

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Скарга-Бандурова І.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТА) БАКАЛАВРА**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

НА ТЕМУ:

Автоматизована система для моделювання нейромереж

---

---

---

Освітньо-кваліфікаційний рівень “бакалавр”  
Спеціальність 123 – “комп’ютерна інженерія”

Керівник проекту:

\_\_\_\_\_ (підпис)

В. О. Лифар

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Я. О. Критська

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Студент:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Є. В. Діулін

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Група:

КІ - 13аД

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки  
Кафедра Комп'ютерної інженерії  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр  
Напрямок підготовки 6.050102 Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва)  
Спеціальність \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
І.С. Скарга-Бандурова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) БАКАЛАВРА**

Діуліна Євгена Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система проектування нейромереж

керівник проекту (роботи) Лифар Володимир Олексійович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "15" травня 2017 р. № 124/48

2. Термін подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Розробка програмного засобу для побудови нейронних мереж, демонстрація їх можливостей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Провести дослідження аналогічних програмних засобів, виявити їх переваги й недоліки;

Розробити власний програмний засіб, що дозволить будувати нейромережі;  
Розробка рекомендацій по охороні праці та пожежній безпеці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я. А., асистент	22.05.2017	27.05.2017

## 7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту ( роботи )	Примітка
1	Аналіз і обґрунтування необхідності використання нейромереж.	До 22.05.2017	
2	Аналіз технічних вимог на проектування програмного засобу	До 25.06.2017	
3	Складання плану до виконання дипломного проекту	До 26.05.2017	
4	Написання першого розділу	До 28.05.2017	
5	Написання другого розділу	До 30.05.2017	
6	Написання третього розділу	До 01.06.2017	
7	Виконання та оформлення розділу з охорони праці	До 03.06.2017	
8	Написання вступу, висновків	До 05.06.2017	
9	Виправлення зауважень	До 08.06.2017	
10	Підготовка до захисту	До 09.06.2017	
11	Захист дипломного проекту	21.06.2017 (Відповідно до графіку)	

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Є. В. Діулін

(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

В. О. Лифар

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту (роботи) бакалавра: \_\_\_ с.,  
\_\_\_ рис., \_\_\_ табл., \_\_\_ бібліографічних джерел посилань , \_\_\_ додатків.

Об'єкт розробки: Програма NeuroBuilder

Мета роботи: створити програму для побудови і моделювання  
нейромереж.

В проєкті виконано:

- 1 Реалізовані всі класи для побудови нейромережі;
- 2 Побудовано декілька нейромереж;
- 3 Проведено необхідні тести;
- 4 Розроблено оптимізований варіант коду.

Отримано наступні результати:

Практичне значення, галузь застосування роботи: даний програмний  
продукт підходить для дослідницької та наукової діяльності в області  
машинного навчання.

Ключові слова: штучна нейронна мережа, штучний нейрон, машинне  
навчання.

Умови одержання дипломного проекту: СНУ ім. В. Даля, пр.  
Центральний 59-А, м. Северодонецьк, 93400.

## Зміст

РЕФЕРАТ .....	4
СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ.....	6
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ТИПІВ НЕЙРОМЕРЕЖ ТА ПОСТАНОВКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ .....	8
1.1 Типи та класифікація нейромереж .....	8
1.2 Короткий огляд існуючих програм .....	14
2 ВИБОР СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ .....	29
2.1 Inlelij IDEA.....	29
2.2 Microsoft Visual Studio .....	32
3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДУЛІВ .....	33
3.1 Розробка нейронів .....	33
3.2 Загальна побудова нейромереж прямого поширення .....	37
3.3 Розробка вчителя нейромережі. Клас Teacher .....	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	44
ПЕРЕЛІК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....	72
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75
ДОДАТОК А. Клас Summator.....	77
ДОДАТОК Б. Клас Sigmoid.....	78
ДОДАТОК В. Клас Neuron.....	79
ДОДАДОК Г. Клас Net .....	80

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

ШНМ – Штучна Нейронна Мережа

НМ – Нейромережа

ОС – Операційна Система

Синапс – зв'язок між нейронами

Рецептор – вироджений нейрон; нейрон, що не бере участі у обчислювальних операціях, служить лише для розподілу сигналу.

## ВСТУП

Інтелектуальні системи на основі штучних нейронних мереж дозволяють з успіхом вирішувати проблеми розпізнавання образів, виконання прогнозів, оптимізації, асоціативній пам'яті і керування. Традиційні підходи до вирішення цих проблем не завжди дають необхідну гнучкість і багато програм виграють від використання нейромереж. Штучні нейронні мережі (ШНМ) є електронними моделями нейронної структури мозку, який, головним чином, вчиться на досвіді. Природний аналог доводить, що безліч проблем, що не піддаються вирішенню традиційними комп'ютерами, можуть бути ефективно вирішені за допомогою нейромереж.

Тривалий період еволюції додав мозку людини багато якостей, відсутніх у сучасних комп'ютерах з архітектурою фон Неймана. До них відносяться: *розподілене* представлення інформації та паралельні обчислення; *здатність* до навчання і узагальнення; *адаптивність*; *толерантність* до помилок; *низьке* енергоспоживання.

Прилади, побудовані на принципах біологічних нейронів, мають перераховані характеристики, які можна вважати суттєвим досягненням в індустрії обробки даних.

Досягнення в галузі нейрофізіології дають початкове розуміння механізму природного мислення, де збереження інформації відбувається у вигляді складних образів. Процес зберігання інформації як образів, використання образів і вирішення поставленої проблеми визначають нову галузь в обробці даних, яка, не використовуючи традиційного програмування, забезпечує створення паралельних мереж та їх навчання. У лексиконі розробників та користувачів нейромереж присутні слова, відмінні від традиційної обробки даних, зокрема, "вести себе", "реагувати", "самоорганізовуватися", "навчати", "узагальнювати" та "забувати".

# 1 АНАЛІЗ ТИПІВ НЕЙРОМЕРЕЖ ТА ПОСТАНОВКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

## 1.1 Типи та класифікація нейромереж

Штучна нейронна мережа - це набір нейронів, з'єднаних між собою. Як правило, передавальні, активаційні функції всіх нейронів у мережі фіксовані, а ваги є її параметрами і можуть змінюватися. Деякі входи нейронів позначені як зовнішні входи мережі, а деякі виходи - як зовнішні виходи мережі.

Подаючи будь-які числа на входи мережі, ми отримуємо якийсь набір чисел на виходах мережі. Таким чином, робота нейромережі полягає в перетворенні вхідного вектора  $X$  у вихідний вектор  $Y$ , причому це перетворення задається вагами мережі. [Дж. 12]

Існують різні класифікації нейронних мереж в залежності від ознаки. Розглянемо деякі з них.

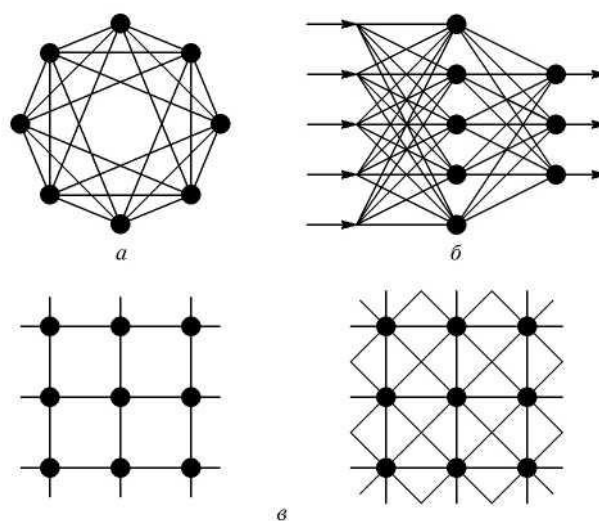


Рисунок 1.1 Архітектури нейронних мереж

Повнозв'язані мережі являють собою ШНМ, кожен нейрон якої передає свій вихідний сигнал іншим нейронам, в тому числі і самому собі (рис. 1.1-а). Всі вхідні сигнали подаються всім нейронам. Вихідними сигналами мережі



можуть бути всі або деякі вихідні сигнали нейронів після кількох тактів функціонування мережі.

У мережах без зворотних зв'язків (прямого поширення) нейрони вхідного шару отримують вхідні сигнали, перетворюють їх і передають нейронам 1-го прихованого шару, далі спрацьовує 1-й прихований шар і т.д. до  $Q$ -того, який видає вихідні сигнали для інтерпретатора і користувача (рис. 1.1-б). Кожен вихідний сигнал  $q$ -того шару подається на вхід всіх нейронів  $(q+1)$ -го шару. Також можливий варіант сполуки  $q$ -того шару з довільним  $q+r$  шаром.

Слабозв'язані мережі (нейронні мережі з локальними зв'язками) представляють собою слоїсті мережі з невеликою кількістю зв'язків (рис 1.1-в) [Дж. 12].

У багатошарових мережах нейрони об'єднуються в шари (рис. 1.1-б). Шар містить сукупність нейронів із загальними вхідними сигналами. Число нейронів в кожному шарі може бути будь-яким і ніяк заздалегідь не пов'язане з кількістю нейронів в інших шарах. У загальному випадку мережа складається з  $Q$  шарів, пронумерованих зліва направо. Зовнішні вхідні сигнали подаються на входи нейронів першого шару (вхідний шар часто нумерують як нульовий), а виходами мережі є вихідні сигнали останнього шару. Вхід нейронної мережі можна розглядати як вихід "нульового шару" вироджених нейронів, які служать лише в якості розподільних точок, підсумовування і перетворення сигналів тут не проводиться. Крім вхідного і вихідного шарів у багатошаровій нейронній мережі є один або кілька проміжних (прихованих) шарів. Зв'язки від виходів нейронів деякого шару  $q$  до входів нейронів наступного шару  $(q + 1)$  називаються послідовними. У свою чергу, серед шаруватих мереж виділяють такі типи як мережі без зворотних зв'язків і мережі зі зворотними зв'язками.

Мережі зі зворотними зв'язками - це мережі, у яких інформація з наступних шарів передається на попередні. Як приклад мереж із зворотними зв'язками можна розглядати так звані частково-рекурентні мережі Елмана (рис. 1.2-а) і Джордана (рис. 1.2-б).

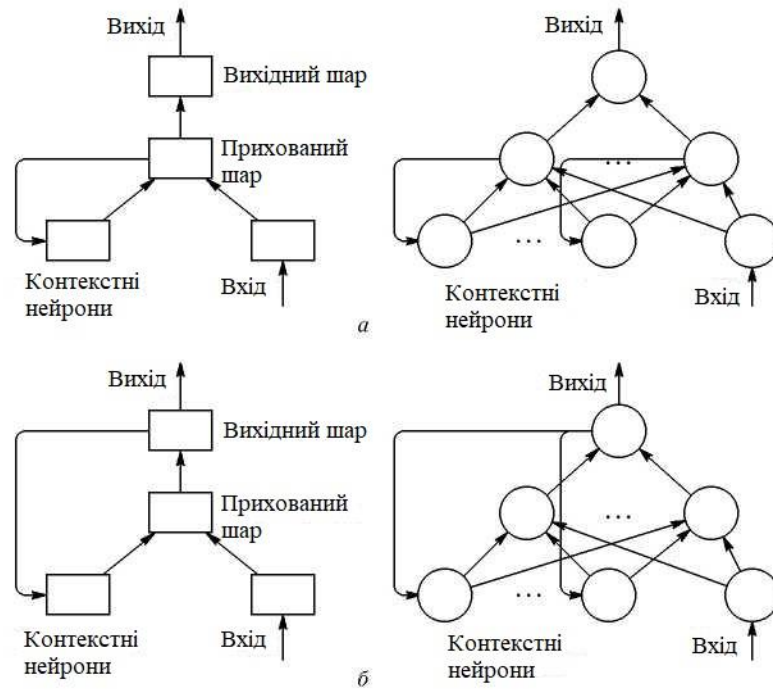


Рисунок 1.2 Частково-рекурентні мережі Елмана (а) та Джордана (б)

Проте класифікація по топології не єдина можлива. Мережі також відрізняються за характером навчання, типу оброблюваної інформації та іншими ознаками (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 Схема класифікації нейронних мереж

### 1.1.1 Класифікація за характером навчання

Навчання з учителем передбачає, що для кожного вхідного вектора існує цільовий вектор, що представляє собою необхідний вихід. Разом вони називаються навчальною парою. Зазвичай мережа навчається на деякому числі таких навчальних пар. Пред'являється вихідний вектор, обчислюється вихід мережі і порівнюється з відповідним цільовим вектором. Далі ваги змінюються відповідно до алгоритму, які прагнуть мінімізувати помилку. Вектори навчальної множини пред'являються послідовно, обчислюються помилки і ваги підлаштовуються для кожного вектора до тих пір, поки помилка по всьому навчальному масиву не досягне прийнятного рівня.

Навчання без вчителя є набагато більш правдоподібною моделлю навчання з точки зору біологічних коренів штучних нейронних мереж. Розвинена Кохоненом і багатьма іншими, вона не потребує цільового вектору для виходів і не вимагає порівняння із зумовленими ідеальними відповідями. Навчальна множина складається лише з вхідних векторів. Навчальний алгоритм підлаштовує ваги мережі так, щоб виходили узгоджені вихідні вектори, тобто щоб пред'явлення досить близьких вхідних векторів давало однакові виходи. Процес навчання виділяє статистичні властивості навчальної множини і групує подібні вектори в класи.

### **1.1.2 Класифікація по налаштуванню ваг**

Мережі з фіксованими зв'язками - це нейронні мережі для яких людина сама задає вагові коефіцієнти. Такий тип нейромереж використовується в тому випадку, якщо заздалегідь відомо якими саме повинні бути ваги. Така мережа гарна тим, що вона не вимагає тривалого навчання, але вона чутлива до помилок користувача.

Мережі з динамічними зв'язками - тип нейронних мереж, вагові коефіцієнти яких здатні підлаштовуватися в процесі навчання і експлуатування. Особливістю даного типу нейромереж є те, що вони здатні пристосуватися до вирішення завдання без допомоги людини, за допомогою спеціальних навчальних алгоритмів.

### **1.1.3 Класифікація за типом вхідної інформації**

За типом вхідної інформації нейронні мережі поділяються на двійкові(логічні) і аналогові. Двійкові нейромережі здатні оперувати лише значеннями логічного нуля і одиниці. Такі мережі виникли раніше аналогових і використовували порогову і подібні до них функції активації, котрі не диференціюються. Дослідження показали, що мережа на таких елементах здатна справлятися з числовими і логічними операціями, однак спектр їхнього використання значно вузьчий ніж у аналогових мереж. [16]

Аналогові нейронні мережі - тип нейронних мереж, що здатні оперувати дійсними числами. Цей тип нейромереж прийшов на зміну двійковим і істотно розширив сферу їх застосування. Відмінною рисою даної нейромережі є те, що в її проміжних нейронах використовується диференційована функція активації, найчастіше відноситься до сімейства сигмоїдальних кривих. Такі функції активації дають можливість нейронам повертати дійсне значення від нуля до одиниці, рідше від мінус одиниці до одиниці. Тепер відповідь нейрона замість логічного несе імовірнісний характер.

#### **1.1.4 Моделі нейронної мережі**

Мережі прямого поширення - всі зв'язки направлені строго від вхідних нейронів до вихідних. До таких мереж відносяться, наприклад, найпростіший перцептрон (розроблений Френком Розенблаттом [16]) і багат шаровий перцептрон.

Рекурентні нейронні мережі - сигнал з вихідних нейронів або нейронів прихованого шару частково передається назад на входи нейронів вхідного шару.

Радіально базисні функції - вид нейронної мережі, що має прихований шар з радіальних елементів і вихідний шар з лінійних елементів. Мережі цього типу досить компактні і швидко навчаються. Запропоновано в роботах Broomhead and Lowe (1988) і Moody and Darkin (1989). Радіально базисна мережа володіє наступними особливостями: один прихований шар, тільки нейрони прихованого шару мають нелінійну активаційну функцію і синаптичні ваги вхідного і прихованого шарів дорівнюють одиниці. Самоорганізуючі карти або мережі Кохонена - клас мереж, що навчається без учителя і успішно застосовується в задачах розпізнавання. Мережі такого класу здатні виявляти новизну у вхідних даних: якщо після навчання мережа зустрінеться з набором даних, несхожим ні на один з відомих зразків, то вона не зможе класифікувати такий набір і тим самим виявить його новизну. Мережа Кохонена має всього два прошарки: вхідний і вихідний, складений з радіальних елементів. [11]

## 1.2 Короткий огляд існуючих програм

### 1.2.1 Java Neural Network Simulator

Java Neural Network Simulator (JavaNNS) - емулятор для штучних нейронних мереж, розроблений в University Of Wilhelm-Schickard-Institute For Computer Science (WSI) в Tübingen, в Німеччині. Він заснований на Stuttgart Neural Network Simulator (SNNS) ядрі 4.2, з новим графічним інтерфейсом користувача. Крім нового інтерфейсу, велика перевага JavaNNS - незалежність від платформи: JavaNNS працює всюди де встановлена Java-машина. Недоліком даного нейропакета є складність з установкою. Незважаючи на наявність Java-машини, програма так і не запустилася на моєму ПК. [1]

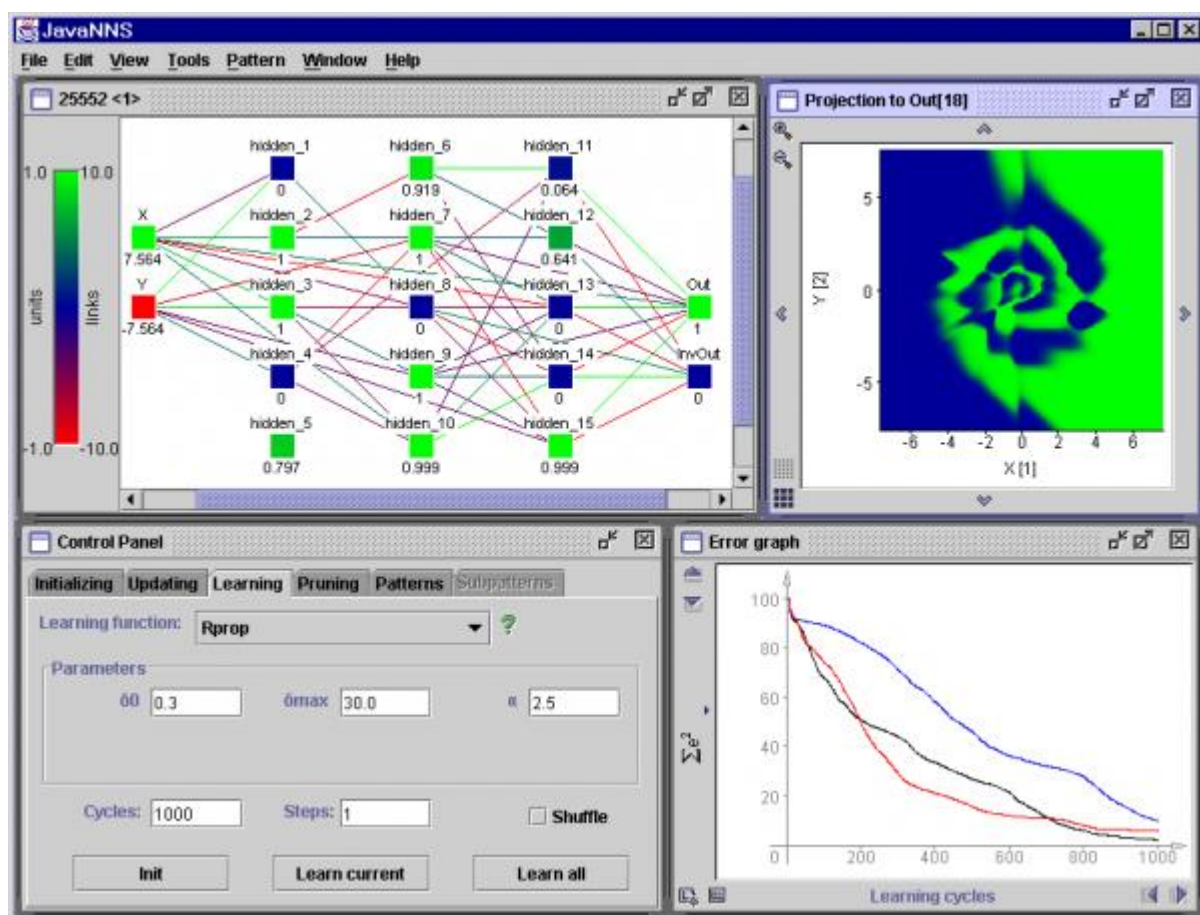


Рисунок 1.4 Зовнішній вигляд програми Java Neural Network Simulator

## 1.2.2 Нейропакет NeuroPro

Вільно розповсюджуваний нейропакет NeuroPro, створений в Інституті обчислювального моделювання СО РАН, призначений для класифікації, прогнозування, вилучення знань із даних за допомогою НМ (рис. 1.5). Навчання ШНМ проводиться із застосуванням одного з декількох методів оптимізації. Середовище дозволяє виробляти тестування НМ, обчислення значущості вхідних сигналів ШНМ, спрощення зв'язків та кількості нейронів.

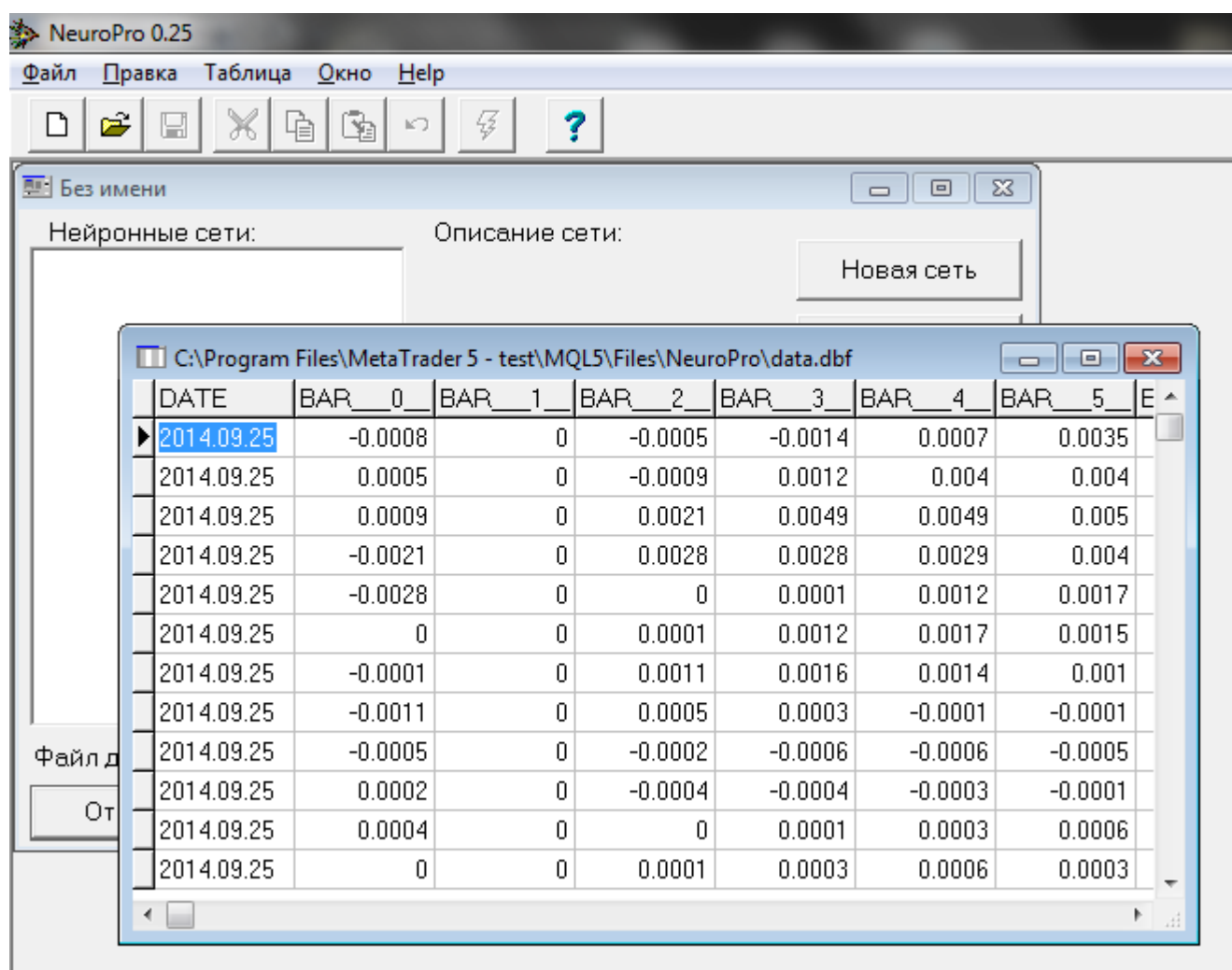


Рисунок 1.5 Нейропакет NeuroPro

### 1.2.2.1 Можливості нейропакета NeuroPro

Пакет NeuroPro володіє широким набором інструментів для побудови, навчання і тестування нейромережі. Також є інструменти для скорочення вже

навченої нейронної мережі, які дозволяли зменшити складність не втративши при цьому корисних властивостей.

Ось перелік основних можливостей NeuroPro:

- Читання, запис, редагування, конвертування файлів даних, представлених в форматах dbf (СУБД dBase, FoxPro, Clipper) і db (СУБД Paradox);
- Створення шаруватих нейронних мереж для вирішення задач прогнозування та класифікації з наступними можливостями і обмеженнями:
  - 1) Число шарів нейронів - до десяти;
  - 2) Число нейронів в шарі - до 100. Число нейронів в шарі може здаватися окремо для кожного шару нейронів;
  - 3) Нейрони з нелінійною функцією  $f(A) = A / (|A| + c)$ , крутизна сигмоїди може здаватися окремо для кожного шару нейронів;
  - 4) Робота з кількісними (безперервними) і якісними (дискретними, від 2 до 20 дискретних станів для ознаки) вхідними ознаками;
  - 5) Рішення задач прогнозування (передбачення значень кількісних вихідних ознак) і класифікації (прогноз станів якісних вихідних ознак);
  - 6) Нейромережа може мати кілька вихідних сигналів (вирішувати одночасно кілька завдань прогнозування і класифікації); для кожного з вихідних сигналів можуть бути встановлені свої вимоги до точності виконання завдання.
- Навчання нейронної мережі із застосуванням одного з наступних методів градієнтної оптимізації (градієнт обчислюється за принципом подвійного функціонування):
  - 1) Метод найшвидшого спуску;
  - 2) Модифікований ParTan-метод;
  - 3) Метод сполучених градієнтів;
  - 4) Квазіньютонівський BFGS-метод.
- Тестування нейронної мережі, отримання статистичної інформації про точність рішення задачі;



- Обчислення і відображення значимості вхідних сигналів мережі, збереження значень показників значущості в файлі на диску;
- Внесення випадкових значень в ваги синапсів мережі;
- Спрощення: скорочення числа вхідних сигналів мережі, числа нейронів, рівномірне проріджування структури синапсів і скорочення їх числа;
- Генерація вербального опису нейронної мережі. Вербальний опис може редагуватися і зберігатися в файлі на диску. [13]

Недоліком цього нейропакета є несумісність з сучасними версіями ОС Windows, останніми ОС, що підтримують дану програму, були Windows 95 і Windows NT.

### 1.2.3 Нейропакет STATISTICA Automated Neural Networks

Нейропакет STATISTICA Automated Neural Networks (далі STATISTICA) від StatSoft є технологічно розвинутим програмним забезпеченням для розробки нейромережних додатків і пропонує широкий набір типів НМ і алгоритмів навчання (рис. 1.7).

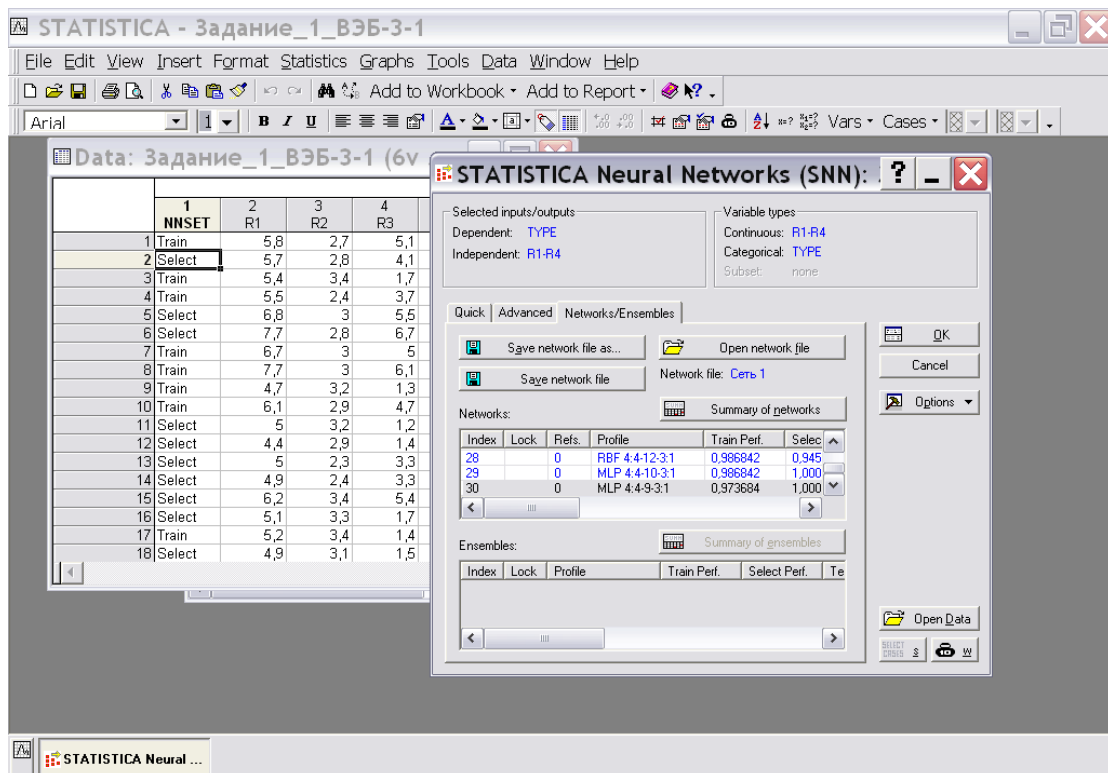


Рисунок 1.6 Нейропакет STATISTICA Automated Neural Networks

Це багате, сучасне, потужне і надзвичайно швидке середовище Аналіз нейромережних моделей.

### 1.2.3.1 Можливості нейропакета STATISTICA

STATISTICA є одним з найбільш передових і найефективніших продуктів на ринку. Він пропонує безліч унікальних переваг. Наприклад, унікальні можливості інструменту автоматичного нейромережного пошуку, Автоматизована нейронна мережа (АНС), дозволяє використовувати систему не тільки експертам по нейронних мереж, але і новачкам в області нейронних мереж.

Переваги використання STATISTICA Automated Neural Networks:

- Пре-і пост-процесування, включаючи вибір даних, кодування номінальних значень, нормалізацію, видалення пропущених даних з інтерпретацією для класифікації, регресію і завдання часових рядів;
- Виняткова простота у використанні плюс неперевершена аналітична потужність; так, наприклад, не має аналогів інструмент автоматичного нейромережного пошуку - автоматизована нейронна мережа проведе користувача через всі етапи створення різних нейронних мереж і вибере найкращу (в іншому випадку це завдання вирішується тривалим шляхом "проб і помилок" і вимагає серйозного знання теорії);
- Найсучасніші, оптимізовані і потужні алгоритми навчання мережі (включаючи методи спряжених градієнтів, алгоритм Левенберга-Марквардта, BFGS, алгоритм Кохонена); повний контроль над усіма параметрами, що впливають на якість мережі, такими як функції активації і помилок, складність мережі;
- Підтримка ансамблів нейромереж і нейромережних архітектур практично необмеженого розміру;
- Багаті графічні і статистичні можливості, які полегшують інтерактивний дослідний аналіз;

- повна інтеграція з системою STATISTICA: всі результати, графіки, звіти і т.д. можуть бути в подальшому модифіковані за допомогою потужних графічних і аналітичних інструментів STATISTICA (наприклад, для проведення аналізу передбачених залишків, створення докладного звіту і т.п.);
- повна інтеграція з потужними автоматичними інструментами STATISTICA; запис повноцінних макросів для будь-яких аналізів;
- вибір найбільш популярних мережевих архітектур, включаючи багатопланові перцептрони, радіальні базисні функції і самоорганізуючі карти ознак;
- Збереження найкращих нейронних мереж;
- Підтримка різного роду статистичного аналізу і побудова прогнозуєть моделей, включаючи регресію, класифікацію, тимчасові ряди з безперервною і категоріальною залежною змінною, кластерний аналіз для зниження розмірності і візуалізації;
- Можливість генерації вихідного коду на мовах C, C ++, C #, Java, PMML (Predictive Model Markup Language), який може бути легко інтегрований в зовнішнє середовище для створення власних додатків.

Недоліки:

- Користувач повинен вміти програмувати, так як кінцевим результатом є саме код на одному з деяких мов програмування;
- Інструментарій досить потужний, однак і ціна за нього велика. Багато користувачів віддадуть перевагу засіб простіше, але дешевше.

#### **1.2.4 GeneHunter**

Пакет GeneHunter є комплексом інструментальних засобів для розробки нейромережних систем і генетичних алгоритмів (рис. 1.7). Можливості GeneHunter варіюються від побудови і навчання нейронної мережі в різних режимах до модифікації її параметрів. Володіє функціями оптимізації процесу

навчання, реалізації методів аналізу вихідних даних за критерієм чутливості до різноманітності вхідних даних. [Дж. 2]

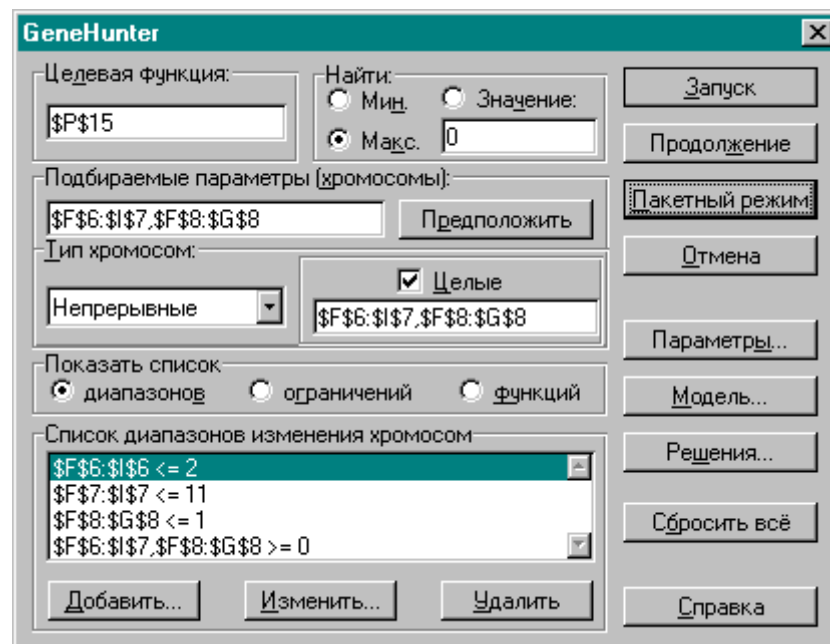


Рисунок 1.7 Вікно додатку GeneHunter

#### 1.2.4.1 Використання додатку GeneHunter для Excel

Для того, щоб створити модель завдання в GeneHunter, необхідно внести дані в робочий лист Excel і визначити параметри рішення задачі у діалоговому вікні GeneHunter.

Діалогове вікно GeneHunter дає можливість вказати осередки на робочому аркуші, які використовуються при вирішенні задачі. Також визначається метод вирішення і створюється список обмежень, які повинні бути дотримані в процесі вирішення.

Вікно "Цільова функція" передає в GeneHunter повідомлення про становище осередку з формулою, за якою визначається, наскільки гарне рішення задачі знайшов GeneHunter. Формула може бути створена за допомогою будь-якої функції Excel, доступною з меню "Вставка", наприклад "СРЗНАЧ". Для створення формул також можна використовувати макроси Excel або функції Excel Visual Basic, які дозволяють вирішувати дуже складні

завдання. Для розрахунку цільової функції можна використовувати нейромережі.

Якщо створюється додаток по оптимізації торгівлі, в якому можливими змінними можуть бути витрати на рекламу, доставку, дослідження попиту і пропозиції, і метою оптимізації є отримання максимального прибутку, то необхідно максимізувати цільову функцію. Або, наприклад, при розробці технології виготовлення мастила, можна прагнути досягти найвищої якості шляхом підбору необхідних пропорцій різних добавок. З іншого боку, метою може бути зниження собівартості будь-якого виробництва. В цьому випадку цільову функцію слід мінімізувати.

Діалогове вікно GeneHunter - хромосоми.

Хромосоми є змінними, значення яких треба підібрати для того, щоб вирішити завдання. Їх значення в кінцевому підсумку визначають величину цільової функції.

GeneHunter використовує два типи хромосом:

- безперервні хромосоми використовуються в тому випадку, коли підбирається параметр може приймати значення з деякої безперервної області, наприклад, значення 1,5 всередині діапазону від 0 до 2. Безперервні хромосоми можуть також бути цілими числами, якщо Ви хочете обмежити простір пошуку;
- лічильні хромосоми використовуються в задачах пошуку оптимальних комбінацій типу вибору маршруту, складання розкладу занять або послідовності процесів і подібних.[14]

Переваги:

- GeneHunter є розширенням Microsoft Excel, а значить знаючи Excel користувачеві простіше навчитися користуватися розширенням;
- багато корисних інструментів;

Недоліки:

- те що GeneHunter є розширенням для Excel має також негативну сторону: якщо користувач не знає Excel, йому буде важко скористатися цим розширенням.
- тут не так багато можливостей для роботи саме з неймережами.

## 1.2.5 MATLAB

MATLAB (скорочення від англ. «Matrix Laboratory», в російській мові вимовляється як Матлаб) - пакет прикладних програм для вирішення задач технічних обчислень і однойменна мова програмування, що використовується в цьому пакеті. Пакет використовують понад мільйон інженерних і наукових працівників, він працює на більшості сучасних операційних систем, включаючи Linux, Mac OS, Solaris (починаючи з версії R2010b підтримка Solaris припинена) і Microsoft Windows.

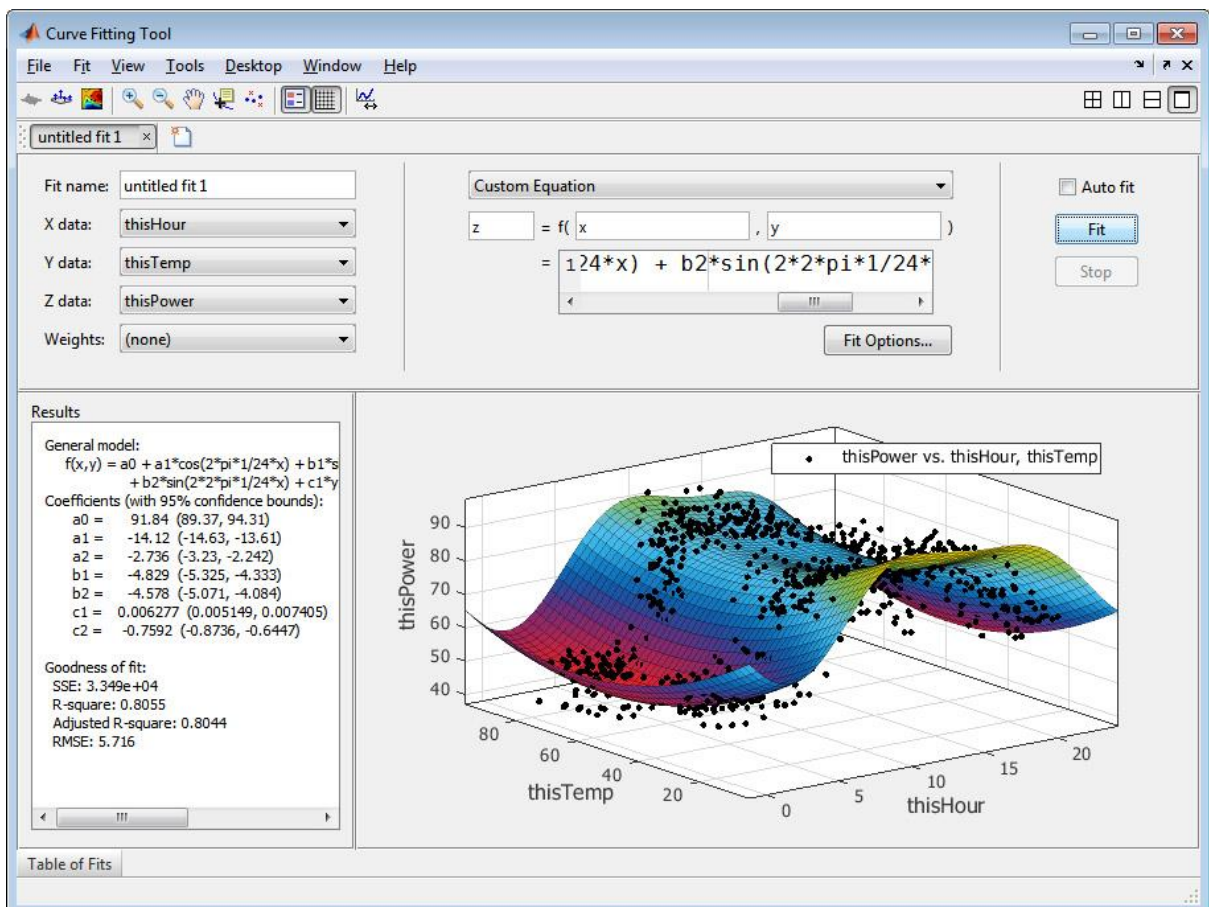


Рисунок 1.8 Зовнішній вигляд MATLAB

### 1.2.5.1 Мова MATLAB

MATLAB - мова програмування високого рівня, що включає основані на матрицях структури даних, широкий спектр функцій, інтегроване середовище розробки, об'єктно-орієнтовані можливості і інтерфейси до програм, написаних на інших мовах програмування.

Програми, написані на MATLAB, бувають двох типів - функції і сценарії. Функції мають вхідні і вихідні аргументи, а також власний робочий простір для зберігання проміжних результатів обчислень і змінних. Сценарії ж використовують загальний робочий простір. Як сценарії, так і функції зберігаються у вигляді текстових файлів і компілюються в машинний код динамічно. Існує також можливість зберігати так звані pre-parsed програми - функції і сценарії, приведені до вигляду, зручного для машинного виконання. У загальному випадку такі програми виконуються швидше звичайних, особливо якщо функція містить команди побудови графіків.

Основною особливістю мови MATLAB є його широкі можливості по роботі з матрицями, які творці мови висловили в гаслі «думай векторно» (англ. Think vectorized).

Застосування:

- математика і обчислення;
- розробка алгоритмів;
- візуалізація даних;
- незалежні додатки;
- зовнішні інтерфейси;

### 1.2.5.2 Набори інструментів

Для MATLAB є можливість створювати спеціальні набори інструментів (англ. Toolbox), що розширюють його функціональність. Набори інструментів являються колекціями функцій, написаних на мові MATLAB для вирішення певного класу задач. Компанія Mathworks поставляє набори інструментів, які

використовуються в багатьох областях. Одним з таких інструментів є MATLAB Neural Network Toolbox, який і дає можливість працювати з нейросетями.

MATLAB Neural Network Toolbox (рис. 1.9) має модульну, відкриту архітектуру. Він включає багатшаровий перцептрон з методом зворотного поширення помилки, рекурентні мережі, нейромережі зі змагальними шарами і самоорганізуючі карти Кохонена, а також можливість ручного створення нейромереж практично будь-якої топології.

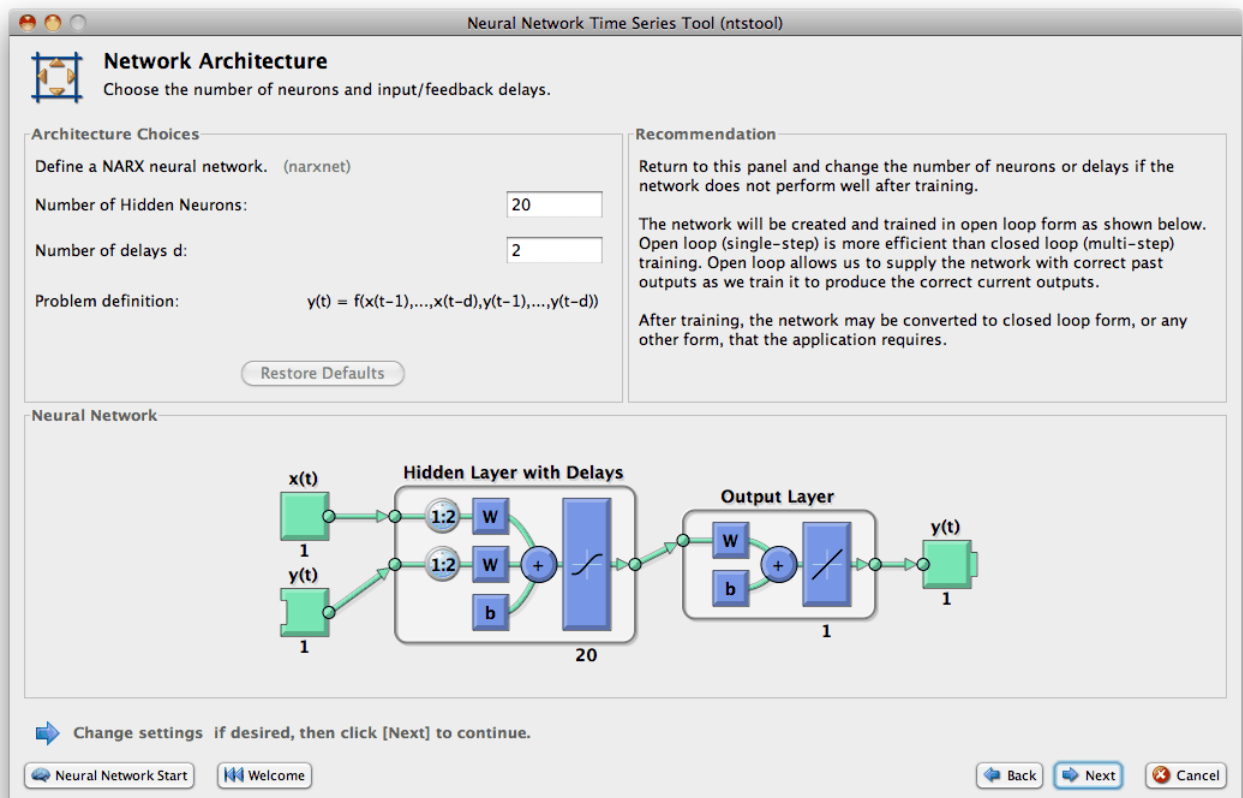


Рисунок 1.9 Інструмент MATLAB Neural Network Toolbox

Також є величезна кількість інструментів, які використовуються в багатьох областях, включаючи наступні:

- Цифрова обробка сигналів, зображень та даних;
- Системи управління;
- Фінансовий аналіз;
- Аналіз і синтез географічних карт, включаючи тривимірні;



- Збір та аналіз експериментальних даних;
- Візуалізація і уявлення даних;
- Засоби розробки;
- Взаємодія з зовнішніми програмними;
- Інструменти роботи з базами даних;
- Наукові та математичні пакети;
- Нечітка логіка;
- Символьні обчислення. [15]

### 1.2.6 Пакет NeuroSolutions

Пакет NeuroSolutions від NeuroDimension Inc. є ПО, що об'єднує модульний і графічний інтерфейс з виконанням процедур навчання. NeuroSolutions призначений для моделювання великого набору ШНМ (рис. 1.10).

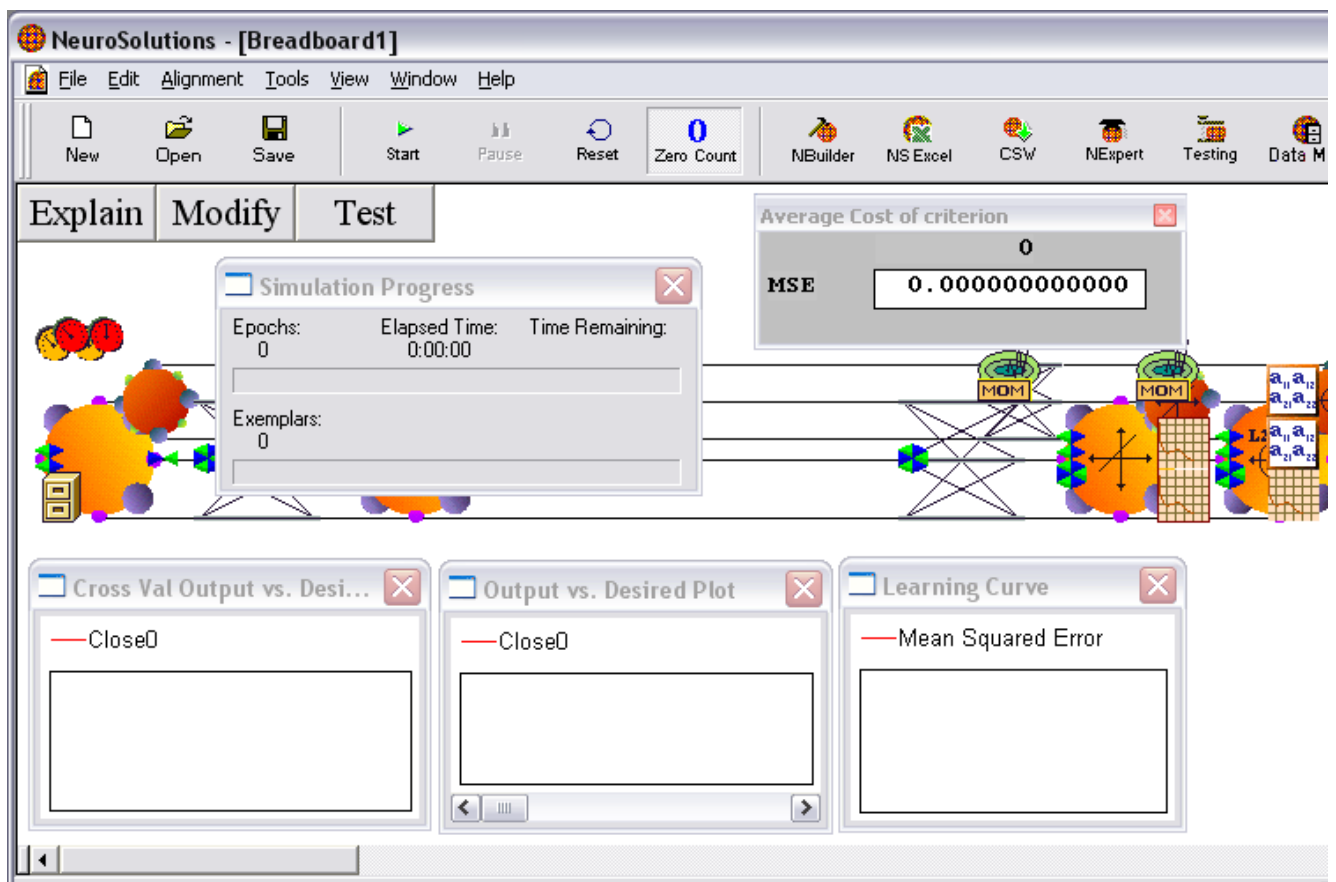


Рисунок 1.10 Пакет NeuroSolutions

Його перевага - гнучкість застосування, так як крім традиційних нейромережних топологій нейропакет включає в себе редактор візуального проектування НС, що дозволяє створювати топології НС і алгоритми їх навчання, а також вводити власні критерії навчання. NeuroSolutions є гнучкою доповнюється, модифікується, відкритою системою, що містить вбудовані макроси для настройки під завдання. [2]

NeuroSolutions є графічним інструментом розробки нейронних мереж для Windows 98/2000 / XP / Vista. Ця програма поєднує у собі модульний і графічний інтерфейс проектування мереж з використанням сучасних навчальних процедур і генетичної оптимізації. Результатом є фактично природне середовище проектування нейронних мереж для дослідження і вирішення проблем реального світу.

У NeuroSolutions можна швидко створити нейромережу, навіть бачачи цю програму в перший раз і мало розбираючись у цьому, що безсумнівно є перевагою програми. [8]

### **1.3 Постановка технічного завдання**

#### **1.3.1 Название разработки**

NeuroBuilder – достатньо скромна назва, але вона відображує ціль існування самої програми.

#### **1.3.2 Призначення**

Призначення даної програми у спрощенні моделювання нейромереж для людей, що не вміють програмувати. Також вона для всіх, хто

#### **1.3.3 Вимоги до функціоналу**

Програма повинна вміти:

- будувати нейромережу;

- навчити та протестувати її;
- зберегти та завантажити її із файлу;
- працювати з навчальною вибіркою: завантажувати, можливо редагувати;

### **1.3.3.1 Особливості проектування**

Через різницю в обробці нейромереж різних типів і через незнання цих аспектів, вимушеною мірою стало обмеження функціональності по наступним пунктам:

- можливості редагувати навчальну вибірку в програмі не буде;
- початок побудови нейромережі буде починатися із завантаження навчальної вибірки, адже неймережа будується для рішення якоїсь конкретної задачі, а не будь-якої;
- на початку розробки єдиною підтримуваною топологією буде шарувата мережа прямого розповсюдження;

### **1.3.4 Вимоги до інтерфейсу**

Для початкової версії достатньо розробити інтерфейс з наступними компонентами:

- меню з пунктами:
  - 1) Файл:
    - а) Створити проект;
    - б) Зберегти.
  - 2) Про програму:
    - а) Розробник.
- StatusBar;

- PictureBox для відображення структури мережі, котрий перехоплює наступні події:

- 1) клік правою кнопкою миші по порожній ділянці викликає контекстне меню з пунктами:
  - а) Почати навчання;
  - б) Тестувати;
  - в) Зберегти;
- 2) клік правою кнопкою миші по нейрону викликає контекстне меню з наступними пунктами:
  - а) Видалити;
  - б) Проглянути стан нейрона;
  - в) Перезавантажити ваги.
- 3) клік правою кнопкою миші по лінії зв'язку викликає меню з наступними пунктами:
  - а) у верхній стрічці буде відображено ваговий коефіцієнт зв'язку;
  - б) Видалити зв'язок.
- 4) клік правою кнопкою миші по шару нейронів виводить меню з наступними пунктами:
  - а) Додати нейронів;
  - б) Додати шар нейронів(зліва);
  - в) Видалити шар.
- 5) при необхідності виникають вертикальна і/чи горизонтальна полоси прокрутки;
- б) клік лівою кнопкою по шару мережі звертає чи розвертає шар.

## 2 ВИБІР СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ

### 2.1 Inlelij IDEA

IntelliJ IDEA — комерційне інтегроване середовище розробки для різних мов програмування (Java, Python, Scala, PHP та ін.) від компанії JetBrains. Система поставляється у вигляді урізаної по функціональності безкоштовної версії «Community Edition» і повнофункціональної комерційної версії «Ultimate Edition», для якої активні розробники відкритих проектів мають можливість отримати безкоштовну ліцензію. Сирцеві тексти Community-версії поширюються в рамках ліцензії Apache 2.0. Двійкові збірки підготовлені для Linux, Mac OS X і Windows.

#### 2.1.1 Історія

Перша версія IntelliJ IDEA з'явилася у січні 2001 року й швидко здобула популярність, як перша Java IDE із широким набором інтегрованих інструментів для рефакторингу, що дозволяла програмістам швидко реорганізувати сирцевий код програм. Дизайн середовища орієнтовано на продуктивність праці програмістів, дозволяючи їм сконцентруватися на розробці функціональності, тоді як IntelliJ IDEA бере на себе виконання рутинних операцій.

Починаючи з шостої версії продукту IntelliJ IDEA надає інтегрований інструментарій для розробки графічного користувацького інтерфейсу.

З версії 9.0 є безкоштовний варіант Community Edition з відкритими кодами. Сирцеві коди відкритої версії IntelliJ IDEA Community Edition поширюються в рамках ліцензії Apache 2.0. Бінарні пакунки підготовлені для Linux, Mac OS X і Windows.

До складу IntelliJ IDEA включені напрацювання, створені в результаті спільної роботи з компанією Google, яка використовувала IntelliJ IDEA як базис

для своєї нового відкритого середовища розробки Android Studio. Завдяки співпраці істотно розширені штатні можливості IntelliJ IDEA з розробки застосунків для платформи Android.

Таблиця 1 - Системні вимоги середовища Intelij IDEA

Версія ОС:	Microsoft Windows XP або вище
	Mac OS X 10.5 або вище
	Linux GNOME або KDE
Оперативна пам'ять:	1 GB ОЗП
Простір на диску:	300 MB на твердому диску + принаймні 1 GB для кешування
Версія JDK:	JDK 1.8 починаючи з 2016.1
Роздільна здатність:	1024×768 мінімальна роздільна здатність

### 2.1.2 Огляд можливостей

Community версія середовища IntelliJ IDEA підтримує інструменти (у вигляді плагінів) для проведення тестування TestNG і JUnit, системи контролю версій CVS, Subversion, Mercurial і Git, засоби складання Maven, Ant, Gradle, мови програмування Java, Scala, Clojure, Groovy і Dart. Підтримується розробка застосунків для мобільної платформи Android. До складу входить модуль візуального проектування GUI-інтерфейсу Swing UI Designer, XML-редактор, редактор регулярних виразів, система перевірки коректності коду, система контролю за виконанням завдань і доповнення для імпорту та експорту проектів з Eclipse. Доступні засоби інтеграції з системами відстеження помилок JIRA, Trac, Redmine, Pivotal Tracker, GitHub, YouTrack, Lighthouse.

Комерційна версія «Ultimate Edition» відрізняється наявністю підтримки додаткових мов програмування (наприклад, PHP, Ruby, Python, JavaScript, CoffeeScript, HTML, CSS, SQL), підтримкою технологій Java EE, UML-діаграм,

підрахунок покриття коду, можливістю роботи з фреймворками (Rails, Grails, Google Web Toolkit, Spring, Play Framework і Hibernate), засобами інтеграції з Perforce[en], Microsoft Team Foundation Server і Rational ClearCase.[9]

### 2.1.3 Мова програмування Java

Java (вимовляється Джава; інколи — Ява) — об'єктно-орієнтована мова програмування, випущена 1995 року компанією «Sun Microsystems» як основний компонент платформи Java. З 2009 року мовою займається компанія «Oracle», яка того року придбала «Sun Microsystems». В офіційній реалізації Java-програми компілюються у байт-код, який при виконанні інтерпретується віртуальною машиною для конкретної платформи.

«Oracle» надає компілятор Java та віртуальну машину Java, які задовольняють специфікації Java Community Process, під ліцензією GNU General Public License.

Мова значно запозичила синтаксис із C і C++. Зокрема, взято за основу об'єктну модель C++, проте її модифіковано. Усунуто можливість появи деяких конфліктних ситуацій, що могли виникнути через помилки програміста та полегшено сам процес розробки об'єктно-орієнтованих програм. Ряд дій, які в C/C++ повинні здійснювати програмісти, доручено віртуальній машині. Передусім Java розроблялась як платформи-незалежна мова, тому вона має менше низькорівневих можливостей для роботи з апаратним забезпеченням, що в порівнянні, наприклад, з C++ зменшує швидкість роботи програм. За необхідності таких дій Java дозволяє викликати підпрограми, написані іншими мовами програмування.[Дж. 18]

У створенні мови програмування Java було чотири початкові цілі:[Дж. 19]

- Синтаксис мови повинен бути «простим, об'єктно-орієнтовним та звичним».
- Реалізація має бути «безвідмовною та безпечною».
- Повинна зберегтися «незалежність від архітектури та переносимість».

- Висока продуктивність виконання
- Мова має бути «інтерпретованою, багатонитевою, із динамічним зв'язуванням модулів».

Мова Java була на початку мною обрана через її зручність і безпечність. Закладені в основу принципи Об'єктно-Орієнтованого Програмування повністю відповідали умовам проекту

## **2.2 Microsoft Visual Studio**

Microsoft Visual Studio — ряд продуктів компанії Microsoft, що включають інтегроване середовище розробки програмного забезпечення і ряд інших інструментальних засобів. Дані продукти дозволяють розробляти як консольні додатки, так і додатки з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології Windows Forms, а також веб-сайти, веб-додатки, веб-служби як в рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ, підтримуваних Windows, Windows Mobile, Windows CE, .NET Framework, Xbox, Windows Phone .NET Compact Framework і Silverlight.

Visual Studio включає в себе редактор вихідного коду з підтримкою технології IntelliSense і можливістю найпростішого рефакторінга коду. Вбудований відладчик може працювати як відладчик рівня вихідного коду, так і відладчик машинного рівня. Решта вбудовуються інструменти включають в себе редактор форм для спрощення створення графічного інтерфейсу додатку, веб-редактор, дизайнер класів і дизайнер схеми бази даних. Visual Studio дозволяє створювати і підключати сторонні додатки (плагіни) для розширення функціональності практично на кожному рівні, включаючи додавання підтримки систем контролю версій вихідного коду (як, наприклад, Subversion і Visual SourceSafe), додавання нових наборів інструментів (наприклад, для редагування і візуального проектування коду на предметно-орієнтованих мовах програмування) або інструментів для інших аспектів процесу розробки програмного забезпечення (наприклад, клієнт Team Explorer для роботи з Team Foundation Server). [Дж. 10]



## 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДУЛІВ

### 3.1 Розробка нейронів

Штучний нейрон (Математичний нейрон Маккалока-Пітса, Формальний нейрон) - вузол штучної нейронної мережі, що є спрощеною моделлю природного нейрона. Математично, штучний нейрон зазвичай представляють як деяку нелінійну функцію від єдиного аргументу - лінійної комбінації всіх вхідних сигналів. Цю функцію називають функцією активації або функцією спрацьовування, передавальною функцією. Отриманий результат посиляється на єдиний вихід. Такі штучні нейрони об'єднують в мережі - з'єднують виходи одних нейронів з входами інших. Штучні нейрони та мережі є основними елементами ідеального нейрокомп'ютеру. [Дж. 17]

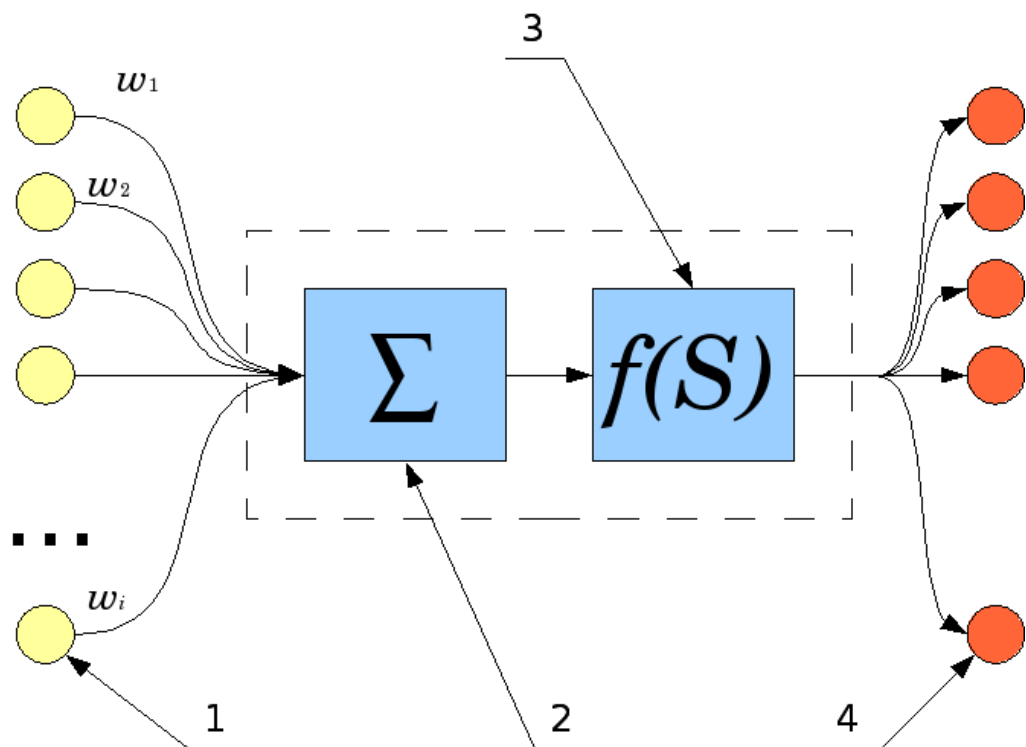


Рисунок 3.1 Модель штучного нейрону: 1 – вхід нейрону з його ваговим коефіцієнтом, 2 – суматор, 3 – функція активації, 4 – з'єднання виходу із входом іншого нейрона

### 3.1.1 Класи нейронів

Базовим класом всіх нейронів є клас NCell (скорочено від NeuroCell). Він реалізує лише ту частину інтерфейсу, котра являється спільною між усіма іншими видами нейронів. Єдине поле класу NCell є поле value типу double, а єдиним методом – функція double getValue(). Цей клас не використовується при моделюванні нейромережі, а тому був оголошений абстрактним.

Рецептори – тип нейронів, що не бере участь у перетворенні отриманих сигналів, служить лише для розподілення сигналу між вихідними нейронами. Групу рецепторів представляє Клас NReceptor – дочірній клас від класу NCell. Його призначення – бути вхідною точкою нейронної мережі. Клас NReceptor не має можливості брати участь у процесі прийняття рішення, однак, завдяки методу void setValue(double arg), він надає доступ для зміни приватного поля value, що необхідно для виконання ним ролі входу нейромережі.

Клас Neuron – дочірній клас класу NCell, котрий вже має можливість впливати на прийняття рішення нейромережі. Для спрощення конструкції класу Neuron було прийняте рішення розбити його функціонал на дві частини – суматор і функцію активації, а сам клас зробити координатором цих частин.

Суматор є об'єктом класу Summator і відповідає за отримання суми входів, корекцію вагових коефіцієнтів і додавання та збереження нових входів. Без нього неможливе навчання та загальне функціонування нейрона. Клас Summator містить у собі масив класу Input, що служить поєднанням посилання на джерело входу і його вагового коефіцієнту. Також Input запам'ятовує останнє прочитане з джерела значення для передбачення його можливої втрати.

Основні методи класу Summator:

- void addInput(NCell dataSource) – додає новий вхід в масив входів, джерелом якого вказується dataSource;
- double getSum() – визначає і повертає суму добутків значень входу з їх ваговими коефіцієнтами, додаючи значення зміщення суми(bias);

- void bprop(double sigma) – корегує вагові коефіцієнти згідно з величиною похибки, значень входів і значення коефіцієнта навчання (cLearning).

Функція активації – частина нейрону, що здійснює перетворення виходу суматора до деякого інтервалу. Основний інтерфейс закладено в класі Converter.

Клас Converter має лише два основних методи:

- double f(double x), що являється саме функцією активації;
- double d(double x), що є похідною першого методу.

Інтерфейс Converter реалізується в таких класах:

- Sigmoid;
- HyperbolicTangent;
- RationalSigmoid;

Sigmoid – клас функцій активації, що повертає дійсне значення в інтервалі

(0; 1). Особливістю всіх сигмоїдальних функцій є те, що вони підсилюють слабкі сигнали більше ніж сильні. Введення функцій сигмоїдального типу було обумовлене обмеженістю нейронних мереж із пороговою функцією активації нейронів - за такої функції активації будь-який із виходів мережі дорівнює або нулю, або одиниці, що обмежує використання мереж не в задачах класифікації. Використання сигмоїдальних функцій дозволило перейти від бінарних виходів нейрона до аналогових. Функції передачі такого типу, як правило, властиві нейронам, що знаходяться у внутрішніх шарах нейронної мережі. [17]

HyperbolicTangent – клас функцій активації, що належить до класу сигмоїдальних функцій та повертає дійсне значення в інтервалі  $(-1; 1)$ . В основі даного класу лежить функція гіперболічного тангенсу. Даний клас не набув широкого використання через велику кількість арифметичних операцій, що негативно впливає на швидкість роботи нейронної мережі.

RationalSigmoid – клас функції активації, що належить до класу сигмоїдальних функцій та повертає дійсне значення в інтервалі  $(-1; 1)$ . Даний клас є альтернативою попередньо розглянутого HyperbolicTangent завдяки зменшеному числу арифметичних операцій як в самій функції, так і в її похідній. Завдяки своїй спрощеності вона набула значної популярності в проектуванні нейромереж.

### 3.1.2 Тестування нейронів

Для перевірки працездатності нейронів була штучно збудована найпростіша нейронна мережа з двох рецепторів і одного нейрону. Далі було створено два двомірних масиви цілих чисел, один з яких котрий був розбитий довільною прямою навпіл на чарунки встановлені в одиницю і чарунки-нулі . Другий масив мав той же розмір, що й перший, і призначався для зберігання останніх відповідей мережі

Експеримент починався з мільйона ітерацій навчання, в ході яких мережа отримувала координати чарунки і відповідала нуль це чи одиниця. Далі визначалася величина похибки і передавалася як правильна відповідь при теперішніх аргументах, після чого нейромережа здійснювала корекцію вагових коефіцієнтів і зміщення суми. Після мільйонної ітерації координати всіх чарунок передавалися послідовно, масив фактичних відповідей мережі оновлювався і потім обидва масиви виводилися у консоль(рис. 3.2 а). Зазвичай на початку навчання відображення масивів зовсім різні, однак якщо в процесі навчання зображення масивів співпадали - це означало, що мережа здатна до

навчання. А здатна до навчання мережа говорила про правильність реалізації її нейронів.

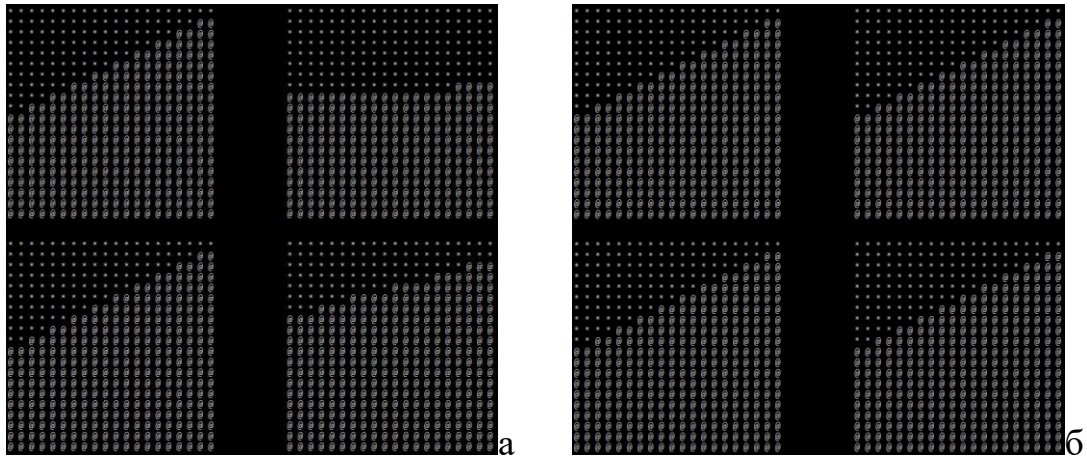


Рисунок 3.2 Нейрон вивчає лінійну функцію: а – початковий етап, б – результат навчання

При виконанні тестування спочатку працювало далеко не все, але після виправлення декількох логічних помилок, нейромережа змогла виявити закономірність у розміщенні одиничних і нульових чарунок(рис. 3.2 б). Тестування пройдено успішно.

### 3.2 Загальна побудова нейромереж прямого поширення

Побудувати просту нейронну мережу вручну – не велика проблема. Однак процес побудови великих нейромереж слід автоматизувати. Виникає необхідність створити клас, що побудує нейромережу прямого поширення і прослідкує за правильністю виконання всіх операцій з нею.

#### 3.2.1 Створення класу Net

Клас Net (від англ. - "мережа") – клас, що об'єднує в собі групу взаємопов'язаних нейронів, які об'єднані в зубчатий масив. Перший ряд цього масиву автоматично створюється з рецепторів, а всі інші зі звичайних нейронів. Через спрощення проектування, останній ряд завжди вважається вихідним.

Якщо спробувати створити мережу лише з одного ряду нейронів, помилка не виникне, однак всі нейрони мережі будуть рецепторами, що означає лише одне – перетворення інформації, як і процес навчання, відбуватися не буде.

Клас Net реалізує наступні методи:

- зручний конструктор, котрий приймає змінне число натуральних чисел: кількість чисел – кількість шарів мережі, а самі числа – кількість нейронів в шарі;
- void setInput(params double[] args) – приймає вхідний вектор і задає вхідні значення відповідно. При невідповідності кількості аргументів і кількості фактичних входів, помилка не виникає: якщо аргументів менше – останні входи стануть рівними нулю, а якщо більше – останні аргументи не будуть розглянуті;
- void decide() – провокує прийняття рішення нейромережею. Вхідний вектор повинен бути визначеним заздалегідь;
- double[] getOutputs() – повертає всі вихідні значення у вигляді масиву;
- void setTrueOuts(params double[] trOuts) – приймає на вхід масив із правильними відповідями для кожного виходу нейромережі і виконує одну ітерацію навчання;
- void broe() – метод, що здійснює поширення величини похибки у зворотньому напрямку.

### 3.2.2 Тестування нейронних мереж створених класом Net

Для тестування класу Net було використано ті ж самі масиви, що й для тестування нейронів. Для початку було створено нейромережу як і в

попередньому тесті – два вхідних нейрони і один вихідний, без прихованого шару. Мережа пройшла тестування відмінно з першої спроби. Для подальшого тестування задачу було ускладнено: замість ділення площини масиву навпіл, трьома прямими було виокремлено трикутну частину. Чарунки, що належали трикутнику, було встановлено рівними одиниці, всі інші прирівняли нулю.

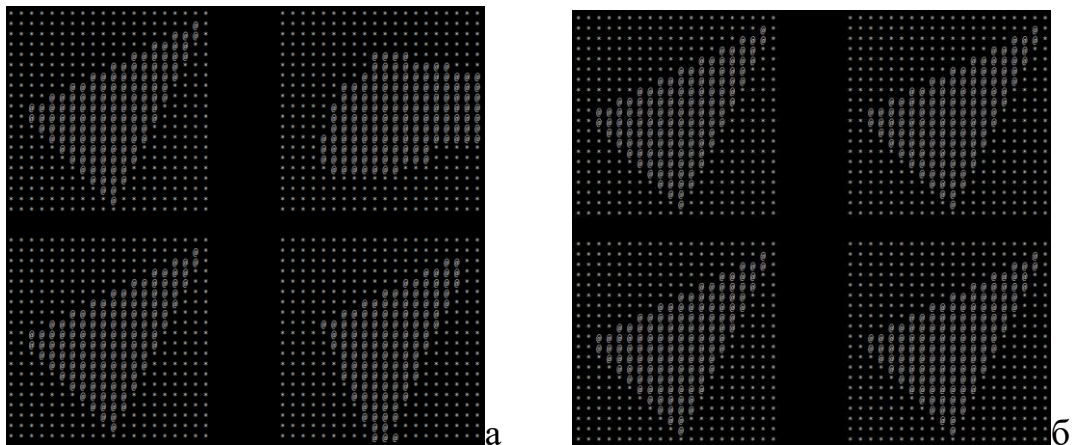


Рисунок 3.3 Проста неймережа вивчає трикутник: а – початковий етап, б – результат навчання

Щоб мережа мала змогу виокремити трикутну ділянку, її конфігурацію було змінено: тепер окрім двох вхідних нейронів і одного вихідного, було додано один проміжний шар з трьох нейронів. Виявилось, що така мережа далеко не завжди здатна виокремити трикутну ділянку. Повторюючи тест декілька разів виявлено, що число успішних завершень тестування складає приблизно двадцять п'ять відсотків від усіх спроб. Змінюючи кількість нейронів проміжного шару було виявлено наступну залежність: при зростанні кількості нейронів до нескінченності, шанс на те, що наступна спроба навчання буде провальною, наближається до нуля. Однак, навіть при дуже великій кількості проміжних нейронів, шанс на провал все ж є. Все ж це не є доказом поганого функціонування мережі. Мережа функціонує добре, просто тепер несуть сильний вплив вроджені здібності неймережі.

Після досить великого числа експериментів з трикутником для ще більшого ускладнення експерименту, форму було змінено на коло (рис 3.4). А точніше на багатокутник, котрий утворився після спроби виокремити і заповнити одиницями форму кола. Враховуючи, що часто декілька нейронів(груп нейронів) починають розпізнавати одну й ту саму групу ознак, було вирішено збільшити їх число у проміжному шарі до сорока восьми. Тестування пройшло успішно, мережа здатна до навчання.

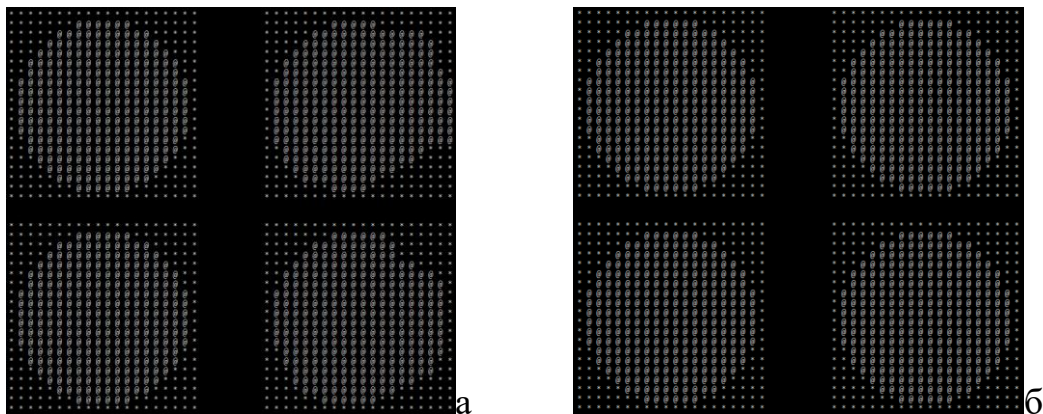


Рисунок 3.4 Процес вивчення складної форми: а – початковий етап, б – кінцевий результат

### 3.3 Розробка вчителя нейромережі. Клас Teacher

Вчитель нейромережі – об'єкт, що включає до свого складу посилання на нейромережу і таблицю навчальної вибірки. Його задача полягає у завантаженні даних файлу та виконанні процедури навчання.

#### 3.3.1 Історія розвитку ідеї

З самого початку була ідея створити зручний редактор таблиці з навчальною вибіркою. Цей редактор повинен був вміти додавати нові рядки та стовпці у таблицю, оперувати не лише дійсними числами, а й логічними і строковими значеннями. До того ж на будь-які суттєві зміни мала реагувати і



сама нейромережа: якщо змінювалося число стовпців – мало змінитися число вхідних, чи вихідних нейронів. Така реалізація вчителя вимагала неабияке вміння у створенні GUI (Graphics User Interface – графічний інтерфейс користувача), однак з цим виникли деякі складнощі.

Через нестачу інформації, саму ідею створення вчителя необхідно було спростити. Нейронна мережа створюється під умови задачі, а отже можна заборонити створення нейромереж без попереднього створення навчальної таблиці. Це дає змогу не робити локальний редактор у першій версії проекту. Данні будуть завантажуватися із текстових файлів.

Для такої реалізації, файл повинен мати наступну конструкцію:

- параметри навчальної пари: число входів, число виходів мережі розділені проміжком;
- навчальні пари (рядки розділені символом переносу, що створені з дійсних чисел розділених проміжком).

Якщо сума входів і виходів вказаних на початку файлу не відповідає кількості дійсних чисел хоча б в одному з рядків – виникає помилка часу виконання "Невідповідність таблиці зазначеним параметрам". Ця помилка має заборонити виникнення об'єкту класу Teacher. Якщо ж с файлом усе гаразд, можна будувати нейромережу.

Однак такий тип навчальної таблиці підходить, нажаль, не для всіх задач. Під час збору інформації по нейромережам, нерідко зустрічалися статті на тему "Як спроектувати нейромережу для гри на бінарних опціонах". Там ставилася задача передбачити зріст чи падіння опціону дивлячись на декілька останніх кроків його графіка. Така таблиця могла буди одномірною, тобто мати вигляд лінійного масиву.

Переваги такої таблиці:

- мережа може містити будь-яке число входів та виходів (переважно один вихід);
- кількість входів виходів можна буде динамічно змінювати під час редагування самої мережі.

Недоліків же, у порівнянні із вибіркою у першому варіанті, не виявлено. Навпаки, такий спосіб подання даних забезпечує більшу гнучкість нейромережі. Однак далеко не завжди можна відмовитися від навчальних пар, часто дані просто неможливо представити у вигляді лінійного масиву.

З розвитком проекту вчитель має навчитися працювати з базами даних. Однак це відбудеться лише напередодні додання нейромереж, що будуть здатні розпізнавати образи на зображеннях, слова в аудіо-файлах тощо.

### **3.3.2 Особливості функціонування класу Teacher**

Отже тепер для початку створення нейромережі, необхідно спочатку мати файл, що буде містити у собі набір навчальних пар (або лінійний масив значень). До завантаження коректного файлу з вибіркою почати створювати нейронну мережу неможливо.

Після завантаження створюється найпростіший варіант нейромережі: якщо вибірка створена з навчальних пар – число входів та виходів задається параметрами пари, якщо ж вибірка представлена лінійним масивом значень – створюється мережа з одного вхідного і одного вихідного нейрону.

Далі нейронна мережа вільно модифікується, навчається, тестується користувачем до отримання задовільних результатів.

### **3.4 Розробка інтерфейсу**

Проект створюється як Windows Application, далі вся дизайнерська робота відбувається у конструкторі вікон(рис. 3.5). З панелі елементів необхідні частини майбутнього інтерфейсу перетягуються на макет головного вікна (клас Form1).

Необхідними компонентами є:

- Меню (клас MenuStrip);
- Стрічка стану (клас StatusStrip);
- Поле для малювання (клас PictureBox);

У меню створюємо пункти "Файл", "Про програму" відповідно до вимог (розділ 1.3.4). Далі створюються функції, що обробляють спрацьовування цих пунктів. Важливо при роботі з кодом не порушити код створений дизайнером. Інакше у дизайнері виникне помилка.

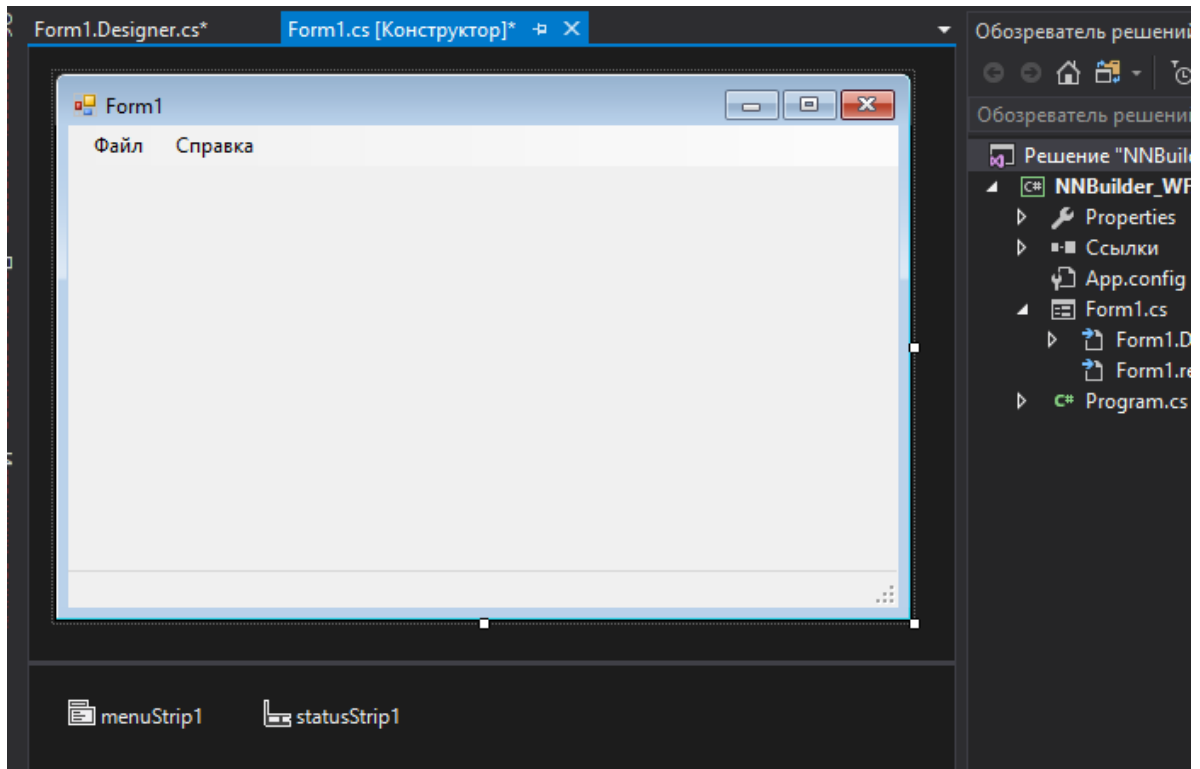


Рисунок 3.5 Головне вікно в конструкторі

Далі слід прив'язати функції, що будуть обробляти події. На панелі властивостей потрібно знайти всі необхідні події та назначити їм функції.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

В даному розділі проведено аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. Розглянуті заходи, які дозволяють забезпечити гігієну праці і виробничу санітарію. На підставі аналізу розроблені заходи з техніки безпеки та рекомендації з пожежної профілактики.

Завданням даного проекту бакалавра було створення засобу для моделювання нейромереж, і як результат була спроектована програма, що дозволяє їх моделювати. Так як в процесі проектування виконувалось у домашніх умовах, то аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників виконується для персонального комп'ютера на якому буде розроблена програма.

### **4.1 Загальні питання з охорони праці**

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. В законі України «Про охорону праці» визначається, що охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

При роботі з обчислювальною технікою змінюються фізичні і хімічні фактори навколишнього середовища: виникає статична електрика, електромагнітне випромінювання, змінюється температура і вологість, рівень вміст кисню і озону в повітрі. Повітря забруднюється шкідливими хімічними

речовинами антропогенного походження за рахунок деструкції полімерних матеріалів, які використовуються для обробки приміщень та обладнання. Неправильна організація робочого місця сприяє загальному і локальній напрузі м'язів шиї, тулуба, верхніх кінцівок, викривлення хребта і розвитку остеохондрозу. На всіх підприємствах, в установах, організаціях повинні створюватися безпечні і нешкідливі умови праці. Забезпечення цих умов покладається на власника або уповноважений ним орган (далі роботодавець). Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Роботодавець повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників. Він не має права вимагати від працівника виконання роботи, поєднаної з явною небезпекою для життя, а також в умовах, що не відповідають законодавству про охорону праці. Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або людей, які його оточують, і навколишнього середовища.

#### **4.1.1 Правові та організаційні основи охорони праці**

Основним організаційним напрямом у здійсненні управління в сфері охорони праці є усвідомлення пріоритету безпеки праці і підвищення соціальної відповідальності держави, і особистої відповідальності працівників.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та

професійним захворюванням. Відповідно до статті 3 Закону України «Про охорону праці» (далі – Закону) законодавство про охорону праці складається з Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів, норм міжнародного договору (ратифіковані Конвенції і Рекомендації МОТ, директиви Європейської Ради).

На законодавчому рівні визначено такі пріоритетні напрямки з безпеки праці:

- кожен працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених Законом, нормами і правилами вимог;
- напрямки реалізації конституційного права громадян на їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності:
- пріоритет життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних – безпечних і здорових умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- комплексне розв'язання завдань охорони праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

- використання економічних методів управління охороною праці, участь держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародної співпраці.

Користувачі персональних комп'ютерів, для яких ця робота є головною, підлягають медичним оглядам: попереднім — під час влаштування на роботу і періодичним — протягом професійної діяльності раз на два роки. Жінок з часу встановлення вагітності та в період годування дитини грудьми до роботи з ПК не допускають.

Обов'язки працівників щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці (ст. 14), відповідальність робітників всіх категорій за порушення вимог щодо охорони праці (ст. 44), та іншими затвердженими власними нормативними актами з питань охорони праці (правилами, нормами, регламентами, положеннями, стандартами, інструкціями та іншими документами, обов'язковими до виконання), тобто тих, що діють на підприємстві/організації.

Наявні трудові відносини між працівниками і роботодавцями в Україні за темою дипломного проекту регулюються Кодексом законів про працю (КЗпП) України, відповідно до якого права працюючої людини на охорону праці охороняються всебічно та норми охорони праці неухильно інтегровані до правил внутрішнього розпорядку організації/підприємства.

#### **4.1.2 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці**

В організації/підприємстві проводиться навчання і перевірка знань з питань охорони праці відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N 231/10511 [5].

Також впроваджені організаційні заходи з пожежної безпеки - навчання і перевірку знань відповідно до вимог Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України, затвердженого наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 29.09.2003 N 368, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 11.12.2003 за N 1148/8469 [6].

Обов'язковими вимогами враховане наступне:

– не слід допускати до роботи осіб, що в установленому порядку не пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони праці, пожежної безпеки та цих Правил.

– на підприємстві/організації, де експлуатуються ЕОМ з відео дисплейними терміналами (ВДТ) і периферійними пристроями (ПП), розробляється інструкція з охорони праці відповідно до Положення про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженого наказом Держнагляддохоронпраці від 29.01.98 N 9, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07.04.98 за N 226/2666 [7].

– ознайомлення з правилами безпеки праці, одержання відповідних інструктажів засвідчується у журналі інструктажів.

– перед допуском до самостійної роботи кожен працівник має право на навчання з питань охорони праці і роботодавець зобов'язаний, і проводить таке навчання у вигляді двох інструктажів з питань охорони праці:

1) вступного, який проводять працівники служби охорони праці об'єкта господарювання з усіма працівниками, яких приймають на роботу незалежно від їхньої освіти та стажу роботи за програмою, в якій подають загальні питання охорони праці із врахуванням її особливостей на об'єкті господарювання;

2) первинного, який проводять керівники структурних підрозділів на місці праці з кожним працівником до початку їхньої роботи на цьому робочому місці.



Проходження працівником цих інструктажів з питань охорони праці підтверджується записами у відповідних журналах обліку інструктажів і скріплюється підписами осіб, які проводили інструктажі та осіб, які отримали інструктажі.

3) Повторний (не рідше одного разу в 6 місяців);

4) Позаплановий (при зміні правил охорони праці);

5) Поточний (проводять з працівниками перед виконанням робіт, на яких оформляється наряд-допуск)

– обов'язкові організаційні заходи перед початком, під час і після завершення роботи повинні включати перевірку (візуально) наявності і справності електрообладнання та його заземлення, а під час виконання роботи вимогу «не залишати без нагляду обладнання, яке працює». Після закінчення роботи – вимагається прибирання робочого місця, відключення всіх електроприладів від електромережі.

Не допускається:

– виконувати обслуговування, ремонт та налагодження ЕОМ з ВДТ і ПП безпосередньо на робочому місці оператора;

– зберігати біля ЕОМ з ВДТ і ПП папір, дискети, інші носії інформації, запасні блоки, деталі тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;

– відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі ЕОМ з ВДТ і ПП або їх технічне налагодження;

– працювати з ВДТ, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо;

– працювати з матричним принтером за відсутності вібраційного килимка та зі знятою (піднятою) верхньою кришкою.

## 4.2 Аналіз стану умов праці

Робота над створенням локальної комп'ютерної мережі проходить в побутовому приміщенні. Для даної роботи достатньо однієї людини, для якої надано робоче місце зі стаціонарним комп'ютером.

### 4.2.1 Вимоги до приміщення

Геометричні розміри приміщення зазначені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – розміри робочого місця

Параметр	Значення
Довжина, м	3
Ширина, м	3
Висота, м	2,5
Площа, м <sup>2</sup>	9
Об'єм, м <sup>3</sup>	22,5

Згідно до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень [7] розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм – не менше 20 куб. м. Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам.

Для зручності спільної роботи з іншими працівниками (обговорення ідей, з'ясування проблем і т.д.) в кімнаті є дивани і журнальний стіл, обставлені живими квітами. Також робочий процес пов'язаний з багатьма документами, теками, журналами для чого приміщення облаштоване принтером і шафою для зручності. Задля дотримання визначеного рівня мікроклімату в будівлі встановлено систему опалення та кондиціонування.

Для забезпечення потрібного рівного освітленості кімната має вікно та систему загального рівномірного освітлення, що встановлена на стелі. Для дотримання вимог пожежної безпеки встановлено порошковий вогнегасник та систему автоматичної пожежної сигналізації.

#### 4.2.2 Вимоги до організації робочого місця

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця нормативним основні вимоги до організації робочого місця [8] (табл. 4.2) і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність.

Таблиця 4.2 – Характеристика робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	750	680 ÷ 800
Висота простору для ніг, мм	730	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	660	не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	700	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	470	400 ÷ 500
Ширина сидіння, мм	400	не менше 400
Глибина сидіння, мм	400	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	600	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	500	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	800	700 ÷ 800

Робочий стіл на досліджуваному місці також містить достатньо простору для ніг. Крісло, що використовується в якості робочого сидіння, є підйомно-поворотним, має підлокітники і можливість регулювання за висотою і кутом нахилу спинки, також воно м'яке і виконане з екологічної шкіри, що дає

можливість працювати у комфорті. Екран монітору знаходиться на відстані 0.8 м, клавіатура має можливість регулювання кута нахилу 5-15°. Отже, за всіма параметрами робоче місце відповідає нормативним вимогам. Приміщення кабінету знаходиться на сьомому поверсі дев'яти поверхової будівлі і має об'єм 37,5 м<sup>3</sup>, площу – 15 м<sup>2</sup>. У цьому кабінеті обладнано одне робоче місце, яке укомплектовано 2 ПК, один з котрих сервер без наявності пристроїв I/O інформації.

Температура в приміщенні протягом року коливається у межах 18–24°C, відносна вологість — близько 50%. Швидкість руху повітря не перевищує 0,2 м/с. Шум в лабораторії знаходиться на рівні 50 дБА. Система вентилявання приміщення — природна, а опалення — централізоване.

Розміщення вікон забезпечує природне освітлення з коефіцієнтом природного освітлення не менше 1,5%, а загальне штучне освітлення, яке здійснюється за допомогою восьми люмінесцентних ламп, забезпечує рівень освітленості не менше 200 Лк.

У кабінеті є електрична мережа з напругою 220 В, яка створює небезпеку ураження електричним струмом. ПК та периферійні пристрої можуть бути джерелами електромагнітних випромінювань, аерозолів та шкідливих речовин (часток тонеру, оксидів нітрогену та озону).

За ступенем пожежної безпеки приміщення належить до категорії В. Кабінет оснащений переносним вуглекислотним вогнегасником ВВК-5 .

Наявна аптечка для надання долікарської допомоги, а також у кабінеті роблять вологе прибирання та щоденно провітрюють приміщення.

#### **4.2.3 Навантаження та напруженість процесу праці**

За фізичним навантаженням робота відноситься до категорії легкі роботи (Ia), її виконують сидячи з періодичним ходінням. Щодо характеру організування виконання дипломної роботи, то він підпадає під нав'язаний

режим, оскільки певні розділи роботи необхідно виконати у встановлені конкретні терміни. За ступенем нервово-психічної напруги виконання роботи можна віднести до II – III ступеня і кваліфікувати як помірно напружений – напружений за умови успішного виконання поставлених завдань.

Під час виконання робіт використовують ПК та периферійні пристрої (лазерні та струменеві), що призводить до навантаження на окремі системи організму. Такі перекося у напруженні різних систем організму, що трапляються під час роботи з ПК, зокрема, значна напруженість зорового аналізатора і довготривале малорухоме положення перед екраном, не тільки не зменшують загального напруження, а навпаки, призводять до його посилення і появи стресових реакцій.

Найбільшому ризику виникнення різноманітних порушень піддаються: органи зору, м'язово скелетна система, нервово-психічна діяльність, репродуктивна функція у жінок.

Тобто наявне психофізіологічні небезпечні та шкідливі фактори:

а) фізичного перевантаження:

- статичного;
- динамічного;

б) нервово-психічного перевантаження:

- розумового перенапруження;
- монотонності праці;
- перенапруження аналізаторів;
- емоційних перевантажень.

Рекомендовано застосування екранних фільтрів, локальних світлофільтрів (засобів індивідуального захисту очей) та інших засобів захисту, а також інші профілактичні заходи [8].

Роботу за дипломним проектом визнано, таку, що займає 50% часу робочого дня та за восьмигодинної робочої зміни рекомендовано встановити додаткові регламентовані перерви тривалістю 15 хв через кожну годину роботи;

### 4.3 Виробнича санітарія

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо.

#### 4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при розробці виробу

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.3). Роботу, пов'язану з ЕОП з ВДТ, у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ЕОМ з ВДТ і ПП, виконують із забезпеченням виконання , які встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць, до роботи із застосуванням ЕОМ з ВДТ і ПП. Переважно роботи за проектами виконують у кабінетах чи інших приміщеннях, де використовують різноманітне електрообладнання, зокрема персональні комп'ютери (ПК) та периферійні пристрої. Основними робочими характеристиками персонального комп'ютера є:

- робоча напруга  $U = +220\text{В} \pm 5\%$ ;
- робочий струм  $I = 2\text{А}$ ;
- споживана потужність  $P = 600\text{ Вт}$ .

Таблиця 4.3 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Нормативні документи
Фізичні		
- підвищена температура поверхонь обладнання	експлуатація ЕОМ, серверного обладнання для роботи	[7]

- підвищена або знижена вологість повітря	-//-	[7]
- підвищена або знижена рухливість повітря	-//-	[7]
- підвищений рівень напруги електричної мережі	-//-	[10] [12]
- підвищений рівень статичної електрики	-//-	[10]
- підвищена напруженість електромагнітного поля	-//-	[9]
- недостатність природного світла	порушення умов праці (вимог до приміщень)	[9]
- недостатнє освітлення робочої зони	порушення гігієнічних параметрів виробничого середовища	[10]
Психофізіологічні		
-нервово-психічна перевантаження	Розумова робота над проектом	[2] [8]
- фізичні (статичне – сидіння)	порушення умов праці та організації робочого часу	[2]

Робочі місця мають відповідати вимогам Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 [8]. За умов роботи з ПК виникають наступні небезпечні та шкідливі чинники: несприятливі мікрокліматичні умови, освітлення, електромагнітні випромінювання, забруднення повітря шкідливими речовинами (джерелом, яких можуть бути: принтер, сканер та інші джерела виділення багатьох хімічних речовин - напр., озону, оксидів азоту та аерозолів високодисперсних частинок тонера), шум, вібрація, електричний струм, електростатичне поле, напруженість трудового процесу та інше.

### 4.3.2 Пожежна безпека

Небезпека розвитку пожежі на обчислювальному центрі обумовлюється застосуванням розгалужених систем електроживлення ЕОМ, вентиляції і кондиціонування. Небезпека загоряння пов'язана з особливістю комп'ютерів – із значною кількістю щільно розташованих на монтажній платі і блоках електронних вузлів і схем, електричних і комутаційних кабелів, резисторів, конденсаторів, напівпровідникових діодів і транзисторів. Надійна робота окремих елементів і мікросхем в цілому забезпечується тільки в певних інтервалах температури, вологості і при заданих електричних параметрах. При відхиленні реальних умов експлуатації від розрахункових можуть виникнути пожежонебезпечні ситуації.

Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів ( $80...100^{\circ}\text{C}$ ). При проходженні електричного струму по провідниках і деталей виділяється тепло, що в умовах їх високої щільності може привести до перегріву, і може служити причиною запалювання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів дії температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання між струмоведучими частинами обладнання (шини, електроди). Також ймовірна небезпека внаслідок перевантаження напруги, розрядки зарядів статичної електрики, пошкодження обладнання та електропроводки. Електростатичний розряд виникає під час тертя двох ізольованих матеріалів. Розряд статичної електрики може виникнути під час роботи вентилятора або комп'ютера. Кабельні лінії є найбільш пожежонебезпечними місцем. Наявність пального ізоляційного матеріалу, ймовірних джерел запалювання у вигляді електричних іскор і дуг, розгалуженість і недоступність роблять кабельні лінії місцем найбільш ймовірного виникнення і розвитку пожежі. Для зниження займистості і здатності поширювати полум'я кабелі покривають вогнезахисними покриттями.



Для гасіння пожеж в офісному приміщенні пропонується використовувати порошкові або вуглекислотні вогнегасники, так як вони є універсальними.

Виникнення пожежі можливе, якщо на об'єкті є горючі речовини, окиснювач і джерела запалювання. Вірогідність пожежної небезпеки приймається значною, якщо ймовірна взаємодія цих трьох чинників. Горючими компонентами є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, підлоги, двері, ізоляція силових, сигнальних кабелів і т.д.

Горючими матеріалами в приміщенні, де розташовані ЕОМ, є:

- 1) поліамід – матеріал корпусу мікросхем, горюча речовина, температура самозаймання  $420^{\circ}\text{C}$ ,
- 2) полівінілхлорид – ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання  $335^{\circ}\text{C}$ , температура самозаймання  $530^{\circ}\text{C}$ ,
- 3) склотекстоліт ДЦ – матеріал друкарських плат, важкогорючий матеріал, показник горючості 1.74, не схильний до температурного самозаймання,
- 4) пластикат кабельний – матеріал ізоляції кабелів, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1,
- 5) деревина – будівельний і обробний матеріал, з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, температура запалювання  $255^{\circ}\text{C}$ , температура самозаймання  $399^{\circ}\text{C}$ .

Для відводу теплоти від ЕОМ діє потужна система кондиціонування. Тому кисень, як окиснювач процесів горіння, є в будь-якій точці приміщень обчислювального центру.

Простори усередині приміщень в межах, яких можуть утворюватися або знаходиться пожежонебезпечні речовини і матеріали відповідно до [14] відносяться до пожежонебезпечної зони класу П-ІІа. Це обумовлено тим, що в приміщенні знаходяться тверді горючі та важкозаймісті речовини та матеріали. Приміщенню, у якому розташоване робоче місце, присвоюється ІІ ступень вогнестійкості.

Потенційними джерелами запалювання можуть бути:

- іскри і дуги короткого замикання;
- електрична іскра при замиканні і розмиканні ланцюгів;
- перегріву від тривалого перевантаження,
- відкритий вогонь і продукти горіння,
- наявність речовин, нагрітих вище за температуру самозаймання,
- розрядна статична електрика.

Причинами можливого загоряння і пожежі можуть бути:

- несправність електроустановки;
- конструктивні недоліки устаткування;
- коротке замикання в електричних мережах;
- запалювання горючих матеріалів, що знаходяться в безпосередній близькості від електроустановки.

Продуктами згорання, що виділяються на пожежі, є: окис вуглецю; сірчистий газ; окис азоту; синильна кислота; акромін; фосген; хлор і ін. При горінні пластмас, окрім звичних продуктів згорання, виділяються різні продукти термічного розкладання: хлорангідридні кислоти, формальдегіди, хлористий водень, синильна кислота, аміак, ацетон та ін.

### **4.3.3 Електробезпека**

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три- провідна мережа, шляхом прокладання

фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

#### **4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища**

##### **4.4.1 Мікроклімат**

Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючої на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. В даному приміщенні проводяться роботи, що виконуються сидячи і не потребують динамічного фізичного напруження, то для нього відповідає категорія робіт Іа. Отже оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають нормам [7] і наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С°	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-І а	22 - 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-І а	23 - 25	40 – 60	0,1

Дане приміщення обладнане системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщенні на робочому

місці забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до [7]. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати [7]. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні проводяться перерви в роботі співробітників, з метою його провітрювання. Існують спеціальні системи кондиціонування, які забезпечують підтримання в приміщенні балансу оптимальних параметрів мікроклімату.

Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів на зміну (на початку, середині, в кінці).

#### **4.4.2 Освітлення**

Світло є природною умовою існування людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі. Хороше освітлення діє тонізуюче, створює гарний настрій, покращує протікання основних процесів вищої нервової діяльності.

Збільшення освітленості сприяє поліпшенню працездатності навіть в тих випадках, коли процес праці практично не залежить від зорового сприйняття.

При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, виникає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Освітленість приміщення має велике значення при роботі на ПЕОМ. Вона багато в чому визначається колірною і мережевий обстановкою. Для зменшеного поглинання світла стеля і стіни вище панелей (1,5 – 1,7 м.). Якщо вони не облицьовані звукопоглинальним матеріалом, фарбуються білою водоемульсійною фарбою (коефіцієнт відбиття повинен бути не менше 0,7).

Для забарвлення стіни панелей рекомендується віддавати перевагу світлим фарбам.

Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працівника на ПЕОМ.

Робота на ПЕОМ може здійснюватися за таких видах освітлення:

- загальному штучному освітленні, коли відео монітори розташовуються по периметру приміщення або при центральному розташуванні робочих місць у два ряди по довжині кімнати з екранами, звернені в протилежні сторони;

- суміщене освітлення (природне + штучне) тільки при одному і трьох рядном розташуванні робочих місць, коли екран і поверхню робочого столу знаходяться перпендикулярно світла несучій стіні. При цьому штучне освітлення буде виконане стельовими або підвісними люмінесцентними світильниками, рівномірно розміщеними по стелі рядами паралельно світловим прорізам так, щоб екран відео монітора знаходився в зоні захисного кута світильника, і його проекції не доводилися на екран. Працюючі на ПЕОМ не повинні бачити відображення світильників на екрані. Застосовувати місцеве освітлення при роботі на ПЕОМ не рекомендується.

Природне освітлення, коли робочі місця з ПЕОМ розташовуються в один ряд по довжині приміщення на відстані 0,8 – 1,0 м від стіни з віконними прорізами, і екрани знаходяться перпендикулярно цієї стіни. Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працює на ПЕОМ. Оптимальна відстань очей до екрана відео монітора повинна становити 60-70 см, допустиме не менше 50 см. Розглядати інформацію ближче 50 см не рекомендується.

У проєкті, що розробляється, передбачається використовувати суміщене освітлення. У світлий час доби використовуватиметься природне освітлення приміщення через віконні отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення. Штучне освітлення створюється газорозрядними лампами.

Штучне освітлення в робочому приміщенні передбачається здійснювати з використанням люмінесцентних джерел світла в світильниках загального

освітлення, оскільки люмінесцентні лампи мають високу потужність (80 Вт), тривалий термін служби (до 10000 годин), спектральний складом випромінюваного світла, близький до сонячного. При експлуатації ЕОМ виконується зорова робота IV в розряду точності (середня точність). При цьому нормована освітленість на робочому місці (Ен) рівна 200 лк. Джерелом природного освітлення є сонячне світло.

У приміщенні, де розташовані ЕОМ передбачається природне бічне освітлення, рівень якого відповідає ДБН В.2.5-28:2015. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. Регулярно повинен проводитися контроль освітленості, який підтверджує, що рівень освітленості задовольняє ДБН і для даного приміщення в світлий час доби достатньо природного освітлення.

#### Розрахунок освітлення

Для виробничих та адміністративних приміщень світловий коефіцієнт приймається не менше  $1/8$ , в побутових –  $1/10$ :

$$S_b = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{10} \right) \times S_n. \quad (4.1)$$

де  $S_b$  – площа віконних прорізів,  $m^2$ ;

$S_n$  – площа підлоги,  $m^2$ .

$$S_n = a \cdot b = 3 \cdot 3 = 9 \text{ м}^2,$$

$$S = 1/10 \cdot 9 = 0,9 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 1 вікно площею  $S=0,9 \text{ м}^2$ .

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 5 м, ширина 5 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типа ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 3200 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для

створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників  $n$  виробляється по формулі (4.2):

$$n = \frac{E \times S \times Z \times K}{F \times U \times M}, \quad (4.2)$$

де  $E$  – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

$S$  – освітлювана площа,  $m^2$ ;  $S = 9 m^2$ ;

$Z$  – поправочний коефіцієнт світильника (1,1 для люмінесцентних ламп);

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

$U$  – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

$M$  – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

$F$  – світловий потік лампи – 3200лм (для ЛБ-40-2).

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \times 9 \times 1.1 \times 1.5}{3200 \times 0.575 \times 2} = 1,2$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 2-х світильників, які складаються з 2-х люмінесцентних ламп загальною потужністю 40 Вт, напругою – 220 В.

### 4.4.3 Вентилювання

У приміщенні, де знаходяться ЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, що визначається в СНіП.

Також має здійснюватися провітрювання приміщення, в залежності від погодних умов, тривалість повинна бути не менше 10 хв. Найкращий обмін повітря здійснюється при наскрізному провітрюванні.



#### **4.5 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій**

Відповідно до санітарно-гігієнічних нормативів та правил експлуатації обладнання наводимо приклади деяких заходів безпеки.

1) Заходи безпеки під час експлуатації персонального комп'ютера та периферійних пристроїв передбачають:

- правильне організування місця праці та дотримання оптимальних режимів праці та відпочинку під час роботи з ПК;

- експлуатацію сертифікованого обладнання;

- дотримання заходів електробезпеки;

- забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату;

- забезпечення раціонального освітлення місця праці (освітленість робочого місця не перевищувала  $2/3$  нормальної освітленості приміщення);

- облаштування приміщення для роботи з ПК, потрібно передбачити припливно-витяжну вентиляцію або кондиціювання повітря:

- а) якщо об'єм приміщення  $20 \text{ м}^3$ , то потрібно подати не менш як  $30 \text{ м}^3/\text{год}$  повітря;

- б) якщо об'єм приміщення у межах від  $20$  до  $40 \text{ м}^3$ , то потрібно подати не менш як  $20 \text{ м}^3/\text{год}$  повітря;

- в) якщо об'єм приміщення становить понад  $40 \text{ м}^3$ , допускається природна вентиляція, у випадку, коли немає виділення шкідливих речовин.

- зниження рівня шуму та вібрації:

- а) у джерелі виникнення, шляхом застосування раціональних конструкцій, нових матеріалів і технологічних процесів;

- б) звукоізолювання устаткування за допомогою глушників, резонаторів, кожухів, захисних конструкцій, оздоблення стін, стелі, підлоги тощо;

- в) використання засобів індивідуального захисту).

2) Заходи безпеки під час експлуатації інших електричних приладів передбачають дотримання таких правил:

- постійно стежити за справним станом електромережі, розподільних щитків, вимикачів, штепсельних розеток, лампових патронів, а також мережевих кабелів живлення, за допомогою яких електроприлади під'єднують до електромережі;

- постійно стежити за справністю ізоляції електромережі та мережевих кабелів, не допускаючи їхньої експлуатації з пошкодженою ізоляцією;

- не тягнути за мережевий кабель, щоб витягти вилку з розетки;

- не закривати меблями, різноманітним інвентарем вимикачі, штепсельні розетки;

- не підключати одночасно декілька потужних електропристроїв до однієї розетки, що може викликати надмірне нагрівання провідників, руйнування їхньої ізоляції, розплавлення і загоряння полімерних матеріалів;

- не залишати включені електроприлади без нагляду;

- не допускати потрапляння всередину електроприладів крізь вентиляційні отвори рідин або металевих предметів, а також не закривати їх та підтримувати в належній чистоті, щоб уникнути перегрівання та займання приладу;

- не ставити на електроприлади матеріали, які можуть під дією теплоти, що виділяється, загорітися (канцелярські товари, сувенірну продукцію тощо).

Від ураження струмом застосовують різні електричні захисні засоби:

а) Ізолюючі – ізолюють людини від струмоведучих або заземлених частин, а так-же від землі. Вони діляться на основні та додаткові.

б) Основні – володіють ізоляцією, здатної довго витримувати робоче напругу електроустановки і тому ними дозволяється стосуватися струмоведучих частин, знаходячи-трудящих під напругою.

в) Запобіжні – володіють ізоляцією нездатною витримати робоча напруга електроустановки, і тому вони не можуть самостійно захищати людину

від ураження струмом під цим напругою. Їх значення - посилити захисні дії основних і ізолюючих засобів, разом з якими вони повинні застосовуватися, при чому при використанні основних захисних засобів достатньо застосування одного запобіжного захисного засобу.

#### 4.5.1 Розрахунок захисного заземлення

Згідно з класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом № [4], приміщення в якому проводяться всі роботи відноситься до першого класу (без підвищеної небезпеки). Під час роботи використовуються електроустановки з напругою живлення 36 В, 220 В, та 360 В. Опір контуру заземлення повинен мати не більше 4 Ом.

Розрахунок проводять за допомогою методу коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання групового заземлювача  $\eta$  – це відношення діючої провідності цього заземлювача до найбільш можливої його провідності за нескінченно великих відстаней між його електродами. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів  $\eta_v$  в залежності від розміщення заземлювачів та їх кількості знаходиться в межах 0,4...0,99. Взаємну екрануючу дію горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги) враховують за допомогою коефіцієнта використання горизонтального заземлювача  $\eta_c$ .

Послідовність розрахунку:

1) Визначається необхідний опір штучних заземлювачів  $R_{шт.з.}$ :

$$R_{шт.з.} = \frac{R_{\text{д}} \cdot R_{\text{пр.з.}}}{R_{\text{пр.з.}} - R_{\text{д}}}, \quad (4.3)$$

де  $R_{\text{пр.з.}}$  – опір природних заземлювачів;  $R_{\text{д}}$  – допустимий опір заземлення. Якщо природні заземлювачі відсутні, то  $R_{шт.з.} = R_{\text{д}}$ .

Підставивши числові значення у формулу (4.3), отримуємо:

$$R_{\text{шт.з.}} = \frac{4 \cdot 40}{40 - 4} \approx 4 \text{ Ом}$$

2) Опір заземлення в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту  $\rho$ , Ом·м. Приблизне значення питомого опору глини приймаємо  $\rho = 40$  Ом·м (табличне значення).

3) Розрахунковий питомий опір ґрунту,  $\rho_{\text{розр.}}$ , Ом·м, визначається відповідно для вертикальних заземлювачів  $\rho_{\text{розр.в}}$ , і горизонтальних  $\rho_{\text{розр.г}}$ , Ом·м за формулою:

$$\rho_{\text{розр.}} = \psi \cdot \rho \quad (4.4)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів і кліматичної зони з нормальною вологістю землі, приймається для вертикальних заземлювачів  $\rho_{\text{розр.в}} = 1,7$  і горизонтальних  $\rho_{\text{розр.г}} = 5,5$  Ом·м.

4) Розраховується опір розтікання струму вертикального заземлювача  $R_{\text{в}}$ , Ом, за (4.).

$$(4.5)$$

де  $l_{\text{в}}$  – довжина вертикального заземлювача (для труб – 2 – 3 м;  $l_{\text{в}} = 3$  м);

$d_{\text{ст}}$  – діаметр стержня (для труб – 0,03 – 0,05 м;  $d_{\text{ст}} = 0,05$  м);

$t$  – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, яка визначається за ф.

(5.6):

$$t = h_{\text{в}} + \frac{l_{\text{в}}}{2}, \quad (4.6)$$

де  $h_{\text{в}}$  – глибина закладання вертикальних заземлювачів (0,8 м); тоді

$$t = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3 \text{ м};$$

$$R_{\text{в}} = \frac{68}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 18,5 \text{ Ом}$$

- 1) Визначається теоретична кількість вертикальних заземлювачів  $n$  штук, без урахування коефіцієнта використання  $\eta_B$ :

$$n = \frac{2R_E}{R_{\Pi}} = \frac{2 \times 18,5}{4} = 9,25 \quad (4.7)$$

І визначається коефіцієнт використання вертикальних електродів групового заземлювача без врахування впливу з'єднувальної стрічки  $\eta_B = 0,57$  (табличне значення).

- 2) Визначається необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання  $\eta_B$ , шт:

$$n = \frac{2 \cdot R_E}{R_{\Pi} \cdot \eta_B} = \frac{2 \cdot 18,5}{4 \cdot 0,57} \approx 16 \quad (4.8)$$

- 3) Визначається довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача  $l_c$ , м:

$$(4.9)$$

де  $L_B$  – відстань між вертикальними заземлювачами, (прийняти за  $L_B = 3$  м);

$n_B$  – необхідна кількість вертикальних заземлювачів.

$$l_c = 1,05 \cdot 3 \cdot (16 - 1) \approx 48 \text{ м.}$$

Визначається опір розтіканню струму горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки)  $R_r$ , Ом:

$$(4.10)$$

де  $d_{cm}$  – еквівалентний діаметр смуги шириною  $b$ ,  $d_{cm} = 0,95b$ ,  $b = 0,15$  м;

$h_r$  – глибина закладання горизонтальних заземлювачів (0,5 м);

$l_c$  – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача  $l_c$ , м

$$R_r = \frac{220}{2 \cdot \pi \cdot 48} \cdot \ln \frac{2 \cdot 48^2}{0,95 \cdot 0,15 \cdot 0,5} = 8,1 \text{ Ом}$$

- 4) Визначається коефіцієнт використання горизонтального заземлювача  $\eta_c$ .

відповідно до необхідної кількості вертикальних заземлювачів  $n_B$ .

Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги  $\eta_c = 0,3$ .

Розраховується результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги:

$$R_{\text{заг.}} = \frac{R_E \cdot R_{\Gamma}}{R_E \cdot \eta_c + R_{\Gamma} \cdot n_E \cdot \square_E} \leq R_{\text{д.}} \quad (4.11)$$

Висновок: дане захисне заземлення буде забезпечувати електробезпеку будівлі, так як виконується умова:  $R_{\text{заг.}} < 4 \text{ Ом}$ , а саме:

$$R_{\text{заг.}} = \frac{18,5 \cdot 8,1}{18,5 \cdot 0,3 + 8,1 \cdot 16 \cdot 0,57} = 1,9 \leq R_{\text{д.}}$$

При виникненню пожеж при роботі на ПЕОМ від таких можливими джерел запалювання як:

- іскри і дуги коротких замикань;
- перегрів провідників, резисторів та інших радіодеталей ПЕОМ, від тривалої перевантаження та наявність перехідного опору;
- іскри при розмиканні і розмиканні ланцюгів;
- розряди статичної електрики;
- необережному поводженню з вогнем, а також вибухи газо-повітряних і паро-повітряних сумішей.

Важливу увагу слід звернути на пожежну безпеку підприємства в цілому і окремих його приміщень. В приміщеннях не повинно накопичуватися сміття, непотрібний папір, мотлох та ін. речі, які не використовуються у виробничому процесі. Наявний вільний аварійний вихід за межі приміщення в разі пожежі, бути передбачені вогнегасники. Вони повинні бути в робочому стані і перевірятися згідно з нормами. У приміщеннях повинна бути пожежна сигналізація, вогнегасник. У разі виникнення пожежі необхідно повідомити в

найближчу пожежну частину, убезпечити інших працівників і по можливості прийняти кроки по запобіганню можливих наслідків та усуненню пожежі.

#### **4.6 Висновки**

В результаті проведеної роботи було зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в кваліфікаційній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника.

Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Були наведені розміри приміщення та наведено значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

## ПЕРЕЛІК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про охорону праці»;
2. НПАОП 0.00.-1.28-10 «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин»;
3. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;
4. НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці»;
5. НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»;
6. НАПБ Б.02.005-2003 Типове положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України;
7. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» ;
8. ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»;
9. ГОСТ 12.1.044-89 «ССБТ. Вогнестійкість. Номенклатура показників і методи їх визначення»;
- 10.ГОСТ 12.1.030-81 «Електробезпека. Захисне заземлення, занулення».
- 11.ГОСТ 12.1.006-84 «ССБТ. Електромагнітні поля радіочастот»;
- 12.ГОСТ 13109-97 «Електрична енергія. Сумісність технічних засобів. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення»;
- 13.ДБН В.2.5-28:2015 «Державні Будівельні Норми України. Природне і штучне освітлення»;



- 14.НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
- 15.Закер К. - Комп'ютерні мережі. Модернізація і пошук несправності, 2004.
- 16.Хабракена Д. - Комп'ютерні мережі, 2004;
- 17.Максимов Н.В., Попов І.І. - Комп'ютерні мережі,2004;
- 18.Жуков І.А., Гуменюк В.О., Альтман І.Є. - Комп'ютерні мережі та технології, 2004;
- 19.Бондаренко М.Ф., Кривуля Г.Ф., Рябцев В.Г., Фрадков С.А., Хаханов В.І. - Проектування і діагностика комп'ютерних систем і мереж,2000;
- 20.Таненбаум Е. - Комп'ютерні мережі, 2002;
- 21.Кульга М. - Практика побудови комп'ютерних мереж, 2001;
- 22.Кульга М. Технологія корпоративних мереж, 2000;
- 23.Гук М. Апаратні засоби локальних мереж, 1998;
- 24.Вишневський В.М. - Теоретичні основи побудови комп'ютерних мереж, 2003.

## ВИСНОВКИ

У процесі написання дипломного проекту було розроблено програму, що здатна побудувати нейромережу прямого розповсюдження по параметрам навчальної вибірки. Також на цій програмі було побудовано декілька нейромерж, що продемонстрували здатність до навчання. Закладено фундамент для подальшої розробки. Завдання на проект виконано частково, є багато недоробок.

Під час підготовки до проектування були дуже детально розглянуті аналогічні програми, що надає можливість спланувати подальшу розробку з урахуванням всіх недоліків і переважень конкурентів. Були визначені нові поняття й терміни, знання з області машинного навчання та програмування стали міцнішими.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заводцев И.В., Захарченко Р.И., Закутаев А.А. Анализ средств разработки нейросетевых модулей систем управления инцидентами информационной безопасности // Кибернетика и программирование. — 2014. - № 5. - С.26-33. DOI: 10.7256/2306-4196.2014.5.13308.  
URL: [http://e-notabene.ru/kp/article\\_13308.html](http://e-notabene.ru/kp/article_13308.html)
2. Крючкин О. В., Козадаев А. С., Арзамасцев А. А. Обзор нейросимуляторов для персональных компьютеров и кластерных систем // Искусственные нейронные сети и кластерные системы — ISSN 1810-0198 Вестник ТГУ, т.17, вып.1, 2012 УДК 519.95 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-neyrocsimulyatorov-dlya-personalnyh-kompyuterov-i-klasternyh-sistem>
3. Обзор программного продукта STATISTICA // StatSoft Russia. URL: <http://statsoft.ru/products/overview>
4. Сборник статей по машинному обучению // BaseGroup Labs. URL: <https://basegroup.ru/community/articles>
5. Нейронные сети. Просто [Электронный ресурс] // СМТV[Грани Hi-Tech]. URL: <https://www.youtube.com/channel/UC5dqkmvoovlmFsFZ3ACAvtw>
6. metanit.com Язык программирования C# // C#, .NET Copyright © metanit.com, 2012-2017 URL: <https://metanit.com/sharp/> (период обращения 10.02.2017-21.06.2017)
7. Microsoft Developer Network Справочные материалы по стандартным классам языка C# // <https://msdn.microsoft.com>
8. Подключение нейросетей от NeuroSolutions [Электронный ресурс] // MQL5 опубликовано 19.01.2011 URL: <https://www.mql5.com/ru/articles/236>
9. IntelliJ IDEA // Вікіпедія: вільна енциклопедія. Отредактировано 14.03.2017 URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/IntelliJ\\_IDEA](https://uk.wikipedia.org/wiki/IntelliJ_IDEA)
10. Microsoft Visual Studio [Электронный ресурс] // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: [https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Microsoft\\_Visual\\_Studio&stable=1](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Microsoft_Visual_Studio&stable=1) (дата звернення: 8.06.2017).
11. Классификация нейронных сетей // AIPortal.ru URL: <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/classification.html>
12. Классификация искусственных нейронных сетей // Neuronus.com URL: <http://neuronus.com/theory/236-klassifikatsiya-iskusstvennykh-nejronnykh-setej.html>
13. Распознавание графических символов с помощью нейропакета NeuroPro [Электронный ресурс] // Studopedia.info. URL: <http://studopedia.info/10-30865.html>

14. Обзор пакета GeneHunter [Электронный ресурс] // NeuroProjects  
URL: <http://www.neuroproject.ru/aboutproduct.php?info=ghinfo>
15. MATLAB [Электронный ресурс] // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/MATLAB> (дата звернення: 9.06.2017).
16. Искусственный нейрон [Электронный ресурс] // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD)
17. Штучний нейрон [Электронный ресурс] // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD)
18. Java [Электронный ресурс] // Вікіпедія: вільна енциклопедія.  
URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Java>
19. The Java Language Environment [Электронный ресурс] // Oracle: Integrated Cloud Applications & Platform Services.  
URL: <http://www.oracle.com/technetwork/java/intro-141325.html>

## ДОДАТОК А. Клас Summator

```

namespace ConsoleApp1.Network.Neurons.Part1
{
    class Summator
    {
        static Random rnd = new Random();
        Input[] m = null;
        double bias = rnd.NextDouble() * 2 - 1;
        static double cLearning = 0.003;
        double sum;
        bool validateSum = false;
        //addInput - створює/розширяє масив входів
        public void addInput(NCell dataSource) ...

        public double getSum()
        {
            if (validateSum) return sum;
            sum = bias;
            for(int i = 0; i < m.Length; i++)
            {
                m[i].update();
                sum += m[i].x * m[i].w;
            }
            validateSum = true;
            return sum;
        }

        public void брое(double sigma) //Корегує вагові коефіцієнти
        {
            for (int i = 0; i < m.Length; i++)
            {
                if(m[i].dataSource is Neuron n) n.setTrueValue(sigma * m[i].w);
                m[i].w += cLearning * sigma * m[i].x;
            }
            bias += cLearning * sigma;
            validateSum = false;
        }

        public void flush() ...
    }
}

```

Рисунок 1. Реалізація класу Summator.

## ДОДАТОК Б. Клас Sigmoid

```
namespace ConsoleApp1.Network.Neurons.Part2
{
    class Sigmoid : Converter
    {
        double t = 4;

        public Sigmoid(...)
        {
            //Похідна сигмоїди
            public override double d(double x)
            {
                double s = f(x);
                return t * s * (1 - s);
            }

            //Сигмоїда
            public override double f(double x)
            {
                return 1 / (1 + Math.Exp(-1 * t * x));
            }
        }
    }
}
```

Рисунок 2. Реалізація класу Sigmoid

## ДОДАТОК В. Клас Neuron

```
namespace ConsoleApp1.Network.Neurons.Classes
{
    class Neuron : NCell
    {
        Summator inputs = new Summator();
        Converter converter;
        double trueValue; //Вихід, який очікувався від нейрону

        public Neuron()
        {
            converter = new Sigmoid();
        }

        public void decide() //Процес прийняття рішення
        {
            value = converter.f(inputs.getSum());
            trueValue = 0;
        }

        public void setTrueValue(double arg)
        {
            trueValue += arg;
        }

        public void bprop() //Зворотнє розповсюдження помилки
        {
            double sigma = trueValue * converter.d(inputs.getSum());
            inputs.bprop(sigma);
        }

        public void addInput(NCell dataSource)
        {
            inputs.addInput(dataSource);
        }

        public void flush()
        {
            inputs.flush();
        }
    }
}
```

Рисунок 3. Реалізація класу Neuron

## ДОДАДОК Г. Клас Net

```

class Net
{
    NCell[][] m = null;

    public Net(params int[] layers)
    {
        m = new NCell[layers.Length][];

        for(int i = 0; i < layers.Length; i++)
            if(layers[i] <= 1)
                m[i] = new NCell[1];
            else
                m[i] = new NCell[layers[i]];

        for(int i = 0; i < m.Length; i++)
            if (i == 0)
                for (int j = 0; j < m[i].Length; j++) m[i][j] = new
NReceptor();
            else
                for (int j = 0; j < m[i].Length; j++) m[i][j] = new
Neuron();

        for(int i = 0; i < m.Length-1; i++)
            for(int a = 0; a < m[i].Length; a++)
                for(int b = 0; b < m[i+1].Length; b++)
                    (m[i + 1][b] as Neuron).addInput(m[i][a]);
    }

    public void setInputs(params double[] args)
    {
        flush();
        for (int i = 0; i < m[0].Length; i++)
        {
            if(args.Length > i) (m[0][i] as
NReceptor).setValue(args[i]);
            else (m[0][i] as NReceptor).setValue(0.0);
        }
    }

    public void decide()
    {
        for (int i = 1; i < m.Length; i++)
            for (int j = 0; j < m[i].Length; j++)
                (m[i][j] as Neuron).decide();
    }
}

```



```

}

public double[] getOutputs()
{
    int last = m.Length - 1;
    double[] res = new double[m[last].Length];

    for(int i = 0; i < m[last].Length; i++)
        res[i] = m[last][i].getValue();

    return res;
}

public void setTrueOuts(params double[] trOuts)
{
    int last = m.Length - 1;
    if (trOuts.Length != m[last].Length) throw new
Exception("Несоответствие длин массивов");
    for(int i = 0; i < trOuts.Length; i++)
    {
        if (m[last][i] is Neuron n)
            n.setTrueValue(trOuts[i] - n.getValue());
    }
    bpoe();
}

private void bpoe()
{
    for(int i = m.Length-1; i > 0; i--)
        for(int j = 0; j < m[i].Length; j++)
            (m[i][j] as Neuron).bpoe();
}

private void flush()
{
    for (int i = 1; i < m.Length; i++)
        for (int j = 0; j < m[i].Length; j++)
            (m[i][j] as Neuron).flush();
}
}

```