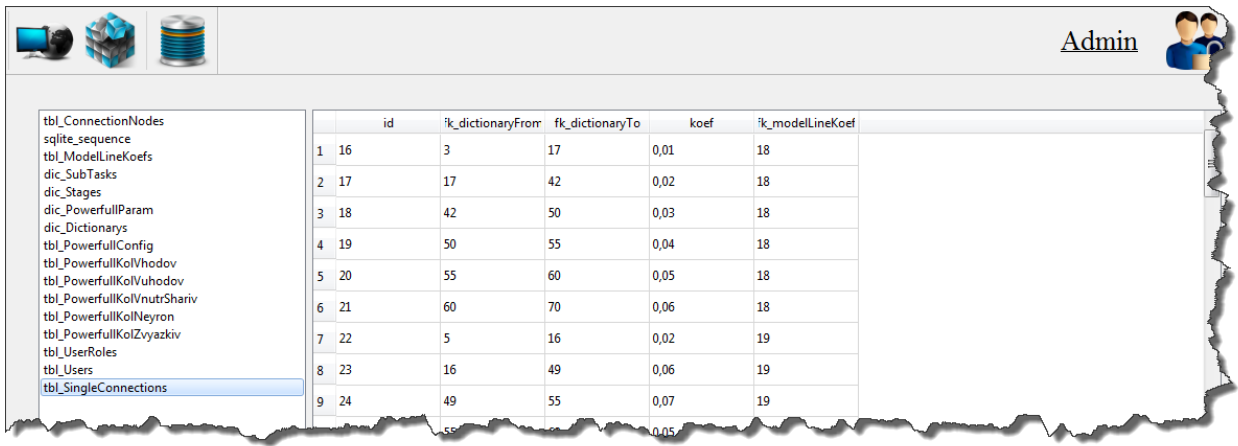


Рис 3.4. Діалог додавання експертних оцінок

Після додавання оцінок, адміністратор має змогу переглядати занесенні дані в відповідних реляційних таблицях спроектованої бази даних (рис 3.5).



	id	fk_dictionaryFrom	fk_dictionaryTo	koef	fk_modelLineKoef
1	16	3	17	0,01	18
2	17	17	42	0,02	18
3	18	42	50	0,03	18
4	19	50	55	0,04	18
5	20	55	60	0,05	18
6	21	60	70	0,06	18
7	22	5	16	0,02	19
8	23	16	49	0,06	19
9	24	49	55	0,07	19

Рис 3.5. Зберігання даних експертного оцінювання в спроектованій базі даних

Функціональні вимоги до кожної з описаних ролей.

1. Користувач

- 1.1. Не може мати доступ до зони Експерта
- 1.2. Не може мати доступ до зони або Адміністратора
- 1.3. Може переглядати візуалізоване представлення зв'язків
- 1.4. Може пройти покроковий алгоритм вибору топології нейромережі
- 1.5. Може повернутися до одного з кроків, якщо один із критеріїв не задовольняється
- 1.6. Може експортувати обрану топологію
- 1.7. Може увійти в систему під іншим обліковим записом

2. Адміністратор

- 2.1. Не може мати доступ до зони Експерта
- 2.2. Може вносити зміни в БД
- 2.3. Може виконувати Sql запит до бази даних
- 2.4. Може вийти з зони
- 2.5. Має доступ до зони користувача

3. Експерт

- 3.1. Не може мати доступ до зони Адміністратора
- 3.2. Може додавати нові зв'язки з оцінками

3.3. Може редагувати існуючі зв'язки

3.4. Може залишати коментарі

Розподіл повноважень між ролями має вигляд:

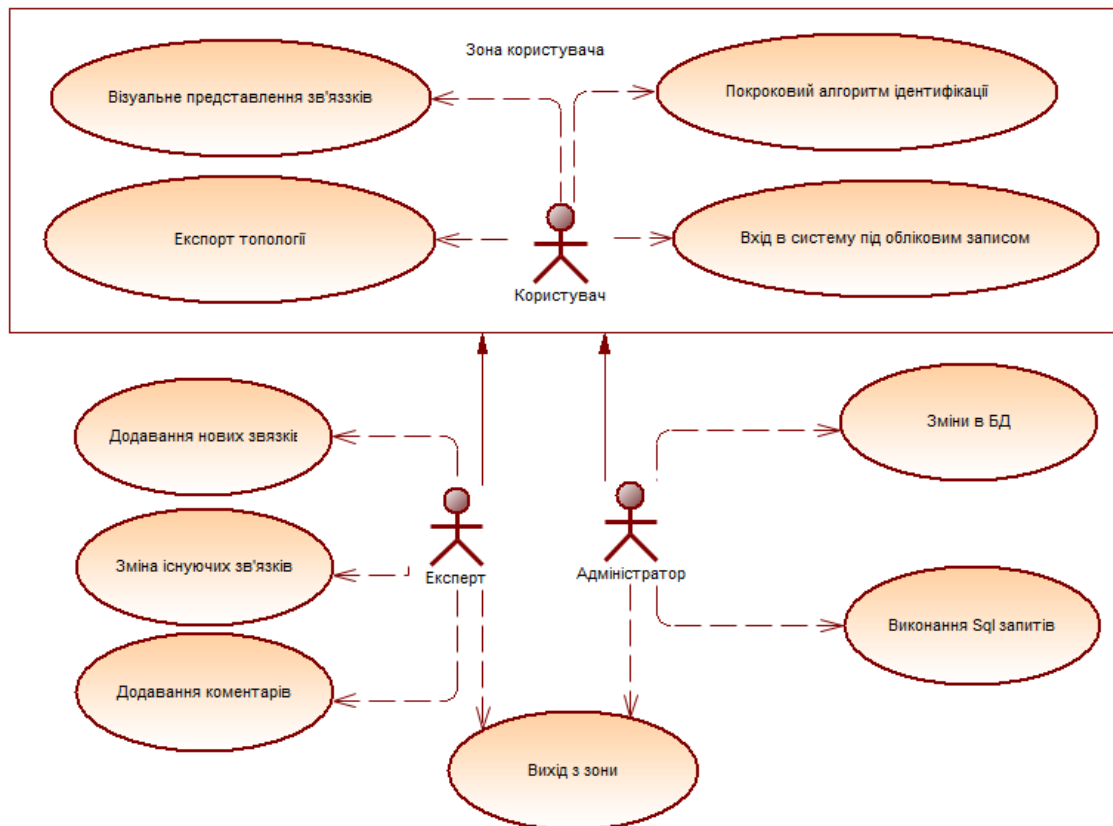


Рис. 3.6. Розподіл повноважень між ролями

ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ

В даному розділі обрано інструментальні засоби, застосовані архітектурні патерни та реалізована структура, яка забезпечувала б, з однієї сторони - максимальну швидкодію, а з іншого - мала б інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для полегшення додавання (до бази даних) та редагування експертних оцінок.

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТОПОЛОГІЇ

4.1 Аналіз вирішуваної задачі додавання кількісного значення обраної класифікаційної ознаки

В даному розділі продемонструємо додавання нового кількісного значення конкретної ознаки, опишемо покроковий алгоритм, та проведемо перевірку отриманих результатів.

Для додавання кількісного значення ознаки потрібно провести опитування групи експертів провести аналіз результатів опитування, провести ранжування та обрати значення які на думку експерта задовольняють обрані параметри.

Для демонстрації додавання кількісного значення ознаки було обрано ознаку із кроку «Потужність» покрокової моделі (перша частина роботи) – «Кількість внутрішніх шарів».

Кількісне значення цієї ознаки впливає на загальне (сумарне) значення конфігурації потужності. На кроці вибору потужності реалізовано це декілька ознак :

- кількість входів;
- кількість виходів;
- кількість внутрішніх шарів ;
- кількість нейронів в одному шарі;
- кількість зв'язків.

Ці критерії формують загальну сумарну кількісну оцінку для кроку «Потужності».

4.2 Опис алгоритму додавання експертної оцінки вибраної ознаки

Для додавання значення обраної в пункті 4.1. ознаки експерт повинен виконати наступні кроки:

- 1) Авторизуватися з правами експерта, що дасть змогу внесення інформації та збереження її в базі даних.
 - 2) Зайти до зони експерта натисненням на панелі інструментів піктограми (рис 4.1)
 - 3) Заповнити поля :

«Назва конфігурації» - унікальна , не може повторюватися в мжах додатку, та є обов'язковим полем для заповнення.

«Коментар» - не обов'язкове поле для опису конфігурації в довільній формі(текстове поле).
 - 4) Вибрати параметри топології (рис. 4.2) для якої створюється конфігурація потужності.
 - 5) Вибрати параметри потужності (значення кожної ознаки, та їх вагове значення). Значення ознак беруться із результатів опитування експертних груп.
 - 6) Натиснути кнопку «Зберегти конфігурацію»
- Результатом буде збереження створеної конфігурації та можливість вибору її в покроковій моделі вибору топології нейромереж (рис 4.3)

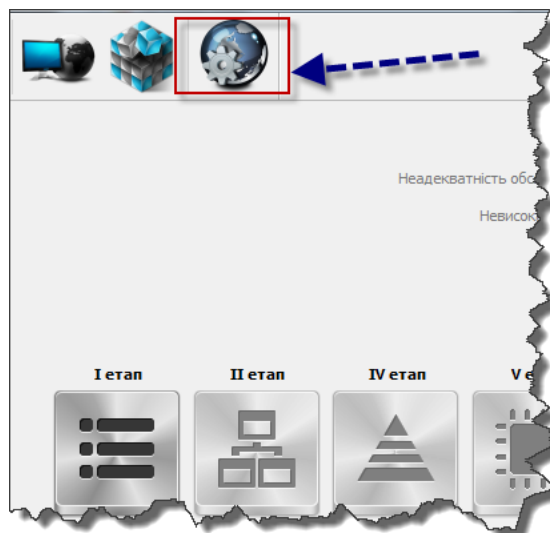


Рис 4.1. Вхід до зони експерта

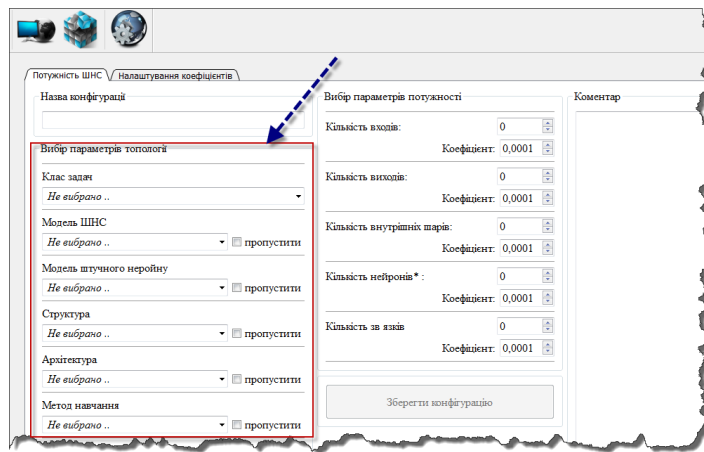


Рис 4.2. Вибір параметрів топології

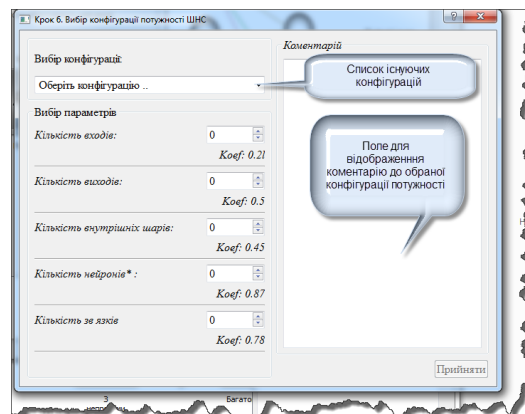


Рис.4.3. Вибір конфігурації потужності в покроковій моделі вибору топології нейрон мереж.

4.3 Перевірка отриманих результатів

Для перевірки результатів проведемо створення нової конфігурації та перевіримо доступність ново створеної конфігурації в покроковій моделі на кроці вибору потужності.

- 1) Авторизуємося з правами експерта (рис. 4.4)
- 2) Заходимо до зони експерта (рис. 4.5)
- 3) Заповнюємо поля :
«Назва конфігурації» та «Коментар» в довільній формі(текстове поле) (рис. 4.6).
- 4) Вибираємо параметри топології для якої створюємо конфігурацію потужності(рис. 4.6).

5) Вибираємо параметри потужності (значення кожної ознаки, та їх вагове значення). Значення ознак беруться із результатів опитування експертних груп. (рис. 4.6)

6) Натискаємо кнопку «Зберегти конфігурацію»

На рис. 4.7 відображено успішність додавання конфігурації до бази даних.

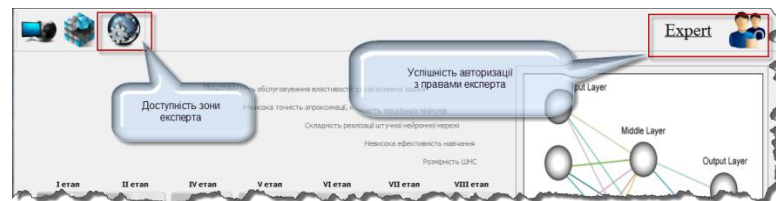


Рис.4.4. Результат авторизації з правами експерта

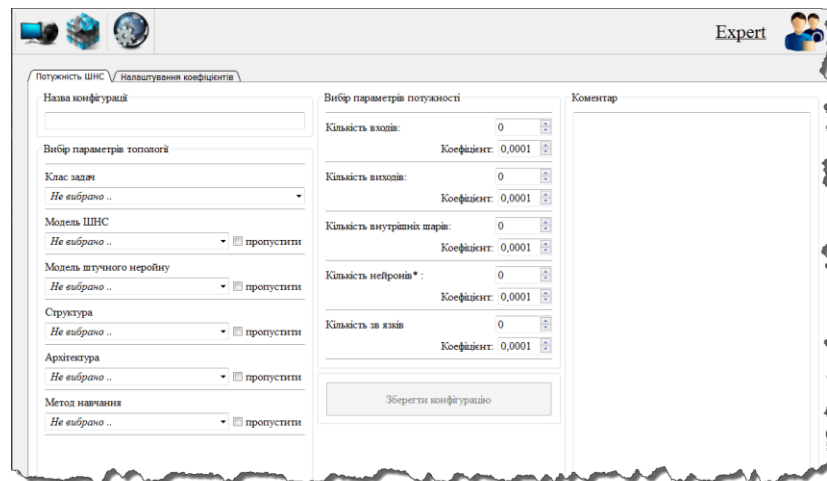


Рис. 4.5. Вхід до зони експерта

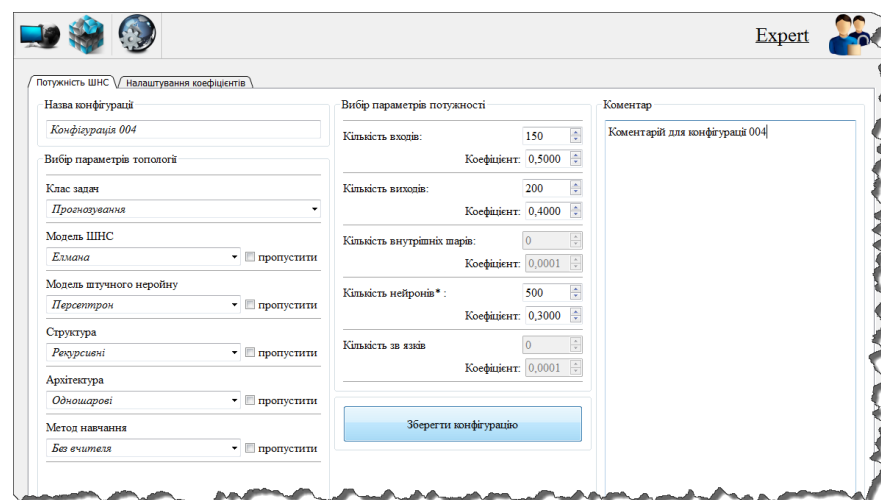


Рис. 4.6. Вибір всіх параметрів для додавання нової конфігурації

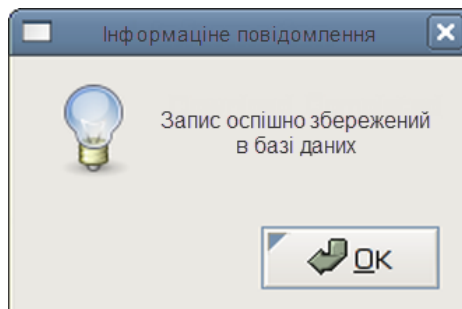


Рис. 4.7. Результат збереження конфігурації потужності в базі даних

ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ

В даному розділі була поставлена та вирішена задача додавання кількісного значення обраній ознаці на кроці вибору потужності покрокової моделі нейромереж (частина перша), визначена її важливість для кроку вибору потужності. Також був описаний та продемонстрований покроковий алгоритм процесу додавання нової конфігурації потужності з використання ознаки та надання їй кількісного значення.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ

5.1 Вступ

Розроблена система використовується кафедрою технічної кібернетики НТУУ "КПІ". Об'єкт дослідження - кабінет асистентів кафедри. Це невеликий кабінет загальною площею 27.5 м², де обладнано три постійних робочих місця. Приміщення має два вікна з площею до 3 м² та одні двері 0,8м ширина та 2,2м висота. Приміщення спроектоване у відповідності з вимогами

НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», та має природне та штучне освітлення відповідно до

ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Розмір вікна дозволяю використовувати природне освітлення в світлий час доби, що забезпечує коефіцієнт природної освітленості не менше 1.5%. Крім того, приміщення обладнане двома шафами, для зберігання документів та магнітних дисків чи інших накопичувачів інформації, з стелажми, полицями тощо.

До приміщень даного типу висувають наступні вимоги:

1. Вимоги до об'ємно-планувальних рішень будівель згідно НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин».
2. Вимоги до освітлення згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».
3. Вимоги щодо параметрів мікроклімату згідно ДСН 3.36.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
4. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ПК, мають відповідати вимогам ДСН 3.36.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.».

5. Значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях із ПК (як у зоні екрана дисплея, так і на поверхнях обладнання, клавіатури, друкувального пристрою) мають не перевищувати гранично допустимих за НАПБ В.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

Крім того розроблені службові інструкції та проводяться відповідні інструктажі на випадок виникнення надзвичайних ситуацій : враження електричним струмом, виникнення пожежі або вибухонебезпечної ситуації тощо.

5.1.1 Технологічний процес та робочі операції які виконуються

Основна задача працюючих в даному приміщенні - занесення, виведення та моніторинг різного типу (тестової, графічної тощо) динамічної інформації до бази даних. На основі аналітичних даних отриманих за допомогою впроваджуваної інформаційної системи, можуть прийматися певні рішення, щодо корегування математичної моделі нейронних мереж. Клас робіт згідно норм визначається як легка 1а.

5.1.2 Встановити на відповідність вимогам нормативних документів об'єму і площі приміщення на 1 працівника та розташування технологічного обладнання

Приміщення, що буде розглядатися, знаходиться на четвертому поверсі п'ятиповерхового будинку. Два вікна (1,5х2,0) кімнати орієнтовані на схід. Спрощений план приміщення зображений на рис. 5.1.

Як основні характеристики приміщення приймаються його геометричні розміри (площа, обсяг) і кількість працюючих у ньому людей. Розміри аналізованого приміщення приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Розміри приміщення.

Найменування	Позначення	Значення, м
Довжина	А	5,5
Ширина	В	5
Висота	Н	3,5

Таблиця 5.2 Площа та обсяг приміщення, на одного працюючого

Геометрична характеристика	Одиниця виміру	Нормативне Значення	Фактичне значення
Площа, S	м ²	не менш 6.0	6,875
Обсяг, V	м ³	не менш 19.5	24,0625

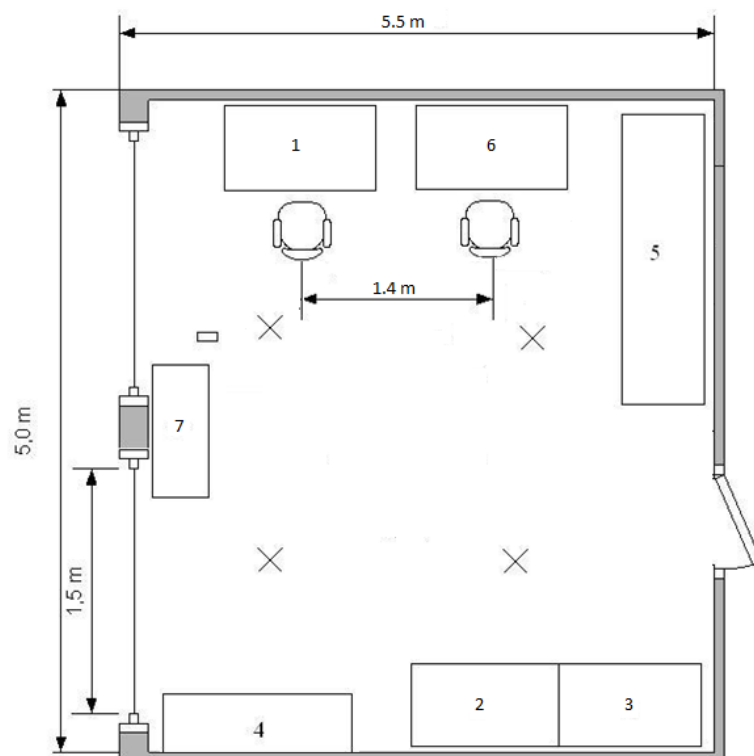


Рис 5.1. План приміщення.

1, 6 – столи для ПЕОМ; 2,3,4 – шафи, 5 – мікроскоп МИМ – 7 – стіл для принтеру та сканеру, X – світильники.

За даними, приведеним у таблиці 5.2, можна зробити висновок, що геометричні розміри приміщення відповідають нормативним вимогам.

5.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях, що створюються технологією (обладнанням) під час експлуатації, та розробка заходів по покращенню (нормалізації) умов праці

5.2.1 Мікроклімат

Повітряне середовище в приміщенні характеризується мікрокліматом, запиленістю повітря та його загазованістю. Мікроклімат приміщення визначається діючим на організм людини поєднанням температури, відносної вологості, швидкості руху повітря та інтенсивності теплового випромінювання. Аналіз мікроклімату складається з виміру зазначених вище параметрів і зіставлення результатів із встановленими нормами. Оптимальні значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюються для робочої зони виробничих приміщень з урахуванням ваги виконуваної роботи і пори року.

Температура повітря в приміщенні визначається температурою зовнішнього повітря і тепловою енергією, що виділяється всередині приміщення. Джерелами теплоти в даному приміщенні є люди, електроустаткування, а також освітлювальні прилади в темний час доби. Зовнішнім джерелом надлишкового тепла є сонячна радіація у світлий час доби. Робота, виконувана в даному приміщенні, відноситься до категорії Ia. Людиною в цьому випадку виділяється до 120 ккал теплової енергії в годину. Вологість повітря в приміщенні визначається вологістю атмосферного і видихуваного людьми повітря, а також випарами з поверхні шкіри.

У таблиці 5.3 приведені оптимальні значення параметрів мікроклімату для категорії ваги робіт Ia, а також фактичні значення цих параметрів у розглянутому приміщенні. У приміщеннях з використанням обчислювальної

техніки рекомендується застосування тільки оптимальних значень показників мікроклімату, тобто таких, при яких людина відчуває себе комфортно.

Таблиця 5.3 Оптимальні і фактичні значення параметрів мікроклімату

Пора року	Оптимальні для Ia			Фактичні		
	Температура, °C	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с	Температура, °C	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Тепла	23-28	50-70	0,1	25-30	40-50	0,15
Холодна	22-24	40-60	0,1	19-22	40-50	0,1

Таким чином, показники мікроклімату в приміщенні, загалом, відповідають установленим нормам, крім температури в теплий період року. Для підтримки температури і вологості повітря в літню пору необхідно встановлений кондиціонер який має достатню потужність по холоду.

Здійснимо розрахунки надлишків тепла в приміщенні по формулі:

$$\Sigma Q = Q_c + Q_{pc} + Q_p + Q_o;$$

Надлишки тепла: Q_c - від сонячного опромінювання – $0,035 \cdot 96,25 = 3,37$ кВт; Q_{pc} -від ПК – $0,3 \cdot 5 = 1,5$ кВт; Q_p - від людей - $0,1 \text{ кВт} \cdot 5 = 0,5$ кВт ; Q_o -від обладнання – $0,55 \cdot 1 = 0,55$ кВт; . Разом надлишки тепла дорівнюються $3,37 + 1,5 + 0,5 + 0,55 = 5,92$ кВт. З урахуванням коефіцієнту запасу 1,2 маємо надлишки тепла 7,1 кВт. Для компенсації цих надлишків можна застосувати сучасний кондиціонер фірми ROLSEN RAS - 24GW з потужністю по холоду 7,0 кВт

Джерелами запиленості повітря в приміщенні є одяг людей і пил, що проникає з вулиці. З метою боротьби з пилом робляться регулярні вологі прибирання і провітрювання.

У приміщенні немає виділення шкідливих газів. Тому що в ньому не проводиться монтажних робіт, пайки чи інших робіт, при яких виділяються шкідливі гази.

Для нормалізації параметрів повітряного середовища також періодично здійснюється провітрювання приміщення і вологе прибирання. У всьому будинку діє встановлена загально обмінна витяжна вентиляція.

5.2.2 Освітлення

5.2.2.1 Аналіз природного освітлення

Природне освітлення в розглянутому приміщенні представлено системою однобічного бічного освітлення з двома вікнами з загальної шириною 3,0 м. Висота вікна складає 2 м. Загальна площа вікон – 6 м².

Оцінка природного освітлення в приміщенні полягає в розрахунку коефіцієнта природної освітленості (КПО) і порівнянні його з нормативним значенням. При однобічному бічному природному освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці, розташованій на відстані 1 м від стіни найбільш віддаленої від світлових прорізів, на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення та умовної робочої поверхні .

Розрахункову точку для природного освітлення вибираємо на найбільш віддаленому від вікна робочому місці .

. Місто Київ, у якому знаходиться організація, знаходиться в зоні без стійкого сніжного покриву. Розглянуте приміщення можна віднести до класу “Машинописні і машинолічильні бюро”, для якого КПО = 1,5%. Але КПО в зазначеній таблиці приведені для III-го світлового пояса. Для розрахунку норми КПО в інших світлових поясах необхідно використовувати наступну формулу:

$$e_H^{I,II,IV,V} = e_H^{III} \cdot m \cdot C \quad (5.1)$$

де e_H^{III} - значення КПО;

m - коефіцієнт світлового клімату;

C - коефіцієнт сонячності клімату.

Для розглянутого приміщення отримані наступні значення параметрів формули (5.1):

$$e_H^{III} = 1,5\% ;$$

$$m = 0,9;$$

$$3 = 0,95 \text{ для віконних прорізів орієнтованих на схід ;}$$

Підставимо значення у формулу і розрахуємо нормативне значення КПО:

$$e_H^{I,II,IV,V} = e_H^{III} \cdot m \cdot C = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 1,38$$

Отже, для розглянутого приміщення, розташованого в IV-м поясі світлового клімату, нормативне значення КПО дорівнює 1,38.

Тепер необхідно розрахувати фактичне значення КПО для даного приміщення. Розрахунок виконується графоаналітичним методом за наступною формулою:

$$H_m^* = (\varepsilon_{\text{г}} \cdot q + \varepsilon_{\text{в}} \cdot R) \cdot r_1 \cdot \frac{\tau_0}{\text{ж}} \quad (5.2)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ - геометричний КПО в розрахунковій точці при бічному висвітленні, що враховує пряме світло неба;

q - коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість хмарного неба МКО;

$\varepsilon_{\text{зд}}$ - геометричний КПО в розрахунковій точці при бічному освітленні, що враховує світло, відбите від конфронтуючих будинків;

R - коефіцієнт, що враховує відносну яскравість конфронтуючого будинку;

r_1 - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при бічному освітленні завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення і підстильного шару, що прилягає до будинку;

τ_0 - загальний коефіцієнт світло пропускання;

K_3 - коефіцієнт запасу.

Кімната виходить вікнами у двір і знаходиться на четвертому поверсі. Перед вікнами приміщення в деякому віддаленні розташований триповерховий адміністративний будинок. Тому коефіцієнт, що враховує

світло відбите від конфронтуючих будинків можна прийняти $\varepsilon_{зд} = 0$ і формула (5.2) прийме вид:

$$\varepsilon_p = \varepsilon_6 \cdot q \cdot r_1 \cdot \frac{\tau_0}{K_3} \quad (5.3)$$

Визначимо послідовно значення всіх коефіцієнтів у формулі (5.3).

Геометричний КПО в розрахунковій точці при бічному висвітленні, що враховує пряме світло неба ε_6 визначається по формулі:

$$\varepsilon_6 = 0,01 \cdot (n_1 \cdot n_2) \quad (5.4)$$

де n_1 - кількість променів, що проходять від неба через світлові прорізи в розрахункову точку на поперечному розрізі приміщення;

n_2 - кількість променів, що проходять від неба через світлові прорізи в розрахункову крапку на плані приміщення $n_2 = n_{21}$ (враховуємо світло тільки від одного вікна, бо друге закрито шафою).

Підставивши значення у формулу (5.4) одержимо:

$$\varepsilon_6 = 0,01 \cdot (n_1 \cdot n_{21}) = 0,01 \cdot 10 \cdot (9) = 0,9$$

Коефіцієнт q визначається по ДБН В.2.5-28-2006. «Природне і штучне освітлення.», і залежить від кутової висоти α середини світлового прорізу над робочою поверхнею. У розглянутому приміщенні цей кут $\alpha = 10^\circ$. Тому що приміщення знаходиться в зоні без стійкого сніжного покриву, одержуємо: $q = 0,58$

Коефіцієнт r_1 , що враховує відображення світла від внутрішніх поверхонь приміщення визначається по ДБН В.2.5-28-2006. «Природне і штучне освітлення» і залежить від цілого ряду факторів:

- відносини глибини приміщення B к висоті від рівня умовної робочої поверхні до верха вікна h_1 ;
- відношення відстані l розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення B ;
- середньозваженого коефіцієнта відображення стелі, стін і підлоги $\rho_{ср}$;
- відносини довгі приміщення $l_{п}$ до його глибини B .

Для розглянутого приміщення

$$B = 5,5 \text{ м. } h_1 = 1,6 \text{ м. } l = 4,8 \text{ м. } l_{\Pi} = 5 \text{ м.}$$

Коефіцієнт $\rho_{\text{ср}}$ розраховується по формулі:

$$\rho_{„m} = \frac{r_1 \cdot S_1 + r_2 \cdot S_2 + r_3 \cdot S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \quad (5.5)$$

де r_1, r_2, r_3 - коефіцієнти відображення відповідно стелі стін і підлоги;

S_1, S_2, S_3 - площі відповідно стелі, стін і підлоги.

Для розглянутого приміщення

$$\begin{aligned} r_1 &= 0,7 & r_2 &= 0,6 & r_3 &= 0,1 \\ S_1 &= 27,5 \text{ м}^2 & S_2 &= 77 \text{ м}^2 & S_3 &= 27,5 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Підставимо значення в (5.5) і обчислимо $\rho_{\text{ср}}$:

$$\rho_{„m} = \frac{r_1 \cdot S_1 + r_2 \cdot S_2 + r_3 \cdot S_3}{S_1 + S_2 + S_3} = \frac{0,7 \cdot 27,5 + 0,6 \cdot 77 + 0,1 \cdot 27,5}{27,5 + 77 + 27,5} = 0,497$$

Розрахуємо відносини параметрів приміщення до глибини В:

$$\frac{B}{h_1} = 5/1,6 = 3,1 \quad \frac{l}{B} = \frac{5}{5,5} = 0,9 \quad \frac{l_n}{B} = \frac{4,8}{5,5} = 0,87$$

Тепер по знайдемо значення r_1 .

$$\tau_1 = 1,7$$

Продовжимо розрахунок значень для формули (5.3).

Значення загального коефіцієнта світло пропускання τ_0 визначається за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (5.6)$$

де τ_1 - коефіцієнт світло пропускання матеріалу скла віконних прорізів;

τ_2 - коефіцієнт, що враховує утрати світла в плетіннях світлового прорізу;

τ_3 - коефіцієнт, що враховує утрати світла в несучі конструкціях; (при бічному освітленні $\tau_3 = 1$);

τ_4 - коефіцієнт, що враховує утрати світла в сонцезахисних пристроях;

τ_5 - коефіцієнт, що враховує утрати світла в захисній сітці, установлюваної під ліхтарями (при бічному висвітленні $\tau_5 = 1$).

Для розглянутого приміщення отримані наступні значення коефіцієнтів:

$\tau_1 = 0,8$ - скло віконне листове, подвійне;

$\tau_2 = 0,75$ - плетіння для вікон суспільних будинків, дерев'яні, спарені;

$\tau_3 = 1$ - бічне висвітлення;

$\tau_4 = 1$ - відсутність сонце захисних пристроїв;

$\tau_5 = 1$ - бічне висвітлення;

Підставимо значення коефіцієнтів у формулу (5.6):

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,6$$

Значення коефіцієнта запасу K_3 визначається по ДБН В.2.5-28-2006.

«Природне і штучне освітлення.» Для розглянутого приміщення

$K_3 = 1,2$ - приміщення суспільних будинків з вертикальним розташуванням засклення;

Підставимо значення всіх обчислених коефіцієнтів у формулу (5.3) і визначимо фактичне значення КПО на робочому місці.

$$e = 0,9 \cdot 0,58 \cdot 1,7 \cdot 0,6 / 1,2 = 0,44$$

З проведеного розрахунку видно, що значення вимоги по природному освітленню для робочого місця за шафою не виконуються, тому що розрахункове значення КПО для робочої крапки більше нормованого значення КПО:

$e_p^B = 0,44 < e_n = 1,38$. Таким чином, на даному робочому місці необхідно постійно застосувати у додаток до природного штучне освітлення.

5.2.2.2 Аналіз штучного освітлення

Штучне освітлення приміщення здійснюється за допомогою системи загального освітлення. Зорові умови праці при штучному освітленні характеризуються значенням освітленості, показником чи засліпленості

дискомфарту і коефіцієнтом пульсації освітленості. При роботі з відео терміналами необхідна, також, оцінка значення яскравісного контрасту.

У розглянутому приміщенні, використовується система загального рівномірного висвітлення. У приміщенні маєтсья два стельових світильників типу Л201-03, у кожному з яких знаходиться по чотири люмінесцентні лампи ЛБ-40 потужністю 40 Вт (світловий потік 3200 лм) кожна. Для розрахунку штучної освітлення використовується формула :

$$E = \frac{N * \Phi * \eta}{S * K * Z}$$

де E - фактична освітленість робочої поверхні, лк;

Фл - світловий потік лампи. У даному випадку це сумарний світловий потік ламп, що входять у світильник. Він дорівнює $4 * 3200 = 12800$ лк;

N-кількість світильників в приміщенні;

η- коефіцієнт використання світлового потоку;

S – площа приміщення, м²;

K- коефіцієнт запасу. Для виробничих приміщень з особливим режимом по чистоті повітря при обслуговуванні світильників знизу з приміщення K дорівнює 1,4;

Z- коефіцієнт нерівномірності освітлення, Z=1,1.

Коефіцієнт використання світлового потоку η визначають в залежності від індексу приміщення $i = (L * B) / h * (L + B)$ L – довжина приміщення, м; B – ширина приміщення, м; h- висота, м; для даного приміщення $i = 0,75$. Для 9 групи світильників(Л201-03) $\eta = 0,33$.

Таким чином, підставляючи знайдені значення у формулу , одержуємо, що фактична освітленість E дорівнює 398 лк. Порівнявши це значення з нормою освітленості згідно НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин». одержуємо, що це задовольняє заданим вимогам, тому що мінімальною вимогою до загального освітлення є 200 лк а максимальна –400 лк.

5.2.3 Шум

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.» та НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин». рівень шуму в приміщенні для працюючих за ЕОМ не повинний перевищувати 50 дБА для режиму налагодження і 60 дБА для режиму введення інформації.

Приміщення розташоване вікнами у двір і знаходиться далеко від проїжджої частини вулиці. Основними джерелами шуму в приміщенні є устаткування і люди. Розглянута кімната не призначена для прийому відвідувачів і тому в ній не спостерігається великого скупчення людей. Тому основним джерелом шуму є комп'ютерна техніка.

Джерелами шуму при роботі ЕОМ є механічні частини принтера, що рухаються, і вентилятори($L_{pk} = 35$ дБА, , $L_{prn} = 48$ дБА.) При роботі вентиляційної системи, що забезпечує оптимальний температурний режим електронних блоків ЕОМ і вмонтована в задню панель, створюється аеродинамічний шум. Шум, створюваний працюючим комп'ютером, може бути охарактеризований як широко смуговий постійний з аперіодичним посиленням при роботі принтера. Час роботи ПЕОМ – 8 год. за добу; принтери працюють не більш 1,5-2 год. за добу.

При наявності великої кількості джерел шуму еквівалентне значення шуму $L_{ЭКВ}$, дБА розраховують по наступній формулі:

$$L_{ЭКВ} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \left(t_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_i} \right) \right) \quad (5.7)$$

де L_i – рівень шуму i -го джерела (пристрою),

t_i – час роботи i -го джерела (пристрою),

T – загальний час роботи,

n – кількість джерел шуму даного типу;

Для даного приміщення необхідні змінні складають:

Загальний час роботи – робітник день, тобто $T=8$ годин.

Для фонового шуму (вентиляторів):

$$L_1 = 35 \text{ дБА}, \quad T_1 = 8 \text{ годин}, \quad n_1=6 (2 \times 3);$$

Для лазерного принтера Lexmark Jet:

$$L_2 = 48 \text{ дБА}, \quad T_2 = 2 \text{ години}, \quad n_2=1, \text{ для сканера } L_3 = 46 \text{ дБА}, \quad T_3 = 2 \text{ години}.$$

Підставляємо отримані величини у формулу (5.7):

$$L_{\text{экв}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{8} \cdot \left(6 \cdot 8 \cdot 10^{0.135} + 1 \cdot 2 \cdot 10^{0.148} + 1 \cdot 2 \cdot 10^{0.146} \right) \right) = 46,3 \text{ дБА}$$

Таким чином, еквівалентний рівень шуму в приміщенні за робітник день $L_{\text{экв}} = 46,3 \text{ дБА}$, тобто не перевищує норму 50 дБА.

4.2.4 Небезпека враження людини електричним струмом

Потенційну небезпеку для людини представляють електричні прилади й установки, що живляться небезпечною для життя людини напругою 220 В. Ураження людини електричним струмом може відбутися в результаті дотику до відкритих струмоведучих частин при ушкодженні ізоляції мережних шнурів, при пробі при короткому чи замиканні в результаті неправильних дій самої людини.

Дана кімната по ступені небезпеки поразки електричним струмом відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. Споживачами електроенергії є ПЕОМ, дисплей, джерела висвітлення

Корпуса сучасних ПЕОМ виготовлені з пластмас (передня панель) і металу (верхня кришка і задня панель). При дотику до металевих частин корпусу ЕОМ, у випадку пробією на корпусі, людина попадає під небезпечну для життя напругу. Тому конструкцією ПЕОМ передбачена спеціальне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих частин корпусу, що виявляються під напругою.

Для цього в ПЕОМ застосовується спеціальна мережна вилка з трьома контактами (два контакти служать для підключення живлення, а третій для підключення до занулюючого проводу).

Корпуса дисплеїв виготовляються з не струмопровідних матеріалів, а живлення здійснюється спеціальним кабелем, що підключається до ПЕОМ, так щоб виключити ураження людини електричним струмом. Тому ураження струмом при дотику людиною до корпусу дисплея неможливо.

Крім того, сучасні ПЕОМ розробляються відповідно до вимоги по електробезпеки для побутових приладів, тому які-небудь додаткові засоби захисту від поразки електричним струмом не вимагаються.

У приміщенні застосовуються наступні засоби захисту:

- недоступність струмоведучих;
- малі напруги;
- захисне відключення у блоках живлення;
- ізоляція струмоведучих частин;
- попереджувальні написи та індикатори;
- занулення струмопровідних частин.

Таким чином, норми електробезпеки згідно ДНАОП 0.00-1.31-99 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» виконані.

4.2.5 Небезпека пожежі

У досліджуваному приміщенні є в наявності тільки тверді і волокнисті пальні речовини: дерево, папір, тканина. Таким чином, робочі зони приміщення відносяться до класу П-Па згідно НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою». Правила пристроїв електроустановок, а приміщення до категорії по пожежонебезпеці. Можливими причинами пожежі в приміщенні є несправність

електроустаткування і порушення протипожежного режиму (використання побутових нагрівальних приладів, паління).

Для гасіння пожежі в коридорі розташовані пінні вогнегасники ОХП-10, а в кожній кімнаті, де встановлені комп'ютери, додатково знаходяться вуглекислотні вогнегасники ОУ – 5 (2 шт). Також на сходовій клітині розташований пожежний кран.

Така кількість, розташування та умови зберігання первинних засобів пожежогасіння відповідають вимогам ISO 3941-77.

Будинок має два евакуиходи: через головний хід і спеціальний евакуихід. Шляху евакуації відповідають установленим нормам. Двері відкриваються назовні. Коридор веде до двох сходових клітин, одна з яких виходить безпосередньо на вулицю, а друга має вихід на вулицю через вестибюль і головний вхід. Сходова клітина виконана з непальних матеріалів і виділена з обсягу будинку. Сходи мають природне бічне освітлення і штучне аварійне висвітлення. Сходові площадки ширше коридорів. Усі співробітники ознайомлені з планом евакуації.

Таким чином, усі вимоги НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою, щодо евакуаційних виходів задовольняються».

Значення основних параметрів шляхів евакуації і їхніх норм приведені в табл. 5.4.

На випадок пожежі в лабораторіях розташований план евакуації працівників з будівлі (рис.5.4).

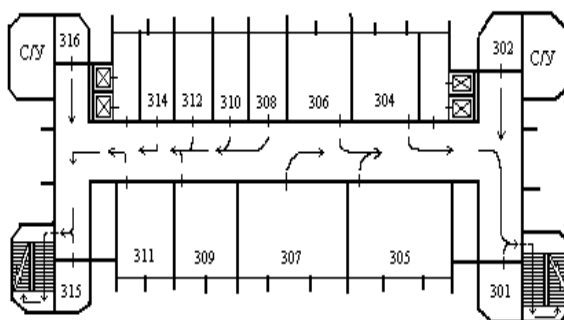


Рис. 5.4 План евакуації

Таблиця 5.4. Характеристики і норми евакуиходів

Параметр	Фактичне значення	Норма
Висота дверних прорізів	2,3 м	не менш 2 м
Ширина дверних прорізів	0,8 м	не менш 0,8 м
Ширина проходу для евакуації	Більш 1,5 м	не менш 1 м
Ширина коридору	2 м	не менш 2 м
Число виходів з коридору	2	не менш 2
Ширина сходового маршу	1,2 м	не менш 1 м
Висота поруччя сходів	1,1 м	не менш 0,9 м

Для попередження пожежі в приміщеннях, згідно вимогам ДБН передбачений пристрій системи пожежної сигналізації.

Як сигналізатори виникнення пожеж прийняті теплові повідомники типу ПП-105, димові повідомники типу ДПП-3 .

Теплові і димові повідомники встановлюються на стелях відповідних приміщень.

4.2.6 Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

При організації праці, пов'язаної з використанням ПК, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку .

Внутрішньо змінні режими праці й відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення й зниження працездатності.

При виконанні робіт, що належать до різних видів трудової діяльності, за основну роботу з ПК слід вважати таку, що займає не менше 50% робочого часу. Впродовж робочої зміни мають передбачатися:

- перерви для відпочинку і вживання їжі (обідні перерви);
- перерви для відпочинку й особистих потреб (згідно із трудовими нормами);
- додаткові перерви, що вводяться для окремих професій з урахуванням особливостей трудової діяльності.

Правилами встановлюються рекомендації, щодо праці та відпочинку при роботі з ПК при 8-годинній денній робочій зміні:

- слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години.

Для зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втомі доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, які наведені у Державних санітарних правилах і нормах роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПН 3.3.2.007–98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ».

5.3 Охорона праці та безпеки в умовах надзвичайних ситуацій

На відстані 1100 м від будівлі де розміщене робоче місце оператора ПЕОМ в наслідок аварії або необережного поводження, може статися вибух приблизно 400т пропану. Тому, необхідно розрахувати можливі наслідки та вжити необхідні заходи щоб мінімізувати їх.

Вихідні дані:

- Відстань від офісу до місця аварії (вибуху) – 1100 м;
- Маса пропану – 400 т;

- Характеристики елементів будівлі:
- будівля – зі збірного залізо бетону;
- кабельні лінії – наземні;
- контрольно-вимірювальна апаратура – наявна;
- границі вогнетривкості несучих стін – 3 год;
- границі вогнетривкості перегородок – 1 год.
- Категорія виробництва з пожежної безпеки – В;
- Щільність забудови об'єкту - 48%.

Розрахункова частина:

$$\text{Зона I : } r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{400} = 128,94 \text{ м} \quad \Delta P_{\phi} = 1700 \text{ кПа}$$

$$\text{Зона II: } r_2 = 1,7 \cdot r_1 = 1,7 \cdot 128,94 = 219,2 \text{ м}$$

$$\Delta P_{II} = 1300 \cdot (r_1 / R_0)^3 + 50 = 1300 \cdot (128,94 / 1100)^3 + 50 = 50,002$$

Висновок: об'єкт знаходиться за межами I та II зон, тобто у зоні повітряної ударної хвилі (зона III)

$$\Delta P_{\phi} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L^3}{Q}} - 1} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1100^3}{400}} - 1} = 17,471$$

$$\Delta P_{\phi} = 17,471 \text{ кПа}$$

При цьому маємо, наступні показники:

- Ступінь руйнування будівлі – слабкі;
- Ступінь руйнування контрольно-вимірювальної апаратури – середні;
- Ступінь руйнування кабельних ліній – слабкі;
- Ступінь ураження людей від прямої дії УХ – відсутні;
- Ступінь вогнестійкості – I;
- Небезпечна кількість вибухової речовини для уникнення руйнувань будівлі – менше 150 т;
- Небезпечна кількість вибухової речовини для уникнення будь-яких руйнувань – менше 40 т;

Характеристика руйнувань будівлі: спостерігаються руйнування заповнень дверних та віконних прорізів, зривання покрівлі даху.

Характеристика ураження людей: можливе отримання легких травм внаслідок вибиття вікон та дверей при дії вибухової хвилі

Очікувана пожежна обстановка: для виробництва категорії пожежної небезпеки В та ступеня вогнестійкості будівель – І, при надмірному тиску 17,471 кПа пожежі не передбачуються.

Отже, на відстані 1100 м від будівлі стався вибух пропану, що призвело до часткових пошкоджень будівлі, а саме вибиття вікон, дверей та зривання покрівлі даху, а також наявність потерпілих людей з легкими травмами. В першу чергу необхідно надати першу медичну допомогу постраждалим та викликати швидку медичну допомогу.

Рекомендації що до зменшення заподіяної шкоди та уражень людей

- установити на вікнах захисні металеві сітки, щоб розбите скло не потрапляло в приміщення;
- порушити питання перед відповідними органами про зменшення запасу вибухонебезпечної речовини до безпечної кількості.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

1. Загальна характеристика досліджуваного приміщення відповідає нормам, зазначеним у НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин ».
2. Загальна характеристика робочого місця відповідає нормам, зазначеним у НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин ».
3. У досліджуваному приміщенні проаналізовані наступні несприятливі фактори, які впливають на людину: електромагнітне випромінювання, іонізація, виробничий шум, і вони не перевищують відповідних стандартів.

4. У результаті аналізу електробезпечності в досліджуваному приміщенні вплив струму на людину зведений до мінімуму.
5. При аналізі пожежної безпеки визначено, що в досліджуваному приміщенні проводяться всі заходи для пожежної безпеки для приміщень, у яких експлуатуються ПЕОМ і вони відповідають Правилам пожежної безпеки в Україні й іншим нормативним документам.

Розроблений план дій при надзвичайних ситуаціях в досліджуваному приміщенні.

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В даній роботі проводяться дослідження методів спрощення вибору топології нейромережі користувачем для вирішення прикладної задачі.

Проаналізовані класифікаційні ознаки для їх кількісного на основі оцінок експертів. Проведено експертне оцінювання по обраним ознакам (п. 2), та проведений аналіз результатів. Проаналізовано поведінку експертів в процесі багато об'єктної експертизи. Проаналізовані існуючі підходи до вибору топологічної моделі мережі та системи дослідження нейромереж. По результатам дослідження можна сказати про обмеженість кількості систем, які б допомогли б користувачу без глибоких знань області нейротехнологій обрати ту чи іншу мережу. Існує обмежена кількість систем, які роблять автоматичний вибір топологій мережі по принципу "чорна скринька" не даючи користувачу логічного пояснення причин та алгоритму вибору. Крім того такі системи є дорого вартісними та використовуються найчастіше великими корпораціями та дослідницькими центрами.

Дослідження складеться з двох части та описана в двох магістерських дисертаціях. В даній частині описана перша частина, де розглядається покрокова модель ідентифікації нейромережі. В другій частині, проводяться дослідження, щодо використання знань експертів та їх оцінок зв'язків класифікаційних ознак, які впливають на ті чи інші властивості мережі.

Спроековано та розроблено метод спрощення вибору топології на основі знань експертів за простим покроковим алгоритмом, та з використанням класифікаційних ознак мереж. Використана класифікація не претендує на звання найповнішого опису класифікаційних ознак мереж, але демонструє роботу здатність простого покрокового алгоритму ідентифікації топологічної моделі.

Спроековано та розроблено систему для проведення досліджень. В останньому розділі продемонстровано роботу розробленої системи та перевірено результати її роботи, порівнявши результат, отриманий при

роботі нейромережі та точного методу обчислення. Демонстрація відбувалась на базі існуючих оцінок експертів. Адекватність цих оцінок не доводилась, так як основною задачею було перевірити роботу покрокового алгоритму.

Наступним кроком розробки системи є накопичення знань експертів, визначення рівня довіри до цих оцінок та перевірка їх адекватності. Після чого планується розширити можливість експорту обраної топології в різні системи дослідження нейромереж такі як MATLAB, NeuroShell, а в кінцевому результаті, розробку власного нейроконструктора для проведення повного циклу досліджень нейромереж (від вибору топології до навчання та перевірки результатів роботи) в даній системі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Архипов А.Е., Архипова С.А. Принцип варьирования данных в прикладных задачах идентификации // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2000. - №1. – С. 56-60.
2. Архипов О.Є., Архіпова С.А. Математичне моделювання соціальних систем і процесів: Навч.-метод. посіб.- К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002. – 60 с.
3. Архипов А.Е., Архипова С.А. Моделирование и обработка данных систем тестового контроля закрытого типа // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2001р. – 2. – С. 70-76
4. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А. Применение кластерного анализа для структурирования данных экспертного опроса// Адаптивні системи автоматичного управління // Міжвідомчий науково-технічний збірник. - Дніпропетровськ: Системні технології. 2003, №6(26). – С. 55-61.
5. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А., Пишко И.В. Применение методов классификации в задаче обработки данных экспертного опроса // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. Науковий журнал. — Випуск 2 (10) 2003. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. — С. 104-108.
6. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А. Технологии экспертного оценивания в задачах защиты информации // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2005. - №1. – С. 89 – 94.
7. Архипов А.Е., Носок С.А. Вопросы технологического обеспечения задач профотбора // Адаптивні системи автоматичного управління // Міжвідомчий науково-технічний збірник. - Дніпропетровськ: Системні технології. 2005, №8(28). – С. 67-72.
8. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А. О построении модели компетентности эксперта // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1(42). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 99 – 106.

9. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А. Энтропийный подход к оцениванию согласованности суждений экспертов // Адаптивні системи автоматичного управління // Міжвідомчий науково-технічний збірник. - Дніпропетровськ: Системні технології. 2007, №10(30). – С. 8-14.
10. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А. Особенности обработки данных в тестовых системах контроля знаний // I міжнародна науково-практична конференція “Сучасні проблеми управління”, 30 листопада – 1 грудня, 2001. – Київ: НТУУ”КПІ”, 2001. – С. 295 – 296.
11. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А., Ткаченко Т.П. Применение методов классификации к задачам социологического исследования // II міжнародна науково-практична конференція “Сучасні проблеми управління”, 27 – 28 листопада, 2003. – Київ: НТУУ”КПІ”, 2003, Ч.1. – С. 96 – 97.
12. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А., Коломиец А.А. Модели поведения эксперта и повышение точности экспертных оценок // II міжнародна науково-практична конференція “Сучасні проблеми управління”, 27 – 28 листопада, 2003. – Київ: НТУУ”КПІ”, 2003, Ч.1. – С. 97 – 98.
13. Архипов А.Е., Архипова С.А., Архипова Е.А., Носок С.А. Определение уровня компетентности экспертов по результатам анализа данных экспертного оценивания // III міжнародна науково-практична конференція “Сучасні проблеми управління”, 29 – 30 листопада, 2005. – Київ: НТУУ”КПІ” ФС, 2005. – С. 275 – 276.
14. Архипов А.Е., Архипова С.А., Носок С.А. Технологические аспекты обеспечения системы профессионального отбора // III міжнародна науково-практична конференція “Сучасні проблеми управління”, 29 – 30 листопада, 2005. – Київ: НТУУ”КПІ” ФС, 2005. – С. 276 – 277.
15. Архипов А.Е., Носок С.А. Применение кластерного анализа для структурирования данных экспертного опроса // II Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених “Технології безпеки інформації”, 16 квітня, 2004. – Київ.: НТУУ”КПІ” ФТІ, 2004. – С. 7 – 8.

16. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Экспертные оценки. – М.: Наука, 1973. – 159 с.
17. Бодров В.А. Психология профессиональной пригодности. – М.: ПЕР СЭ, 2001. – 511 с.
18. Володарский Е., Кириченко Е. Метрологическое обеспечение при экспертном оценивании // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. – 2002. - №4. – С.150-153
19. Герасименко В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных. Кн.1. –М.: Энергоатомиздат, 1994. –400с.
20. Гибкие автоматизированные производственные системы // Л.С. Ямпольский, О.М. Калинин, М.М. Ткач и др.; Под. ред. Л.С. Ямпольского. – К.: Техніка, 1985. – 280 с.
21. Гладыш Сергей Организационные и методологические аспекты экспертной оценки информационной безопасности информационно-телекоммуникационных систем // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні, вип.1. – К., 2006. – С. 178-188.
22. Голембо З.Б., Веников Г.В. Системный подход к рассмотрению кибернетических систем. (Часть 1. Методологические аспекты системного подхода к рассмотрению кибернетических систем и некоторые вопросы развития технических средств автоматизированной переработки информации). “Техническая кибернетика” (Итоги науки и техники). – М.: ВИНТИ, 1976. – С. 268-329.
23. Грабовецький Б.Є. Економічне прогнозування і планування. – К.: Центр навчальної літератури, 2003. – 188 с.
24. Гранатуров В.М. Экономический риск. – М.: Изд-во «Дело и сервис», 1999. –112 с.
25. Домарев В.В. Безопасность информационных технологий. К.: ООО «ТИД «ДС», 2001. –688 с.

26. Дубров А.Н., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. –М.: Финансы и статистика, 1998. –352 с.
27. Дубровский С.А. Использование экспертных оценок в задачах предварительной алгоритмизации. Серия 2. Экономика и системы управления. Выпуск 4 (116). –М.: ЦНИИ «Электроника», 1984. –36 с.
28. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах.- СПб: Питер, 1997. – 240 с.
29. Жовинский А.Н., Жовинский В.Н. Инженерный экспресс – анализ случайных процессов. – М.: Энергия. 1979. – 112 с.
30. Згуровський М.З., Коваленко І.І., Міхайленко В.М. Вступ до комп'ютерних технологій. – К.: Видавництво Європейського університету, 2000. – 265 с.
31. Змитрович А.И. Интеллектуальные информационные системы. – Минск: НТООО «ТетраСистемс», 1997. – 368 с.
32. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1984. – 248 с.
33. Информационные технологии управления/ Под ред. Ю.М. Черкасова. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 216 с.
34. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. – Львів: "Новий світ-2000", 2003. –424с.
35. Кендэл М. Ранговые корреляции: Пер. с англ./Пер. Е.М. Четыркина и Р.М. Энтова. – М.: Статистика, 1975. – 216 с.
36. Киричков В.Н. Идентификация объектов систем управления технологическими процесами. – К.: Вища школа, 1990. – 145 с.
37. Китаев Н.Н. Групповые экспертные оценки. – М.: "Знание", 1975. – 64 с.
38. Коваленко И.И., Бидюк П.И., Баклан И.В. Системный анализ и информационные технологии в управлении проектами. – К.: «Экономика и право», 2001. –270 с.
39. Колкот Э. Проверка значимости. – М.: Статистика, 1978. – 128 с.

40. Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.
41. Костюк В.И., Ямпольский Л.С. Гибкие робототехнические системы. Общий подход. – Киев: Выща шк., 1988. – 70, [1] с.
42. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
43. Ларичев О.И., Мошкович Е.Н. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений. – М.: Наука, 1996. – 208 с.
44. Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения анализа. - М.: «Радио и связь», 1982.-182 с.
45. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений.- М.: Патент, 1996. - 271 с.
46. Майоров С.А., Орловский Г.В. Гибкое автоматическое производство 1983. – 376с.
47. Малин А.С., Мухин В.И. Исследование систем управления. – М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2004. – 400 с.
48. Матвієнко В.Я. Прогностика. – К.: Українські пропілеї, 2000. – 484 с.
49. Математическое моделирование // Под ред. Дж. Эндрюса и Р. Мак-Лоуна. – М.: Мир, 1979. – 278 с.
50. Микиша А.М., Орлов В.Б. Толковый математический словарь. Основные термины. –М.: Рус.яз., 1989. –244 с.
51. Моисеев Н.Н. Математик задает вопросы... - М.: Знание, 1974. – 191 с.
52. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 490 с.
53. Мудров В.И., Кушко В.Л. Методы обработки измерений. – М.: Сов. радио, 1976. – 192 с.
54. Носок С.А., Архипов А.Е. СППР для обработки данных экспертного опроса // Міжнародна наукова конференція "Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій", 18 – 21 травня, 2005. – Євпаторія.: ISDMIT' 2005. – 2005, т.2.- С.105-107.

55. Носс И.И. Введение в технологию психодиагностики. – М.: Изд-во Института Психотерапии, 2003. – 215 с.
56. Орлов В.А., Филиппов Л.И. Теория информации в упражнениях и задачах. – М.: Высшая школа, 1976. – 136 с.
57. Осинский О., Чернышев А. Методика формирования профиля защиты информационных технологий // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні.– 2003. – №7. – С. 7-10.
58. Паниотто В.И., Максименко В.С. Количественные методы в социологических исследованиях. Киев: Наукова думка, 1982. – 269 с.
59. Петренко С.А., Петренко А.А. Аудит безопасности Intranet. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 416 с.
60. Петренко С.А., Симонов С.В. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность. М.: Компания Ай Ти; ДМК Пресс, 2004. – 348 с.
61. Плотинский Ю.М. Математическое моделирование динамики социальных процессов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 133 с.
62. Поспелов Г.С., Ириков В.А. Программно-целевое планирование и управление. – М.: Сов. радио, 1976. – 440 с.
63. Применение математических методов в задачах профессионального отбора и распределения кадров//С.В. Венцлав, М.А. Данилов, А.Ф. Богалев и др. – М.: Мин-во обороны СССР, 1987. – 140 с.
64. Райхман Э.П., Азгальдов Г.Г. Экспертные методы в оценке качества товаров. – М.: Экономика, 1974. – 151 с.
65. Симонов С.В. Методология анализа рисков в информационных системах// Конфидент. Защита информации. - № 2. – 2001. – С. 48-53.
66. Свешников А.А. Основы теории ошибок. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1972. – 122 с.
67. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. – М.: Мир, 1980. – 456 с.

68. Синеглазов В.М., Архипов А.Е., Бимбас В.А. Стендовые испытания датчиков пилотажно-навигационных комплексов. – М.: Воздушный транспорт, 1993. – 176 с.
69. Ситник В.Ф., Писаревська Т.А., Єрьоміна Н.В., Красва О.С. Основи інформаційних систем/ За ред. В.Ф. Ситника – К.: КНЕУ, 1997 – 262 с.
70. Смирнов В.С., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. –М.: Наука, 1969. –512 с.
71. Советов Б.Я. Теория информации. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1977. – 184 с.
72. Тарасов Ю.А. Технология оценки персонала службы безопасности // Защита информации. Конфидент, №3(51), март-май 2003. С. 48-51.
73. Титаренко Г.А. Інформаційні технології керування. – М.: Юнити-Дана, 2002. – 280 с.
74. Толстова Ю.Н. Измерение в социологии: Курс лекций. –М.: ИНФРА-М, 1998. –224 с.
75. Теория автоматического управления. Учебник для вузов в 2-х ч. /Под ред. Воронова А.А. – М.: Высшая школа, 1986. – Ч.1. – 367 с.; Ч.2. – 504 с.
76. Толстова Ю.Н. Логика математического анализа социологических данных, Ин-т социолог. – М.: Наука, 1991. – 110 с.
77. Трояновский В.М. Математическое моделирование в менеджменте: Учеб.пособ. – М.: Рус. Деловая лит., 1999. – 232 с.
78. Турчин В.М. Математична статистика. – К.: Видавничий центр “Академія”, 1999. – 240 с.
79. Тюрин Ю.И., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере/ Под ред. В.Э. Фигурнова. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 528 с.
80. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.- О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др. –М.: Финансы и статистика, 1989. –215 с.

81. Хелмер О. Анализ будущего: метод Дельфи. - В кн.: Научно-техническое прогнозирование для промышленности и правительственных учреждений: Пер. с англ./Под ред. Г.М. Доброва. – М.: Прогресс, 1972. – 365 с.
82. Шенброт И.М., Антропов М.В., Давиденко К.Я. Распределенные АСУ технологическими процессами. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 239 с.
83. Шпак В.Ф. Коммерческая тайна и экономическая безопасность бизнеса // Защита информации. Конфидент, №2(50), март-апрель 2003. С. 20-26.
84. Ядов В.А. Социологическое исследование: методология, программа, методы. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1995. – 332 с.
85. Ядов В.А. Стратегия социологического исследования. Описание, объяснение, понимание социальной реальности. – М.: добросвет, 1999. – 596 с.
86. Ямпольский Л.С. Гибкие автоматизированные производственные системы 1985. – 280с.
87. Ямпольский Л.С. Управление дискретными процессами в ГПС. – К.: Техника; Вроцлав: Изд-во политехн. ин-та, 1992. – 256 с.
88. Akaike H. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Autom. Control, vol. AC-19, n° 6, 1974. – 716 – 723 pp.
89. Arhipov O., Arhipova S., Nosok S. Expert evaluation technologies in the information security problem // the fourth international conference “Internet – Education – Science - 2004” (IES-2004), 5 – 9 october, 2004. – Vinnytsia: VNTU, 2004. – 462 – 464 pp.
90. Ben H. Chen. Robust and H control. Springer-Verlag, Berlin, 2000.
91. Zadeh L.A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, n° 1, 1973. – 28 – 44 pp.
92. Clarke D.W., Mohtadi C. Properties of generalized predictive control. Automatica, vol. 25, n° 6, 1989. – 859 – 875 pp.

93. Wang Y.J., Rawlings J.B. A new robust model predictive control method. II: Examples. J. Proc. Cont., n° 14, 2004. – 249 – 262 pp.

ДОДАТКИ