

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

В. І. Корнієнко, О. В. Герасіна

СУЧАСНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт
для здобувачів ступеня магістра
освітньо-професійної програми «Телекомунікації та радіотехніка»
зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка

У 2 частинах

Частина 1

Дніпро
НТУ «ДП»
2024

Корнієнко В.І.

Сучасні методи обробки інформації [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів ступеня магістра освітньо-професійної програми «Телекомунікації та радіотехніка» зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка : у 2 ч. Ч 1 / В. І. Корнієнко, О. В. Герасіна ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – 27 с.

Автори:

В.І. Корнієнко, д-р техн. наук, проф.

О. В. Герасіна, канд. техн. наук, доц.

Затверджено науково-методичною комісією зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка (протокол № 1 від 29.08.2024) за поданням кафедри безпеки інформації та телекомунікацій (протокол № 1 від 29.08.2024).

Призначено для виконання практичних робіт з дисципліни «Сучасні методи обробки інформації» студентами спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка.

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності магістрів та закріплення практичних знань з даної дисципліни.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри безпеки інформації та телекомунікацій В.І. Корнієнко, д-р техн. наук, проф.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практична робота № 1	
«Моделі нейронів»	6
Практична робота № 2	
«Нейромережева класифікація образів»	9
Практична робота № 3	
«Навчання нейронних мереж за методом зворотного поширення помилки»	14
Практична робота № 4	
«Кластеризація даних засобами нечіткої логіки»	21
Критерії оцінювання практичних робіт	25
Рекомендовані джерела інформації.....	26

ВСТУП

Наразі характерним є широке застосування методів систем штучного інтелекту (нейронних мереж, систем нечіткого висновку, еволюційного моделювання тощо) та методів нелінійної динаміки (теорії хаосу та фрактального аналізу) для моделювання складних процесів в системах телекомунікацій та радіотехніки.

Їх актуальність обумовлена, по-перше, спроможністю методів нелінійної динаміки більш узагальнено з єдиних позицій описувати складні процеси в системах різної природи, а, по-друге, здатністю інтелектуальних методів розв'язувати оптимізаційні задачі, що погано формалізуються, та використанням для моделювання ефективних і універсальних апроксиматорів (нейронних мереж та систем нечіткого висновку).

Мета дисципліни – формування у студентів компетентностей щодо володіння сучасними комп'ютерними методами інтелектуальної обробки інформації, методами оптимізації структури, параметрів і характеристик телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також використання фрактальних самоподібних моделей процесів при комп'ютерному проектуванні та аналізі телекомунікаційних систем та мереж, включно об'єктів критичної інфраструктури.

Завдання курсу:

- ознайомити здобувачів вищої освіти із основами технології штучних нейронних мереж та їх ефективністю;
- ознайомити здобувачів вищої освіти з основами нечіткої логіки, алгоритмами побудови систем нечіткого висновку, алгоритмами нечіткої кластеризації; гібридними нейронечіткими мережами, а також із ефективністю усіх вищевказаних систем;
- ознайомити здобувачів вищої освіти із методами еволюційного моделювання (у тому числі із методами групового урахування аргументів);

- ознайомити здобувачів вищої освіти із агентськими алгоритмами оптимізації (мурашиними та бджолиними);
- ознайомити здобувачів вищої освіти із основами нелінійної динаміки та теорії хаосу;
- ознайомити здобувачів вищої освіти з фрактальним аналізом динамічних процесів;
- ознайомити здобувачів вищої освіти з основами частотно-часового аналізу сигналів, породжуваних нелінійними динамічними процесами;
- ознайомити здобувачів вищої освіти з практичними застосуваннями інтелектуальних методів при рішенні завдань в системах телекомунікацій та радіотехніки;
- ознайомити здобувачів вищої освіти із програмним забезпеченням імітаційного моделювання інтелектуальних методів обробки інформації в системах телекомунікацій та радіотехніки.

Результати навчання

Володіти комп'ютерними додатками, що реалізують сучасні методи інтелектуальної обробки інформації в телекомунікаційних та радіотехнічних системах та мережах.

Володіти сучасними інтелектуальними методами оптимізації структури, параметрів і характеристик телекомунікаційних та радіотехнічних систем. Застосовувати нелінійні моделі процесів при інтелектуальній адаптації систем в умовах невизначеності їх стану.

Використовувати сучасні фрактальні самоподібні моделі процесів при проектуванні та аналізі телекомунікаційних систем та мереж, радіорелейних та супутникових систем зв'язку, їх параметрів та характеристик.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

«МОДЕЛІ НЕЙРОНІВ»

Мета роботи: дослідження структури та параметрів моделей одно- та двовходових нейронів.

Програма роботи

1. Попередня підготовка до роботи.
2. Дослідження структури та параметрів моделі одновходового нейрона.
3. Дослідження структури та параметрів моделі двовходового нейрона.

Етапи роботи

1. Попередня підготовка до роботи

Використовуючи конспект лекцій і літературу засвоїти архітектуру та властивості моделей нейронів та нейронних мереж.

2. Дослідження структури та параметрів моделі одновходового нейрона.

2.1. Завантажте **Matlab** та пройдіть шлях **Start/Demos/Toolboxes/Neural Network/Other Demos/Neural Network Design**, виконайте **Run this demo** і в другій частині (**Chapter 2**) запусіть модель **One-input neuron**. АБО у командному рядку введіть назву моделі – **nnd2n1**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 1.1).

Даний інтерфейс дозволяє вивчати типи функцій активації нейронів, а також досліджувати вплив на вихід нейрона значень його входу, ваги, зміщення та типу функції активації.

2.2. Для різних функцій активації та варіації значень ваги та зміщення забезпечте значення виходу нейрона $a=1$ при значенні його входу $p=2$ (зафіксуйте не менше 3-х скріншотів).

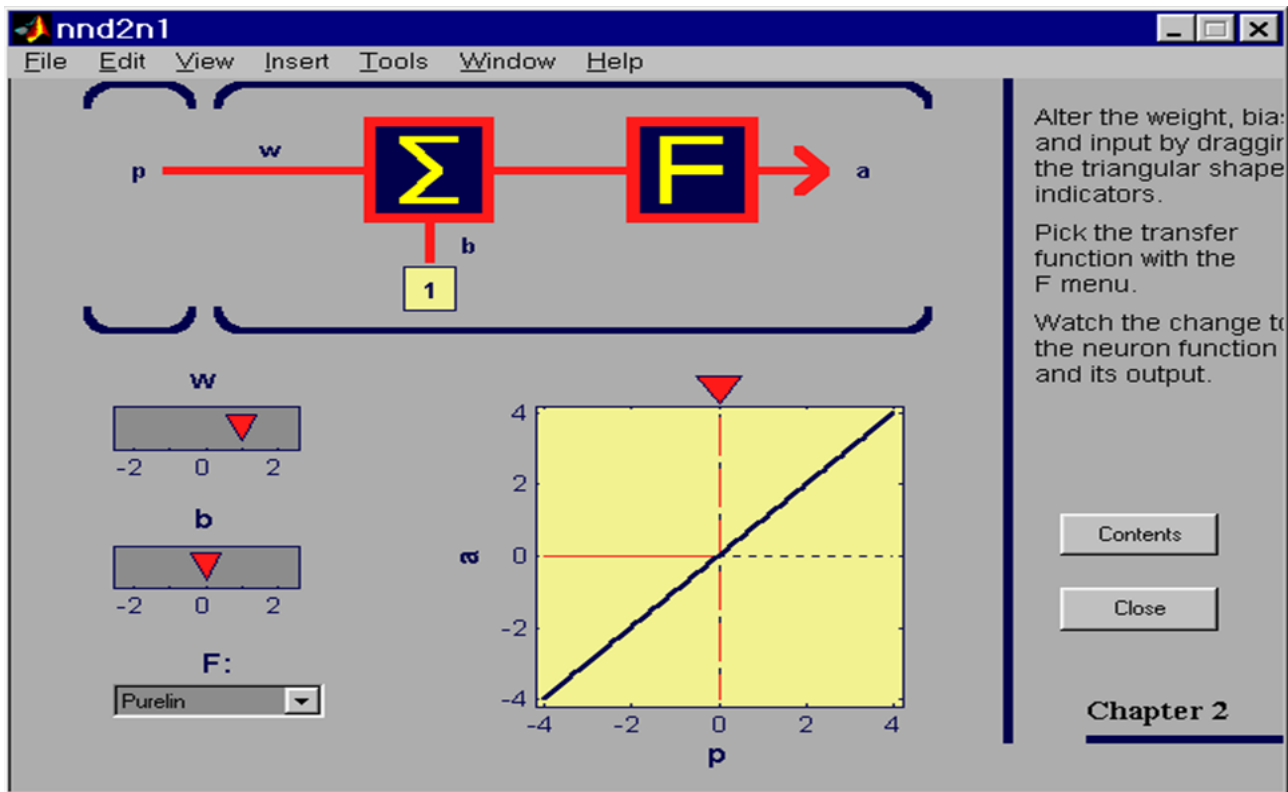


Рис. 1.1. Імітаційна модель одновходового нейрона

3. Дослідження структури та параметрів моделі двовходового нейрона.

3.1. В шляху, зазначеному у п. 2.1, запустіть модель **Two-input neuron**. АБО у командному рядку введіть назву моделі – **nnd2n2**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 1.2).

Даний інтерфейс дозволяє досліджувати вплив на вихід нейрона значень його входів, ваг, зміщень та типу функції активації.

3.2. Для різних функцій активації та варіації значень входів, ваги та зміщень забезпечте значення виходу нейрона $a=1$ або $a=-1$ (зафіксуйте не менше 3-х скріншотів).

Вимоги до оформлення звіту

Звіт повинен містити:

1. Найменування та мету роботи.

2. Скріншоти моделювання одновходового нейрона із висновками щодо них.
3. Скріншоти моделювання двовходового нейрона із висновками щодо них.

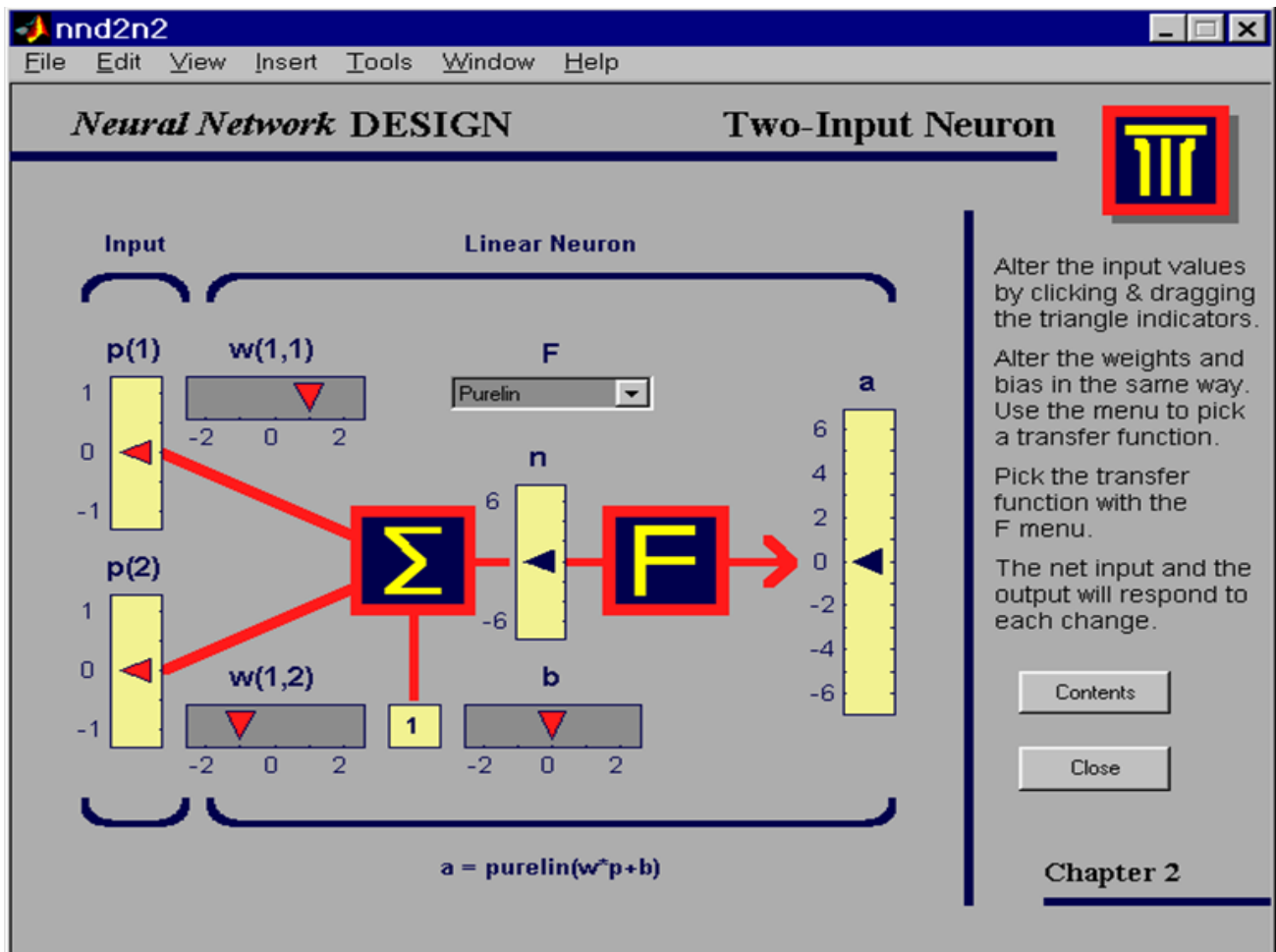


Рис. 1.2. Імітаційна модель двовходового нейрона

Контрольні питання

1. Дайте визначення штучного інтелекту.
2. Що таке структурний підхід до побудови систем штучного інтелекту?
3. Що таке еволюційний підхід до побудови систем штучного інтелекту?
4. Що таке штучна нейронна мережа?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

«НЕЙРОМЕРЕЖЕВА КЛАСИФІКАЦІЯ ОБРАЗІВ»

Мета роботи: дослідження процесів класифікації образів за допомогою різних нейронних мереж.

Програма роботи

1. Попередня підготовка до роботи.
2. Класифікація образів за допомогою перцептронів.
3. Класифікація образів за допомогою нейронної мережі Хемінга.
4. Класифікація образів за допомогою нейронної мережі Хопфілда.

Етапи роботи

1. Попередня підготовка до роботи

Використовуючи конспект лекцій і літературу засвоїти принципи і методи розпізнавання образів.

2. Класифікація образів за допомогою перцептронів.

2.1. Завантажте **Matlab**. Пройдіть шлях **Start/Toolboxes/Neural Network/Demos/Other Demos/Neural Network Design**, виконайте **Run this demo** і в третій частині (**Chapter 3**) запусіть модель **Perceptron classification**. АБО у командному рядку введіть назву моделі – **nnd3pc**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 2.1).

Даний інтерфейс імітує процедуру розпізнавання (класифікації) яблук і апельсинів за допомогою перцептронної нейронної мережі. Класифікація здійснюється по трьом ознакам: формі, текстурі і вазі плоду.

2.2. Для різних плодів з різними ознаками зафіксуйте результати класифікації (не менше 3-х скріншотів).

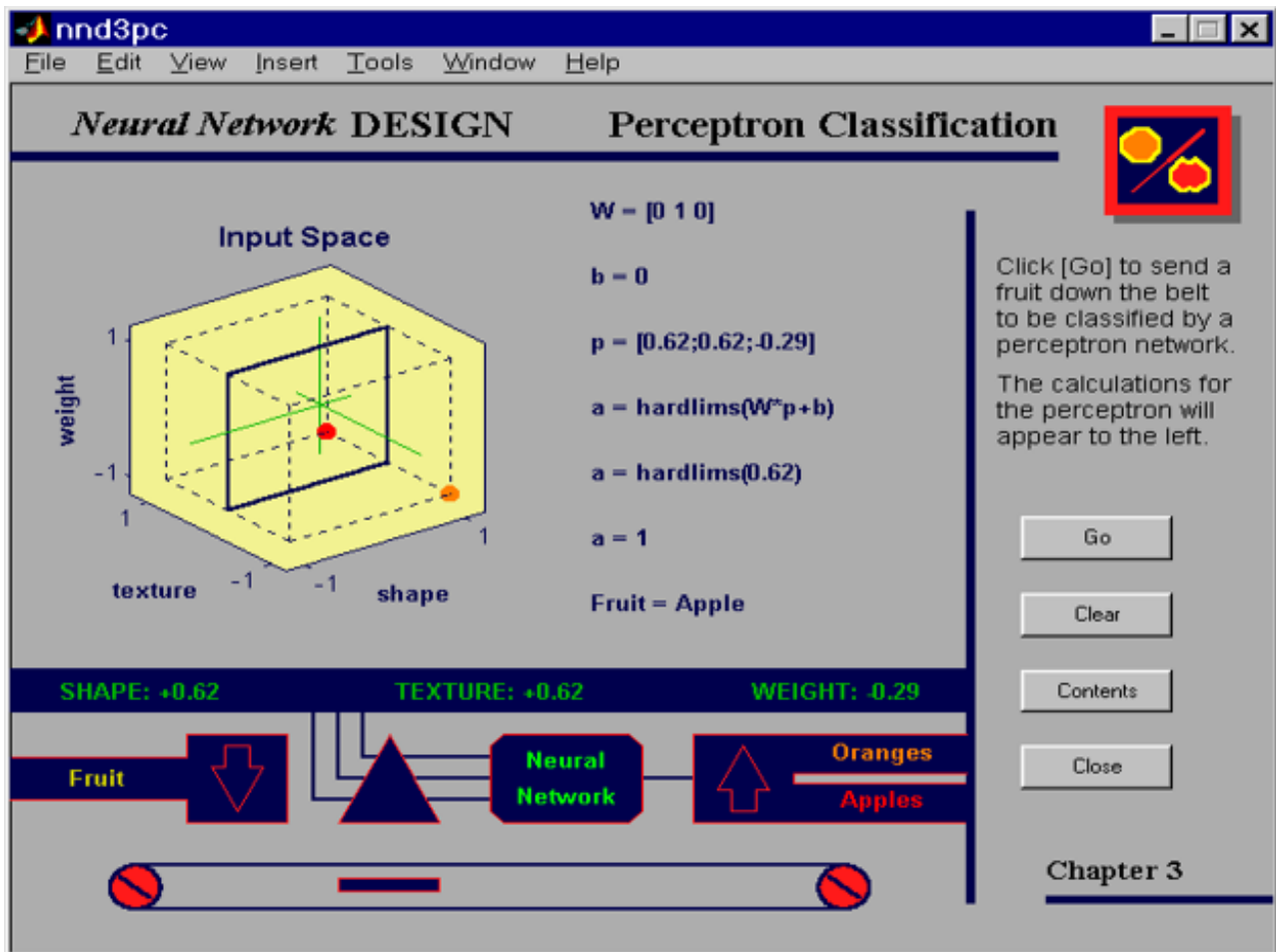


Рис. 2.1. Імітаційна модель перцептрону

2.3. За допомогою даної нейронної мережі класифікуйте (розрахуйте) плід з ознаками: форма = $0.6 + PN/50$; текстура = $-0.4 + PN/50$ і вага = $-0.3 - PN/50$, – де PN – порядковий номер студента в списку групи.

3. Класифікація образів за допомогою нейронної мережі Хемінга.

3.1. У шляху, зазначеному в п. 2.1, запусить модель **Hamming classification**. АБО у командному рядку введіть назву моделі – **nnd3hamc**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 2.2).

Даний інтерфейс імітує процедуру розпізнавання (класифікації) яблук і апельсинів за допомогою нейронної мережі Хемінга. Класифікація також здійснюється по трьом ознакам: формі, текстурі і вазі плоду.

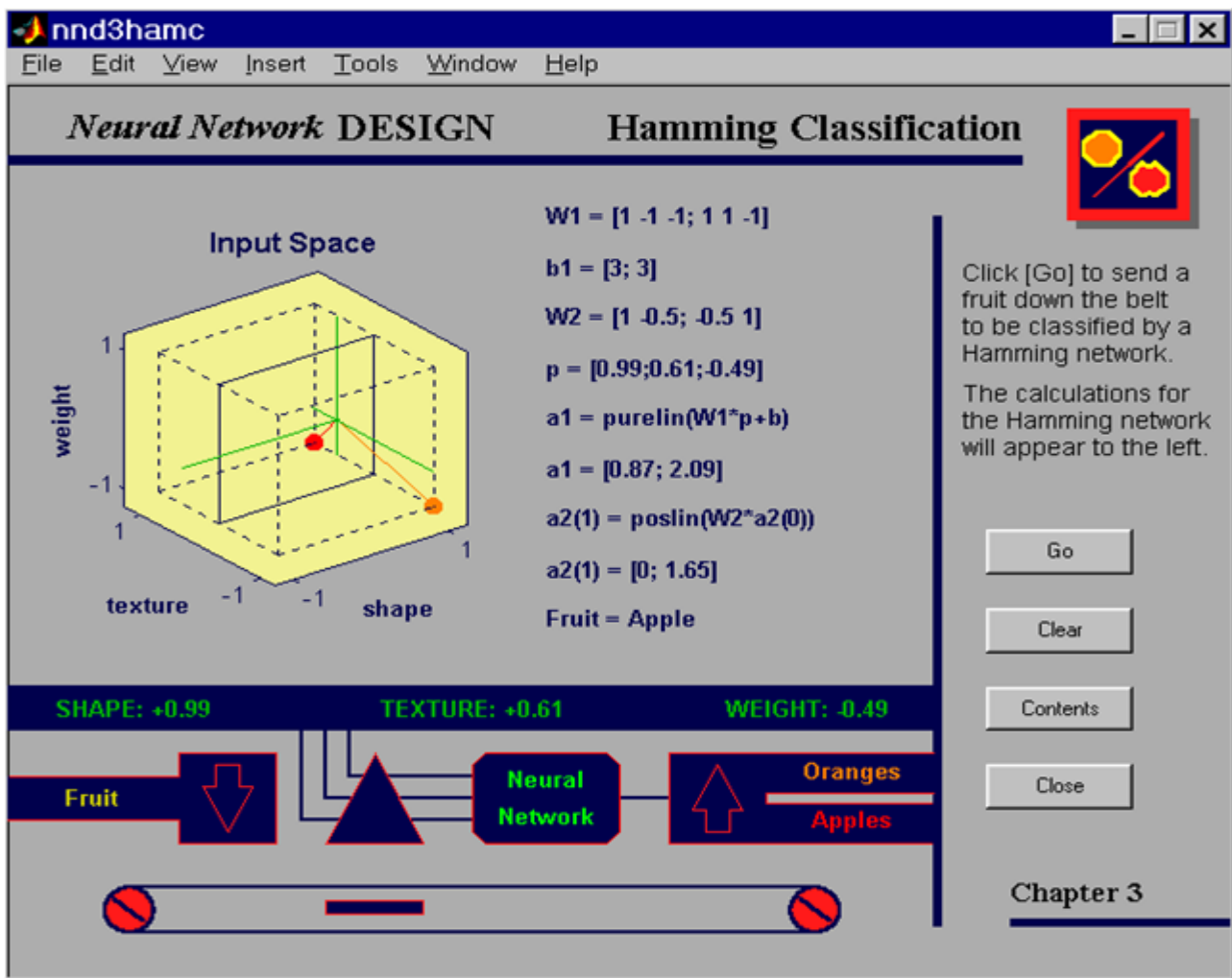


Рис. 2.2. Імітаційна модель нейронної мережі Хемінга

3.2. Для різних плодів з різними ознаками зафіксуйте результати класифікації (не менше 3-х скріншотів).

3.3. За допомогою даної нейронної мережі класифікуйте (розрахуйте) плід з ознаками: **форма = $0.6 + PN/50$; текстура = $-0.4 + PN/50$ і вага = $-0.3 - PN/50$** , – де **PN** – порядковий номер студента в списку групи.

4. Класифікація образів за допомогою нейронної мережі Хопфілда.

4.1. У шляху, зазначеному в п. 2.1, запустіть модель **Hopfield classification**. АБО у командному рядку введіть назву моделі – **nnd3hopc**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 2.3).

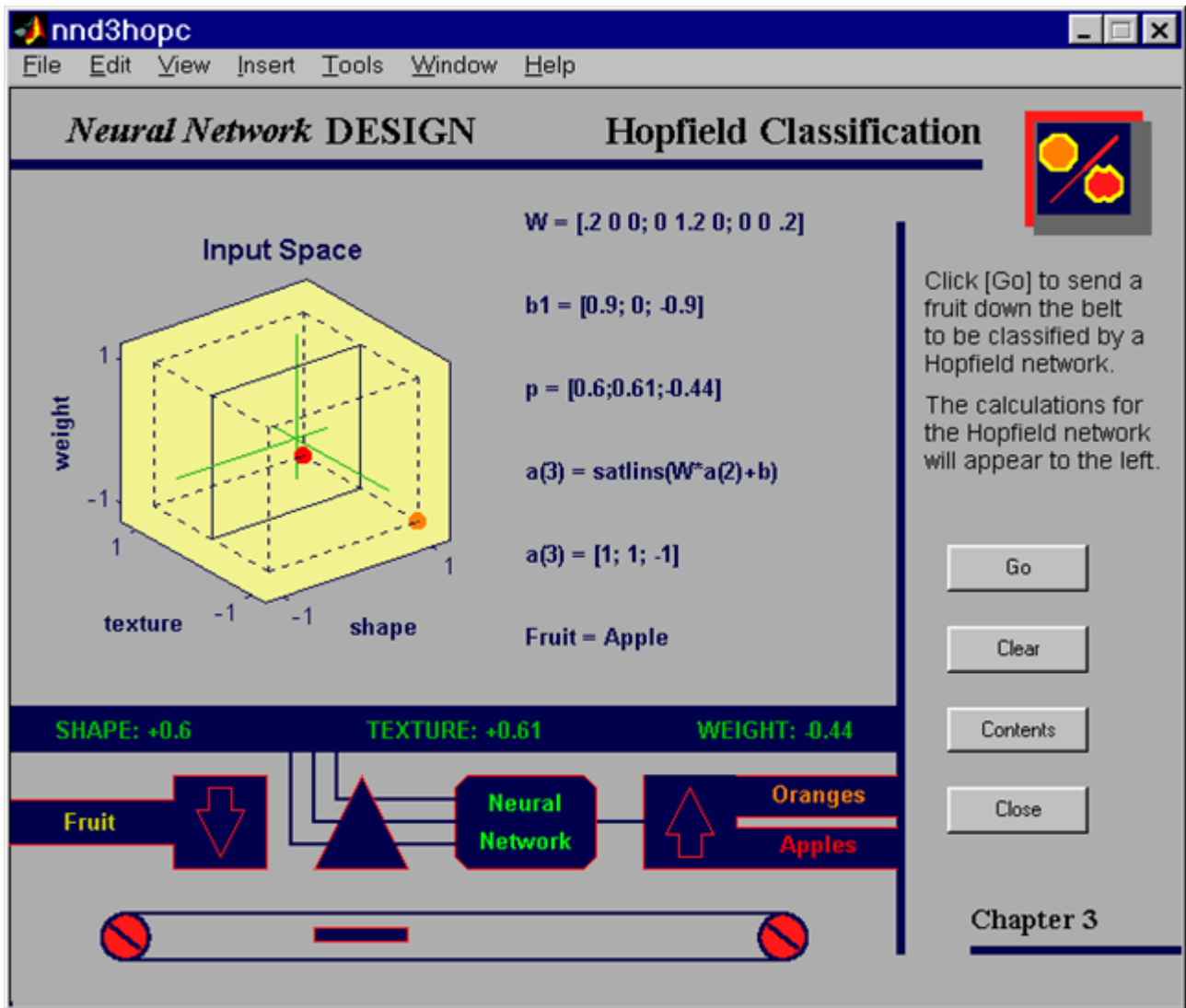


Рис. 2.3. Імітаційна модель нейронної мережі Хопфілда

Даний інтерфейс імітує процедуру розпізнавання (класифікації) яблук і апельсинів за допомогою нейронної мережі Хопфілда. Класифікація також здійснюється по трьом ознакам: формі, текстурі і вазі плоду.

4.2. Для різних плодів з різними ознаками зафіксуйте результати класифікації (не менше 3-х скріншотів).

4.3. За допомогою даної нейронної мережі класифікуйте (розрахуйте) плід з ознаками: **форма = $0.6 + PN/50$; текстура = $-0.4 + PN/50$ і вага = $-0.3 - PN/50$** , де **PN** – порядковий номер студента в списку групи.

Вимоги до оформлення звіту

Звіт повинний містити:

1. Найменування і мету роботи.
2. Скріншоти і розрахунок класифікації образів за допомогою перцептронів, а також висновки по ним.
3. Скріншоти і розрахунок класифікації образів за допомогою нейронної мережі Хемінга, а також висновки по ним.
4. Скріншоти і розрахунок класифікації образів за допомогою нейронної мережі Хопфілда, а також висновки по них.

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняттю образу.
2. Що таке гіпотеза компактності образів?
3. Що таке адаптація і навчання?
4. Що таке навчання з вчителем і без учителя?
5. Яка архітектура перцептрона і мереж Хемінга і Хопфілда?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

«НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ЗА МЕТОДОМ ЗВОРОТНОГО ПОШИРЕННЯ ПОМИЛКИ»

Мета роботи: дослідження процесів навчання нейронних мереж за допомогою різних алгоритмів методу зворотного поширення помилки.

Програма роботи

1. Попередня підготовка до роботи.
2. Навчання нейронних мереж за допомогою алгоритмів якнайшвидшого спуска.
3. Навчання нейронних мереж за допомогою миттєвого алгоритму зворотного поширення помилки.
4. Навчання нейронних мереж за допомогою алгоритму з перемінною тривалістю навчання.

Етапи роботи

1. Попередня підготовка до роботи

Використовуючи конспект лекцій і літературу засвоїти принципи і методи навчання нейронних мереж.

2. Навчання нейронних мереж за допомогою алгоритмів якнайшвидшого спуска.

2.1. Завантажите **Matlab**. Пройдіть шлях **Start/Demos/Toolboxes/Neural Network/Other Demos/Neural Network Design**, виконайте **Run this demo** і в розділі **Chapter 12** запустіть модель **Steepest Descent Backprop # 1**. АБО у командному рядку введіть назву моделі – **nnd12sd1**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 3.1).

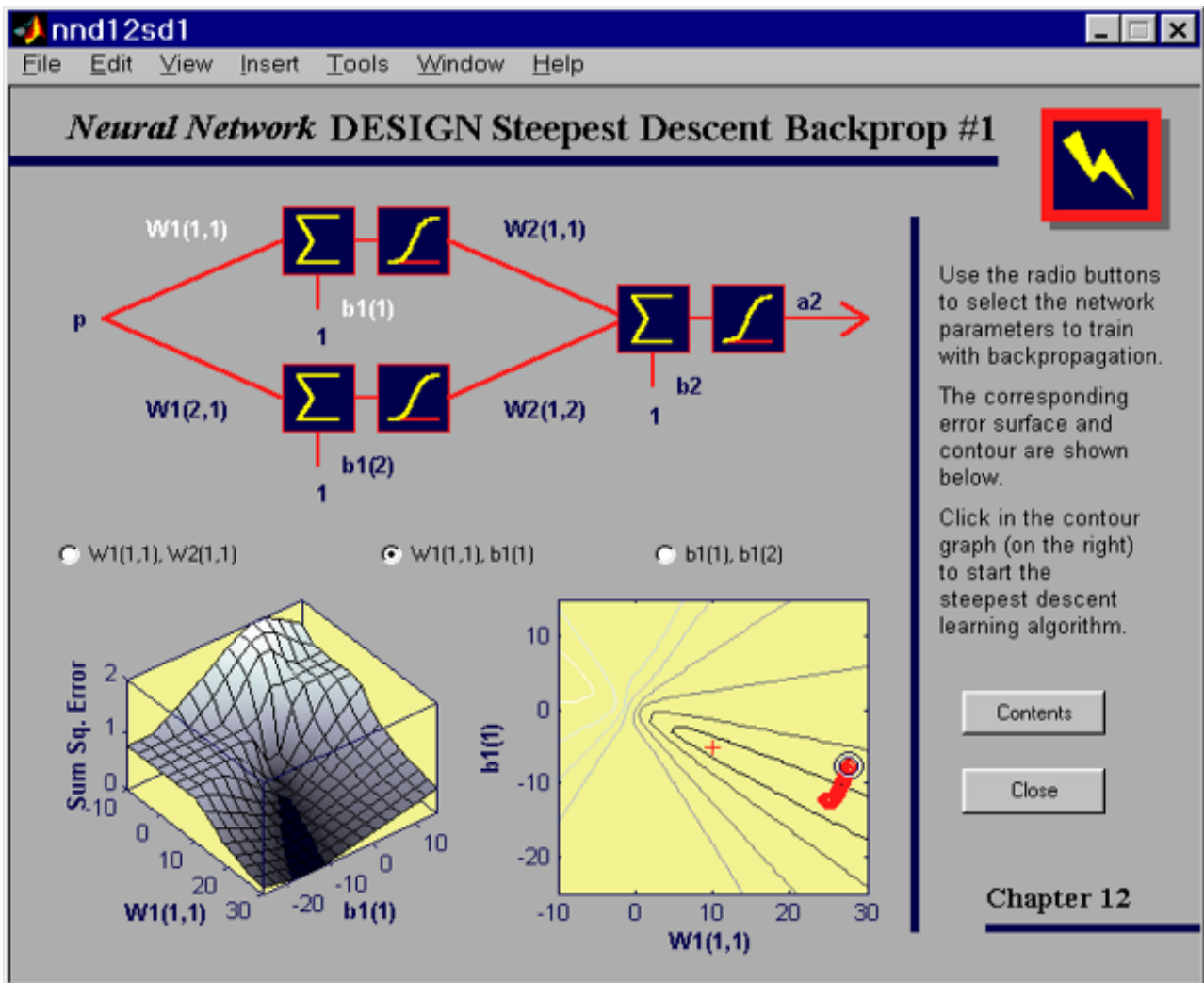


Рис. 3.1. Імітаційна модель навчання нейромережі за допомогою методу якнайшвидшого спуска (варіант 1)

2.1.1. Даний інтерфейс імітує процедуру навчання параметрів нейронних мереж за допомогою методу якнайшвидшого спуска (варіант 1). Він дозволяє вибирати ті параметри, які навчають, з відображенням (унизу ліворуч) поверхні цільової функції навчання (мінімуму середнє квадратичної помилки). Унизу праворуч відображається проекція цільової функції в площині тих параметрів, які навчають, із указівкою глобального мінімуму (червоний хрест). Навчання виконується після вибору Вами початкової точки на цій площині.

2.1.2. Для різних варіантів тих параметрів, яких навчають, дослідити поверхню цільової функції й ефективність навчання нейронної мережі при

різних початкових умовах. Зафіксуйте не менш 4-х скріншотів. Серед них повинні бути вдалі і невдалі (у сенсі знаходження глобального мінімуму) приклади навчання. Усвідомте причини удач (невдач) навчання.

2.2. У шляху, зазначеному в п. 2.1, запустіть модель **Steepest Descent Backprop # 2**. АБО у командному рядку введіть назву моделі – **nnd12sd2**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 3.2).

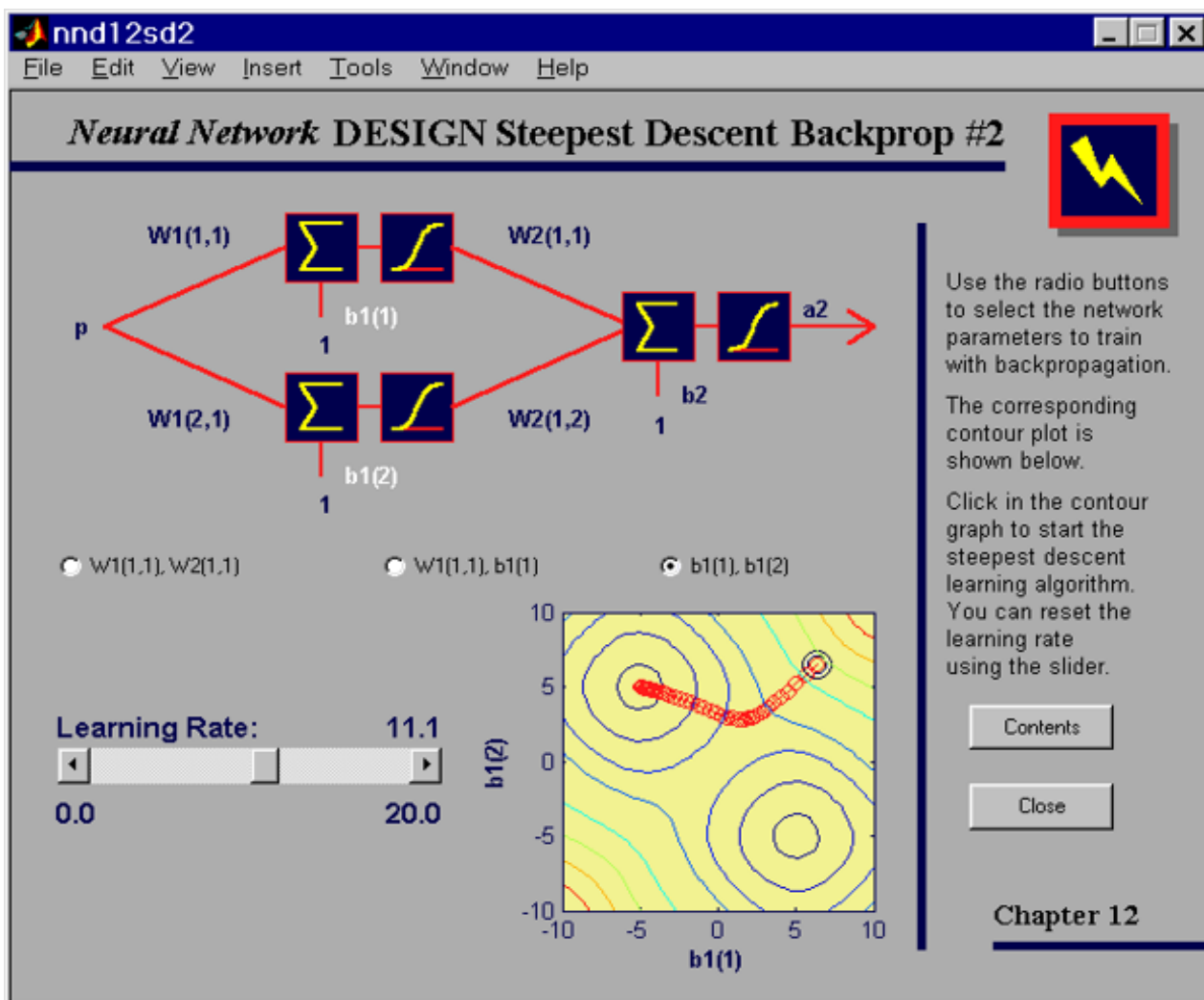


Рис. 3.2. Імітаційна модель навчання нейромережі за допомогою методу якнайшвидшого спуска (варіант 2)

2.2.1. Даний інтерфейс імітує процедуру навчання параметрів нейронних мереж за допомогою методу якнайшвидшого спуску (варіант 2). Він дозволяє додатково (у порівнянні з варіантом 1) вибирати тривалість (кількість кроків) навчання (**Learning Rate** у межах 0...20). Вибір тих параметрів, яких навчають, і початкової точки здійснюються аналогічно п. 2.1.1.

2.2.2. Для різних варіантів тих параметрів, яких навчають, і початкових умов дослідити ефективність навчання нейронної мережі при різній тривалості навчання. Зафіксуйте не менш 4-х скріншотів. Серед них повинні бути вдалі і невдалі (у сенсі знаходження глобального мінімуму) приклади навчання. Усвідомте вплив тривалості навчання на удачу (невдачу) навчання.

3. Навчання нейронних мереж за допомогою миттєвого алгоритму зворотного поширення помилки.

3.1. У шляху, зазначеному в п. 2.1, запустіть модель **Momentum Backpropagation**. АБО у командному рядку введіть назву моделі – **nnd12mo**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 3.3).

Даний інтерфейс імітує процедуру навчання параметрів нейронних мереж за допомогою миттєвого алгоритму зворотного поширення помилки. Він дозволяє (у порівнянні з п.2.2.1) вибирати не тільки тривалість навчання (**Learning Rate** у межах 0...20), але і коефіцієнт швидкості навчання (**Momentum** у межах 0...1). Вибір тих параметрів, яких навчають, і початкової точки здійснюються аналогічно п.2.1.1.

3.2. Для різних варіантів тих параметрів, яких навчають, початкових умов і тривалості навчання дослідити ефективність навчання нейронної мережі при різних коефіцієнтах швидкості навчання. Зафіксуйте не менш 4-х скріншотів. Серед них повинні бути вдалі і невдалі (у сенсі знаходження глобального мінімуму) приклади навчання. Усвідомте вплив коефіцієнта швидкості навчання на удачу (невдачу) навчання.

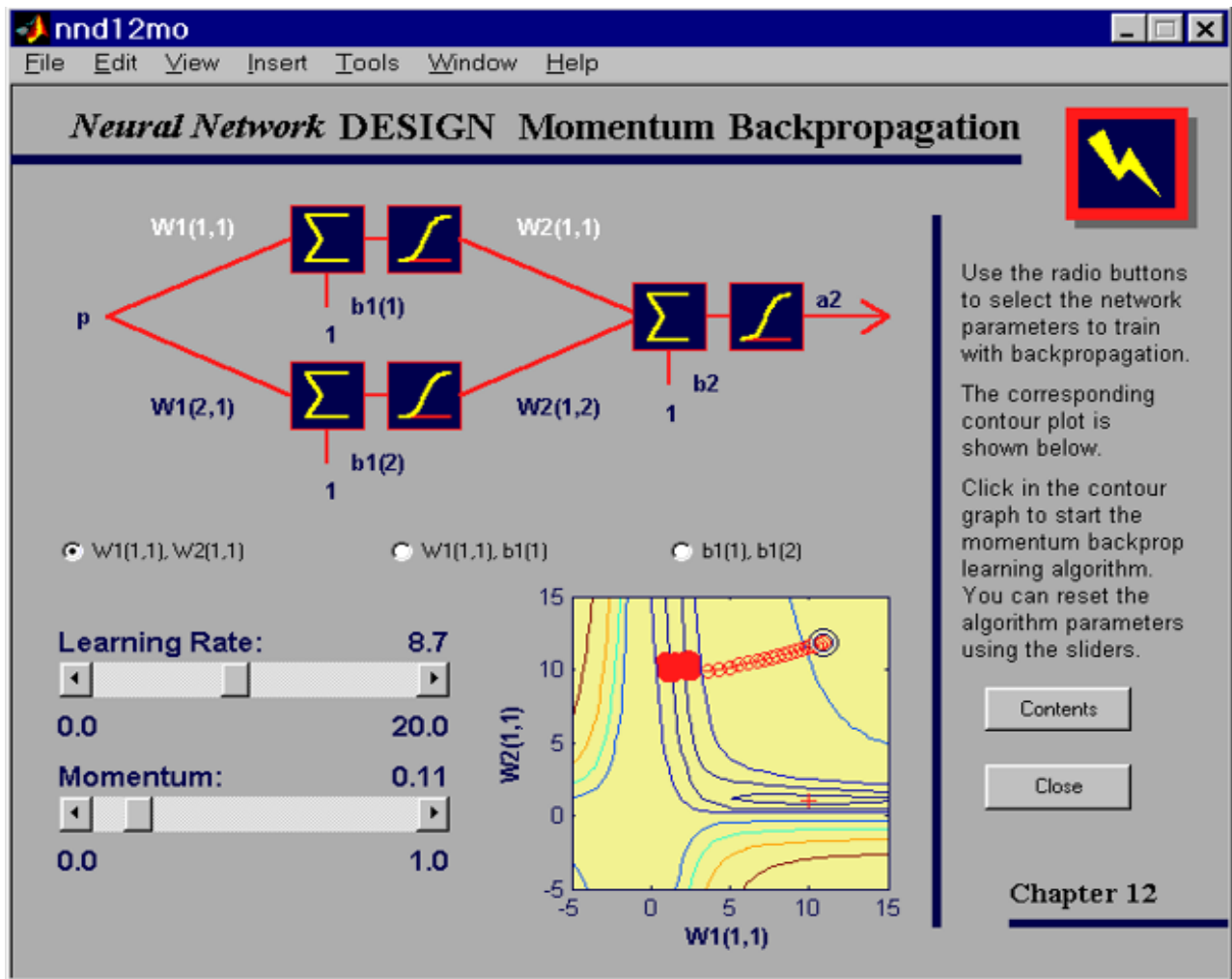


Рис. 3.3. Імітаційна модель навчання нейромережі за допомогою миттєвого алгоритму зворотного поширення помилки

4. Навчання нейронних мереж за допомогою алгоритму з перемінною тривалістю навчання.

4.1. У шляху, зазначеному в п. 2.1, запустіть модель **Variable LR Backpropagation**. АБО у командному рядку введіть назву моделі – **nnd12vl**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 3.4).

Даний інтерфейс імітує процедуру навчання параметрів нейронних мереж за допомогою алгоритму з перемінною тривалістю навчання. Він дозволяє вибрати не тільки тривалість навчання (**Learning Rate** у межах 0...20), але і коефіцієнти збільшення (**Increase Rate** у межах 1...1,2) і зменшення (**Decrease**

Rate у межах 0,5...1) кроку навчання. Вибір тих параметрів, яких навчають, і початкової точки здійснюються аналогічно п.2.1.1.

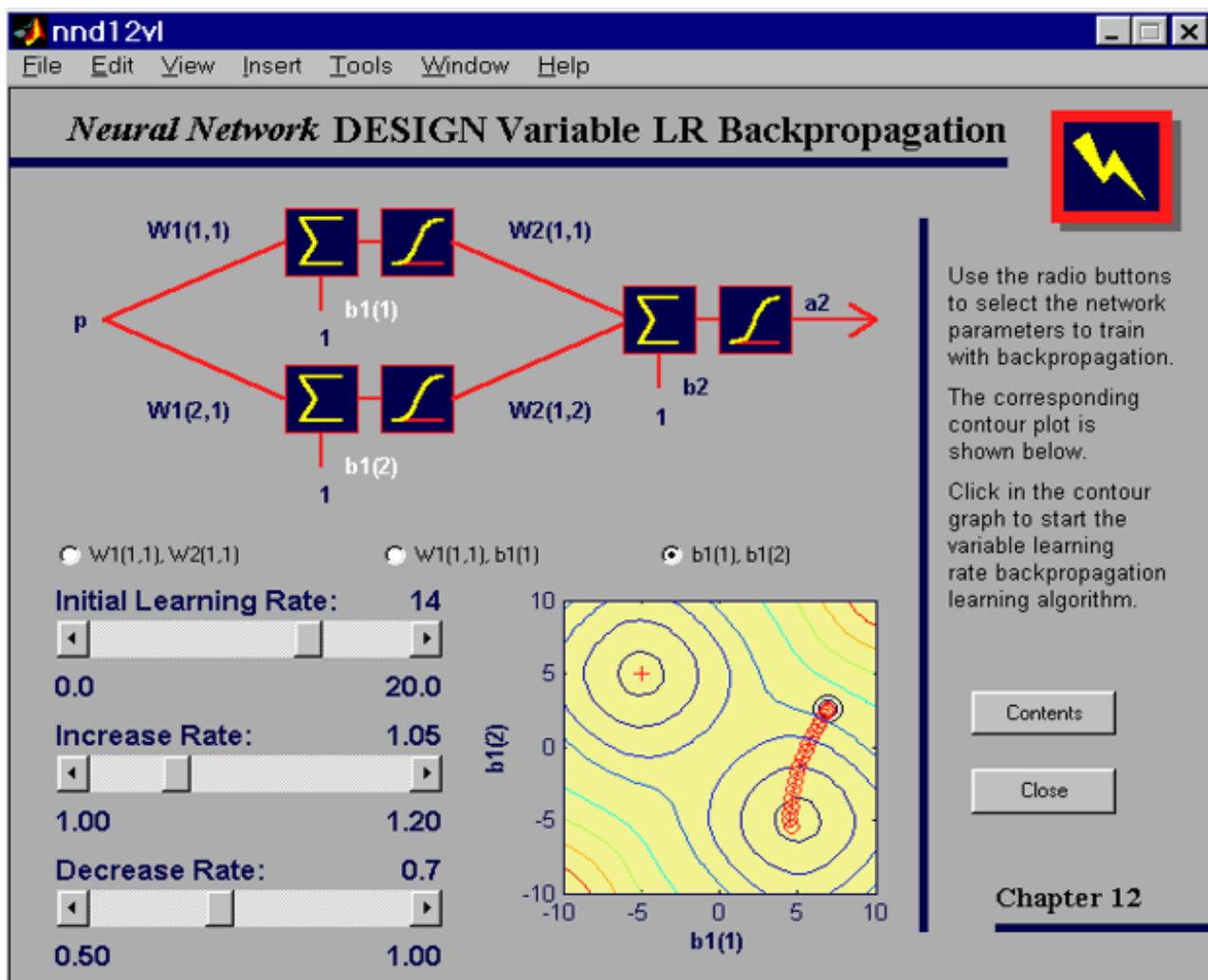


Рис. 3.4. Імітаційна модель навчання нейромережі за допомогою алгоритму з перемінною тривалістю навчання

4.2. Для різних варіантів тих параметрів, яких навчають, початкових умов і тривалості навчання дослідити ефективність навчання нейронної мережі при різних коефіцієнтах збільшення/зменшення кроку навчання. Зафіксуйте не менш 4-х скріншотів. Серед них повинні бути вдалі і невдалі (у сенсі знаходження глобального мінімуму) приклади навчання. Усвідомте вплив

коефіцієнтів збільшення/зменшення кроку навчання на удачу (невдачу) навчання.

Вимоги до оформлення звіту

Звіт повинний містити:

1. Найменування і мету роботи.
2. Скріншоти навчання нейронних мереж за допомогою алгоритмів якнайшвидшого спуска з висновками по них.
3. Скріншоти навчання нейронних мереж за допомогою миттєвого алгоритму зворотного поширення помилки з висновками по них.
4. Скріншоти навчання нейронних мереж за допомогою алгоритму з перемінною тривалістю навчання з висновками по них.

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняттю «навчання нейронної мережі».
2. Що таке метод зворотного поширення помилки?
3. Що таке параліч нейронної мережі?
4. Що таке цільова функція при навчанні нейронної мережі?
5. Які обмеження накладаються на властивості функцій активації нейронів при реалізації методу зворотного поширення помилки ?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

«КЛАСТЕРІЗАЦІЯ ДАНИХ ЗАСОБАМИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ»

Мета роботи: дослідження кластеризації двовимірних даних за допомогою алгоритму нечітких центрів.

Програма роботи

1. Попередня підготовка до роботи.
2. Дослідження кластеризації даних за допомогою алгоритму нечітких центрів.

Етапи роботи

1. Попередня підготовка до роботи

Використовуючи конспект лекцій і літературу, засвоїти принципи кластеризації даних, а також основи теорії нечіткої логіки.

2. Дослідження кластеризації даних за допомогою алгоритму нечітких центрів.

2.1. Завантажте **Matlab**. Пройдіть шлях **Start/Toolboxes/Fuzzy Logic/Demos/Fuzzy C-Means Clustering**, виконайте **Run this demo** і перед Вами відкриється графічний інтерфейс. **АБО** у командному рядку введіть назву моделі – **fcmdemo**. Перед Вами відкриється графічний інтерфейс (рис. 4.1).

Даний інтерфейс дозволяє обирати різні параметри для кластеризації 2D-даних. У правій частині інтерфейсу здійснюється вибір файлів вихідних даних, кількості шуканих кластерів, їх параметрів і кількості ітерацій. Для запуску нечіткого групування даних натисніть кнопку «Start».

Після виконання кластеризації, Ви можете обрати мишею один із кластерів і шляхом натискання кнопки «MF Plot» побачити його функцію належності (MF) (рис. 4.2).

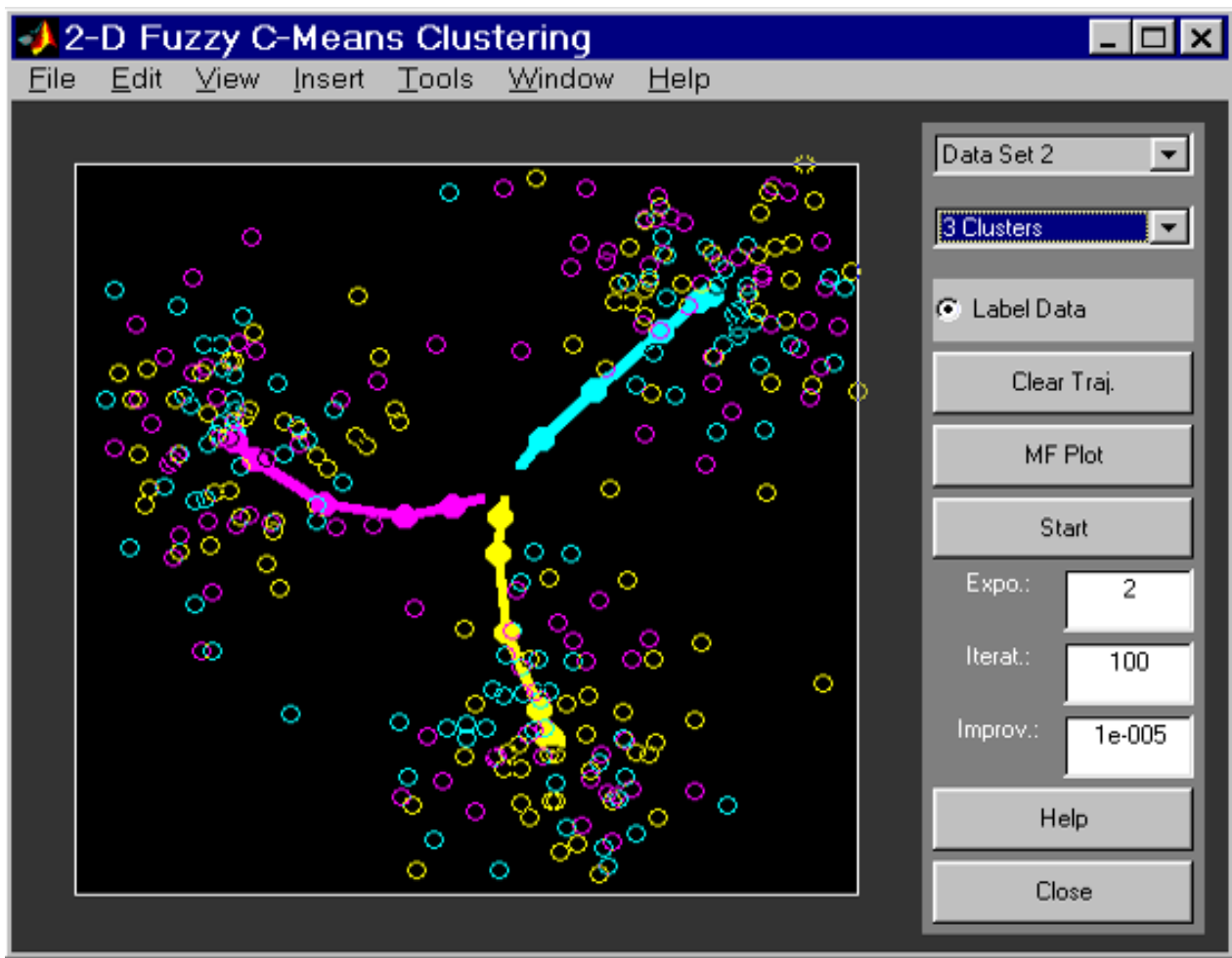


Рис. 4.1. Імітаційна модель кластеризації 2D-даних

Алгоритм нечіткої кластеризації полягає в наступному.

Кожна експериментальна точка може бути центром кластера, при цьому спочатку для кожної точки обчислюється міра правдоподібності даного припущення (функція належності MF – «потенціал точки»), яка заснована на щільності точок у заданій околиці.

Подальші обчислення відбуваються ітеративно:

- точка з найбільшим потенціалом (MF) є центром першого кластера;
- з відзначеної околиці цієї точки видаляються всі інші точки;
- процес продовжується, поки не будуть розглянуті (виключені чи оголошені центрами кластерів) усі точки.

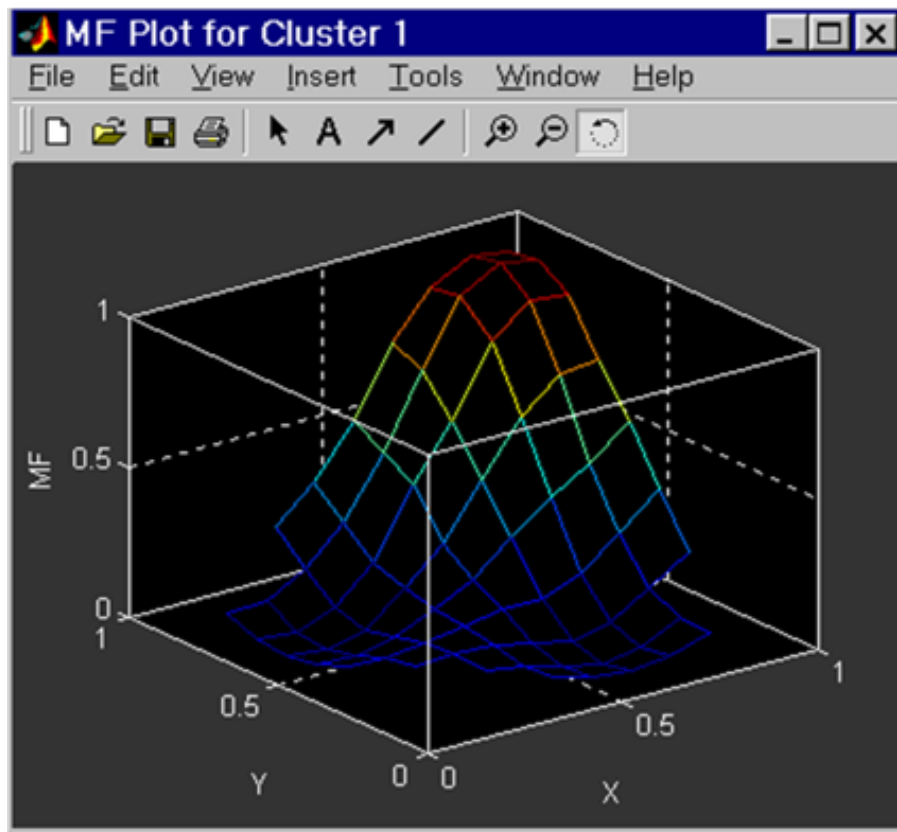


Рис. 4.2. Вигляд функції належності кластеру 1

2.2. Для різних вхідних даних і параметрів кластеризації зафіксуйте скріншоти (не менше 4-х) результатів групування даних і графіки отриманих функцій належності. Скріншоти повинні містити результати кластеризації при співпадінні (не співпадінні) кількості компактних областей і кількості шуканих кластерів.

Вимоги до оформлення звіту

Звіт повинний містити:

1. Найменування і мету роботи.
2. Скріншоти досліджень кластеризації даних за допомогою алгоритму нечітких центрів з висновками по ним.

Контрольні питання

1. Що таке кластеризація?
2. Що таке нечітка логіка?
3. Що таке функція належності?
4. Які області застосування мають методи нечіткої логіки?

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Подаються критерії оцінювання у вигляді переліку припущених недоліків, що знижують оцінку якості виконання практичного завдання.

Об'єктивна оцінка результатів розв'язання задач можлива (як і будь-яке інше вимірювання) лише при їх зіставленні з еталонними – зразками правильних та повних рішень (відповідей).

Оцінювання результатів практичних робіт здійснюється наступним чином:

1 питання – 2,5 бали;

2 питання – 2,5 бали;

3 питання – 2,5 бали;

4 питання – 2,5 бали.

Критеріями визначення оцінок приймається:

«Відмінно» – 9-10 балів;

«Добре» – 7,5-9 бали;

«Задовільно» – 6-7,5 бали;

«Незадовільно» – до 6 балів.

При остаточній оцінці результатів виконання завдання необхідно враховувати здатність студента:

- диференціювати, інтегрувати та уніфікувати знання;
- застосовувати правила, методи, принципи, закони у конкретних ситуаціях;
- інтерпретувати схеми, графіки, діаграми;
- аналізувати й оцінювати факти, події та спрогнозувати очікувані результати від прийнятих рішень;
- викладати матеріал на папері послідовно, з дотриманням вимог чинних стандартів.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Корнієнко В.І. Інтелектуальне моделювання нелінійних динамічних процесів в керуванні, кібербезпеці, телекомунікаціях: підручник / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна. – Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». – Дніпро, НТУ «ДП», 2020. – 531 с.
2. Іванченко Г.Ф. Системи штучного інтелекту : навч. посібник / Г.Ф. Іванченко. – К., 2011. – 382 с.
3. Субботін С. О. Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посібник / С.О. Субботін. – Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с.
4. Теорія систем управління: підручник / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна. – Міністерство освіти і науки України, Національний гірничий університет. – Дніпро, НГУ, 2017. – 497 с.
5. Гусєв О.Ю., Герасіна О.В., Корнієнко В.І., Нікольська О.І.. Основи теорії управління та адаптації: навч. посібн. - Дніпро: НТУ "ДП", 2021. - 345 с. - ISBN 978-966-350-755-2.
6. Gusev O.Yu. Theory of adaptive filtration: tutorial / O.Yu.Gusev, V.M.Gorev, V.I.Kornienko; Ministry of Education and Science of Ukrain, National Technical University “Dnipro polytechnic”.- Dnipro: NTU “DP”, 2019.- 156 p.

Навчальне видання

Корнієнко Валерій Іванович
Герасіна Олександра Володимирівна

СУЧАСНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт
для здобувачів ступеня магістра
освітньо-професійної програми «Телекомунікації та радіотехніка»
зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка

У 2 частинах

Частина 1

Видано в авторській редакції

Електронний ресурс.
Підписано до видання 05.09.2024. Авт. арк.1,6.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.