

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра Інформаційних технологій

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Дослідження точності прогнозування метеоелементів для
м. Одеса на основі застосування лінійної штучної нейронної мережі

Виконав студент 2 курсу групи МК- 61
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
та інформаційні технології
Коваленко Ігор Олександрович

Керівник к.т.н., доц.
Перелигін Борис Вікторович

Консультант _____

Рецензент к.геог.н., доц.
Боровська Галина Олександрівна

Одеса 2018

АНОТАЦІЯ

Представлена магістерська робота Коваленка Ігоря Олександровича, на тему «Дослідження точності прогнозування метеоелементів для м. Одеса на основі застосування лінійної штучної нейронної мережі».

В сучасному прогнозуванні одним з найпопулярніших методів є синоптичний метод. Недоліком синоптичного методу прогнозування є людський фактор, тому для покращення прогнозів було вирішено використати лінійну нейронну мережу.

Мета роботи полягає в дослідженні точності прогнозування температури на основі звичайних, центрованих та центровано-нормованих даних за допомогою лінійної нейронної мережі.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішення наступних завдань:

- створення та навчання нейронної мережі;
- створення програми;
- побудова графіків результату та їх дослідження.

Як результат було досліджено точність прогнозування в точці за допомогою лінійної штучної нейронної мережі.

Здобутті результати можна використовувати в метеорології при прогнозуванні температури за допомогою синоптичного методу прогнозування, використовуючи лінійну штучну нейронну мережу.

Такі знання можуть знадобитись у флоті чи авіації при прогнозуванні погоди в окремий період часу чи на довгий проміжок часу.

Магістерська робота викладено на 70 сторінках, включає 2 таблиці, 26 рисунків, 12 формул, 1 додаток та 25 літературних посилань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: прогнозування, клімат, метеореологія, лінійна нейронна мережа, температура.

SUMMARY

The work of Kovalenko Ihor Aleksandrovich on the topic "Investigation of accuracy of forecasting of meteorological elements for the city of Odessa on the basis of application of artificial linear neural network" is presented.

In today's forecasting one of the most popular methods is the synoptic method. The disadvantage of the synoptic forecasting method is the human factor, so it was decided to use the linear neural network to improve the predictions.

The purpose of the work is to study the accuracy of prediction of temperature on the basis of conventional, centered and centered-normalized data using a linear neural network.

To achieve this goal you need to solve the following tasks:

- creation and training of the neural network;
- creating a program;
- construction of results charts and their research;

As a result, the accuracy of prediction at the point was investigated using linear artificial neural network.

The obtained results can be used in meteorology in predicting temperature using a synoptic forecasting method using a linear artificial neural network.

Such knowledge may be needed in a fleet and aircraft in predicting weather in a particular period of time or for a long period of time.

Master's thesis is presented on 70 pages, includes 2 tables, 26 figures, 12 formulas, 1 supplement and 25 literary references.

KEYWORDS: forecasting, climate, meteorology, linear neural network, temperature.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРОЦЕДУРИ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ТОЧЦІ.....	8
1.1 Прогнози погоди.....	8
1.1.1 Загальні відомості про прогнози погоди.....	8
1.1.2 Способи та основні етапи методів короткострокових прогнозів погоди.....	11
1.1.3 Комплексний аналіз атмосферних процесів.....	13
1.2 Прогноз тиску повітря в точках поля.....	14
1.3 Прогноз температури повітря біля поверхні землі.....	16
1.3.1 Схема прогнозу.....	16
1.3.2 Прогноз добового ходу температури.....	20
1.3.3 Прогноз максимальної та мінімальної температури повітря.....	22
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ТА КЛІМАТИЧНИЙ ОПИС ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	25
2.1 Фізико-географічна характеристика.....	25
2.2 Кліматична характеристика.....	26
2.2.1 Кліматична характеристика сезонів.....	30
3 АНАЛІЗ ЛІНІЙНІЇ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ, ПРОЦЕДУРИ ЇЇ НАВЧАННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ ДАНИХ.....	36
3.1 Опис лінійної штучної нейронної мережі і її архітектура.....	36
3.2 Необхідні вихідні дані для лінійної штучної нейронної мережі і її навчання.....	40
3.3 Аналіз застосування лінійної нейронної мережі для екстраполяції даних	43
4 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ ОДЕСИ НА ОСНОВІ ЛІНІЙНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ТА ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ.....	47

4.1 Лінійна нейрона мережа на температурному ряді.....	47
4.2 Лінійна нейрона мережа на температурному ряді приведенного до центрованого вигляду.....	52
4.3 Лінійна нейрона мережа на температурному ряді приведенного до центровано-нормованого вигляду.....	57
5 КЕРУВАННЯ ПРОЕКТОМ.....	62
5.1 Планування проекту.....	62
5.2 Керування ризиками проекту.....	63
5.3 Оцінка трудомісткості і термінів розробки програмного забезпечення.	64
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	70
ДОДАТОК А Графічна частина магістерської роботи.....	72

ВСТУП

Мета роботи полягає в дослідженні точності прогнозування температури на основі звичайних, центрованих та центровано-нормованих даних за допомогою лінійної нейронної мережі.

В першому розділі магістерської роботи розглянуті теоретичні основи прогнозування.

В другому розділі дана загальна характеристика клімату у різні пори року.

В третьому розділі представлено опис нейронної мережі.

В четвертому розділі представлена розробка, навчання та робота нейронної мережі та коду програми.

Заключна частина містить інформацію про розробку проекту.

1 АНАЛІЗ ПРОЦЕДУРИ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ТОЧЦІ

1.1 Прогнози погоди

1.1.1 Загальні відомості про прогнози погоди

Метеорологічним прогнозом називається очікуваний стан метеорологічних величин або їх полів, отриманий на основі дослідження закономірностей атмосфери відповідно до вживаних методів.

За завчасністю прогнози погоди поділяються на короткострокові (КПП) і довгострокові (ДПП).

До короткострокових відносяться прогнози погоди, завчасність яких складає до 36 год, до довгострокових – більше 36 год.

До КПП також належать надкороткострокові прогнози погоди (це частіш за все авіаційні прогнози погоди), прогнози погоди на півдобу, добу, морські прогнози, медичні. Матеріали, які необхідні для складання КПП, це – синоптичні карти (прогностичні, діагностичні), вертикальні розрізи атмосфери, діаграми, дані метеорологічного радіолокатора (МРЛ), супутникові дані, дані нефаналізу. Використовується різноманітна синоптична і метеорологічна інформація, що дозволяє як можна точніше і з максимальною завчасністю скласти короткостроковий прогноз.

Короткострокові прогнози погоди поділяються на декілька типів:

- прогнози погоди загального користування – складаються для широкого кола населення і деяких народногосподарських організацій;
- спеціалізовані прогнози погоди або оперативно-галузеві – складаються для певних галузей народного господарства з урахуванням специфіки роботи даної галузі. Наприклад, авіаційні прогнози погоди враховують вплив погодних умов на роботу авіаційного транспорту.

Складаються також морські прогнози погоди, прогнози погоди для сільськогосподарських районів, комунального господарства, лісосплавів, роботи в лісі, медичні прогнози погоди тощо.

Прогнози загального користування і прогнози для цілого ряду організацій складаються з 12-годинним інтервалом – окремо на день і на ніч. Добові прогнози погоди можуть уточнюватися прогнозами на менший проміжок часу.

Прогнози погоди складаються по пункту, маршруту, району, області, по всій країні, а також по великих територіях (наприклад, по всій Європі.)

Прогнози погоди по великій території називають фоновими прогнозами. Прогнози погоди по меншій території уточнюються за допомогою введення місцевих або локальних поправок[1].

У залежності від галузі народного господарства, для якої складається той чи інший прогноз погоди, в ньому міститься різна інформація. Наприклад, в прогнозах погоди загального користування передбачається хмарність, опади, особливі явища, вітер і температура повітря. Для морського флоту – напрямок і швидкість вітру, явища погоди, видимість, температура повітря та води. В авіаційних прогнозах – кількість і форма хмарності з урахуванням всіх ярусів, нижня і верхня межа хмарності, безхмарні прошарки, небезпечні явища, напрямок і швидкість вітру, тиск і температура повітря.

У залежності від характеристики величин, що прогнозуються, прогнози погоди поділяють на кількісні та якісні. Наприклад, температура частіше дається числом – кількісний прогноз, хмарність – як якісно, так і кількісно.

При формуванні прогнозів погоди необхідно пам'ятати, що процес складання прогнозу має ступінчатий характер: необхідно спочатку скласти фоновий прогноз, оскільки поля метеорологічних величин є багатофакторними і взаємопов'язаними.

Відносно обліку взаємозв'язку між різними метеорологічними величинами синоптичний метод прогнозування має ряд переваг. Цей метод поділяється на декілька етапів:

- 1) виходячи з аналізу поточної і майбутньої синоптичної ситуації, складається фоновий прогноз;
- 2) визначається характер адвекції ("перенесення" умов погоди, що вже спостерігались);
- 3) вводяться поправки на еволюцію метеорологічних величин (трансформацію);
- 4) враховуються місцеві поправки з урахуванням локальних особливостей.

У цей час в оперативній практиці застосовується декілька методів прогнозу метеорологічних величин:

- якісно-фізичний метод прогнозу погодних умов базується на прогнозі синоптичної ситуації і пов'язаних з нею погодних умов. В основі цього зв'язку лежать характерні закономірності розвитку баричних утворень, тобто складається фоновий прогноз;

- гідродинамічний метод прогнозу базується на встановленні функціональної залежності між тенденціями якої-небудь метеорологічної величини і фактичним значенням цього параметра. У цей час гідродинамічними методами складаються прогнози полів тиску, геопотенціалу, потім переходять до прогнозу вітру біля поверхні землі і на висотах. Ці дані використовуються для побудови траєкторій, полів температури, адвективних явищ тощо;

- статистичні (ймовірнісні) методи прогнозу. В їх основі лежить дослідження зв'язку між майбутнім значенням метеорологічних величин (предиктант) і рядом параметрів (званих в статистиці предиктор).

Основні вимоги до методів прогнозу погоди

1. Початкові дані для розробки прогнозів за методом, що розглядається, повинні мати точність, яка забезпечує прийнятну помилку

прогнозу. Краще для прогнозу використовувати фактичні дані, ніж прогностичні.

2. Вихідні дані для розробки прогнозу повинні бути доступні прогностисту під час складання прогнозу.

3. Метод має бути об'єктивним.

4. Метод повинен забезпечувати точність прогнозу метеорологічних величин або явищ, яка задовольняє більшу частину споживачів.

5. Метод повинен бути заздалегідь випробуваний на незалежному матеріалі, тобто апробований.

1.1.2 Способи та основні етапи методів короткострокових прогнозів погоди

Сучасна система методів короткострокового прогнозування являє собою сукупність методик, заснованих на експертному оцінюванні, екстраполяції і моделюванні.

Екстраполявання в метеорологічному прогнозуванні представляють статистичні методи прогнозу. Оскільки вони засновані на фізичних концепціях, то їх ще називають фізико-статистичними. Ці методи ґрунтуються на фізичному уявленні про зв'язки характеристик атмосферних процесів в минулих і початкових для прогнозу моментах. При розробці фізико-статистичних методів моделюється не стан атмосфери, як об'єкта дослідження, а моделюється структура і зміст зв'язку між станами в минулому і майбутньому[2].

Моделювання при метеорологічному прогнозуванні реалізується у вигляді опису початкового стану атмосфери системою рівнянь гідротермодинаміки, що зазнає зміни у часі. Це гідродинамічний метод прогнозування. Сучасні гідродинамічні моделі дозволяють прогнозувати поля практично всіх метеорологічних величин, тобто тиску, геопотенціалу, температури, вологості, вітру, вертикальних рухів із завчасністю декілька

діб. До достоїнств гідродинамічних методів відноситься можливість точного прогнозування стану прийнятої моделі, комплексність прогнозу, узгодженість метеорологічних полів один з одним. Якість прогнозу залежить від адекватності моделі, тобто від досконалості і точності її кількісного опису. У цей час за гідродинамічними методами розробляються фонові прогнози погоди, прогноуються поля тиску і вертикальних рухів. Точність прогнозу інших метеорологічних величин ще не відповідає в належній мірі вимогам, що пред'являються практикою. Гідродинамічні прогнози розробляються у великих метеорологічних центрах для порівняно великих територій, тобто це фонові прогнози, які потребують уточнення за місцем і часом.

При фізико-статистичному підході фізична модель зв'язку між початковим і останнім станом атмосфери використовується лише для визначення характеристик реальної атмосфери, які асинхронно пов'язані зі значенням величини, що прогнозується, або явищами, що прогноуються, тобто прогнозується не стан моделі, а стан реальної атмосфери.

Фізико-статистичні методи прогнозу дозволяють передбачити ймовірність здійснення різних значень або градацій величини, що прогнозується чи фази явища. Тому такі прогнози можуть бути як категоричними, так і ймовірнісними.

Недоліки фізико-статистичних методів:

- за допомогою цих методів розробляються індивідуальні прогнози, тобто прогнози якої-небудь однієї величини або явища, які в подальшому потребують узгодження, що проводиться методом експертного оцінювання;
- необхідність наявності тривалих рядів спостережень.

При короткостроковому прогнозуванні елементів і явищ погоди важливо знати різні характеристики, такі, як добовий хід, міждобова мінливість, дати переходу метеорологічних елементів через задані межі, оцінка аномальності, а також безперервна тривалість явищ.

Кліматична інформація дозволяє зіставити аномалії поточної погоди з їх аналогами в минулому, що часто дає можливість уникнути великих помилок в прогнозі.

1.1.3 Комплексний аналіз атмосферних процесів

Суть комплексного аналізу (КА) полягає у вивченні стану атмосфери в заданому районі за допомогою карт погоди та інших матеріалів. При цьому встановлюються закономірності, які були та існують в розвитку синоптичних процесів і робляться висновки про передбачуваний їх розвиток в подальшому. Тому метою КА є, виходячи із минулого і теперішнього в розвитку синоптичних процесів, передбачають майбутнє, тобто дається прогноз.

Основні принципи КА наступні.

1. Зіставлення (порівняння). При зіставленні і порівнянні синоптик порівнює метеорологічні величини на одній або різних метеостанціях в один і той же момент часу або в різний час. Наприклад, проведення ізобар на приземній карті погоди є не що інше, як порівняння атмосферного тиску в один момент часу на різних станціях, а аналіз запису барографа – це аналіз зміни в часі атмосферного тиску на одній станції[3].

При послідовному зіставленні карт погоди можна оцінити еволюцію, напрямок і швидкість переміщення баричних утворень і атмосферних фронтів, а проведення атмосферних фронтів на карті – це порівняння погодних умов на різних станціях на одній або навіть декількох картах.

2. Репрезентативність (показовість). Принцип показовості полягає в тому, що результати спостережень на станціях повинні бути характерними для атмосферного процесу, що спостерігається. Якщо ж станція підлягає впливу будь-яких місцевих умов, то результатами спостережень на цій станції краще не користуватись або використовувати з обережністю. Наприклад, на станції розміщеній на березі великих водоймищ, напрямок

вітру не може бути показовим із-за існуючих місцевих бризових циркуляцій; температура повітря на цих станціях не є показовою із-за різного термічного режиму води і суші (гірсько-долинні циркуляції, фени, бора тощо).

3. Історична послідовність. Цього принципу КА також завжди повинен дотримуватись синоптик. Перед складанням прогнозу погоди завжди необхідно проглянути карти за попередні строки, уяснити попередній розвиток процесів.

4. Тривимірність. Це останній принцип КА. Він заснований на тому, що в атмосфері всі процеси відбуваються не на площині, а в об'ємі, і тому синоптик повинен добре уявляти, як поведуть себе (зміняться) ті чи інші метеовеличини при зміні висоти, на якій проводиться КА. Наприклад, атмосферний фронт часто буває простіше шукати на карті АТ-850, ніж на приземній (де фронт як би «маскується»).

Послідовність КА залежить від характеру синоптичної ситуації, особливостей розвитку атмосферних процесів і навіть від характеру і звичок самого синоптика.

1.2 Прогноз тиску повітря в точках поля

Пункти для розрахунку майбутнього тиску вибирають довільно, але так, щоб вони були рівномірно розподілені на розглянутій території і число їх було б достатнім для подальшого впевненого проведення ізобар. Відстань між найближчими вибраними пунктами не повинна перевищувати 400 км.

Адвективний спосіб розрахунку тиску в точках поля. Спосіб, заснований на розрахунку за баричними тенденціям вздовж шляху перенесення. В основі способу лежить теоретичне положення, що локальні зміни приземного тиску в значній мірі обумовлені його адвекцією.

Локальні зміни тиску в часі можна розглядати як суму його еволюційних (трансформаційних) та трансляційних (адвективних) змін:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \left(\frac{\partial P}{\partial t} \right)_{\text{эвол}} + \left(\frac{\partial P}{\partial t} \right)_{\text{адв}}.$$

Адвекція тиску осередненим повітряним потоком, який є аналогом ведучого потоку, є одним з істотних факторів, що обумовлюють локальні зміни до поля приземного тиску.

У першому наближенні приймається, що приземне баричне поле переміщується у напрямку ізогіпси AT_{700} або AT_{500} зі швидкістю, пропорційною швидкості потоку на цих поверхнях.

На першому етапі прогнозу будується прогностична траєкторія способом перенесення (за двома картками – висотної прогностичної і фактичної).

Спочатку на прогностичній висотній карті AT_{700} або AT_{500} будується траєкторія (назад по потоку) для половини проміжку часу від початкового моменту до моменту прогнозу. Прогностична карта враховує можливі зміни висотного баричного поля до моменту терміну прогнозу.

Отримана точка переноситься на фактичну висотну карту і проводиться аналогічна операція і визначається район, з якого здійсниться перенесення повітряної частинки в пункт прогнозу (початок траєкторії). Якщо відсутні висотні прогностичні карти, то траєкторія будується за фактичною картою з введенням поправок на очікувані зміни баричного поля на основі наближеної оцінки майбутніх змін.

Спосіб розрахунку тиску в точках поля за баричними тенденціями

Тиск приймається рівним: $P_{\text{прогн}} = P + k \frac{\overline{\partial P}}{\partial t}$, де k – число 3-годинних інтервалів, що входять в період $(t_0 + t_{\text{прогн}})$, $\frac{\overline{\partial P}}{\partial t}$ – середнє значення барометричні тенденції вздовж шляху перенесення.

Етапи прогнозу:

1. Будується прогностична траєкторія способом перенесення (за двома картками – висотної прогностичної та фактичною).

2. Траєкторія розбивається на ділянки з приблизно однаковими значеннями $\frac{\partial P}{\partial t}$ на кожній ділянці.

3. Визначається середнє значення $\frac{\partial P}{\partial t}$ вздовж шляху перенесення повітряної частинки як алгебраїчне середнє із значень, отриманих для всіх ділянок з урахуванням їх відносної довжини (тобто з урахуванням вкладу $\frac{\partial P}{\partial t}$ на кожній ділянці).

4. Розраховується $k \frac{\partial \bar{P}}{\partial t}$ і, нарешті, $P_{\text{прогн}}$.

5. Якщо очікується, що протягом доби знак зміни тиску зміниться на протилежний, то визначається приблизний час цього переходу. Потім знаходиться середня величина барометричних тенденцій окремо для проміжку часу Δt_1 , коли буде відбуватися, наприклад, зниження тиску $\left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial t}\right)_{\Delta t_1}$, окремо – для проміжку часу Δt_2 , коли буде відбуватися, наприклад його зростання $\left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial t}\right)_{\Delta t_2}$.

Отримані величини $\left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial t}\right)_{\Delta t_1}$ і $\left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial t}\right)_{\Delta t_2}$ множать на число 3-годинних інтервалів, що укладаються в кожному проміжку часу і знаходять середнє $\left(\frac{\partial \bar{P}}{\partial t}\right)$ по всьому інтервалу часу.

1.3 Прогноз температури повітря біля поверхні землі

1.3.1 Схема прогнозу

В основі прогнозу температури повітря лежить використання рівняння притоку тепла:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = - \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) - w(\gamma_a - \gamma) + \frac{\varepsilon}{c_p}, \quad (1.1)$$

в якому ліва частина виражає локальну зміну температури в точці прогнозу, перший доданок правої частини – адвективні зміни температури, другий доданок – адіабатичну трансформацію повітряної маси і третій доданок – неадіабатичну трансформацію повітряної маси; ε – приток тепла за час δt , віднесений до одиниці маси повітря (ε характеризує фазові переходи води).

При прогнозі температури повітря біля поверхні землі основними факторами, що впливають на локальну зміну температури, є адвективні зміни температури і неадіабатична трансформація повітряних мас. Адвективні зміни температури повітря визначаються швидкістю перенесення і неоднорідністю поля температури[4].

Адвективна зміна температури повітря знаходиться графічним шляхом (побудовою траєкторій переміщення повітряних часток). Тоді $\delta T_a \approx T_k - T_n$, де T_k і T_n – значення температури в кінцевій і початковій точках траєкторії відповідно.

У геострофічному наближенні адвективні зміни температури можна обчислити за формулою:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_{adv} = - \frac{g}{l} H_n T_v \sin \beta, \quad (1.2)$$

де H_n – горизонтальний градієнт геопотенціалу (щільність ізогіпс);

T_v – горизонтальний градієнт температури (щільність ізотерм);

β – кут адвекції (кут між додатним напрямом ізогіпси і додатним напрямом ізотерми, тобто $\beta > 0$ при відхиленні ізотерми ліворуч, $\beta < 0$ при відхиленні її праворуч від ізогіпси);

$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)'_{adv} = 0$, якщо ізотерми паралельні ізогісам карт абсолютної топографії;

$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)'_{adv} > 0$, якщо спостерігається відхилення праворуч, тобто відмічається адвекція тепла; $\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)'_{adv} < 0$ при адвекції холоду.

Міждобові адвективні зміни температури повітря можуть досягати 10 і більше градусів Цельсія (наприклад, при проходженні холодних фронтів).

Якщо поле тиску стаціонарне, тоді адвективні зміни температури можна розраховувати, користуючись методами формальної екстраполяції.

Адіабатичні зміни температури (другий доданок в рівнянні притоку тепла):

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)'_{adiaб} = -w(\gamma_a - \gamma) = \frac{1}{g\rho}\tau(\gamma_a - \gamma), \quad (1.3)$$

де $\tau \approx -g\rho w$ – аналог вертикальної швидкості.

Адіабатичні зміни температури повітря визначаються величиною вертикальної складової w або її аналога τ , і залежать від характеру стратифікації атмосфери. При стійкій стратифікації атмосфери $(\gamma_a - \gamma) > 0$ і $\tau < 0$ (висхідні потоки), має місце адіабатичне охолодження повітряних мас. При стійкій стратифікації, але при низхідних вертикальних рухах, має місце адіабатичне нагрівання повітряних мас. При нестійкій стратифікації $(\gamma > \gamma_a)$ мають місце, відповідно, протилежні умови: $(\gamma_a - \gamma) < 0$ і $\tau < 0$ – адіабатичне нагрівання, $(\gamma_a - \gamma) < 0$ і $\tau > 0$ – адіабатичне охолодження. Прикладом є формування ліній шквалів в низьких широтах. Метеорологи тих місць приймають шквали як холодний фронт, так як $(\gamma_a - \gamma) < 0$, $\tau > 0$, отже

$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)'_{adiaб} < 0$. Адіабатичні зміни температури особливо значні в середній

тропосфері, оскільки тут τ за рахунок процесів цикло-антициклогенезу прагне до максимуму на середньому (бездивергентному) рівні.

Спрощення рівняння притоку тепла призвело до того, що допустили $\frac{\partial p}{\partial t} = 0$, тобто в існуючих межах не спостерігаються зміни температури повітря. Це справедливе в тих випадках, коли осередки падіння і зростання тиску малоактивні. При значних перебудовах баричного поля, очевидно, цього робити не можна.

Третій доданок в рівнянні притоку тепла – зміна температури за рахунок неадіабатичного притоку тепла:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_{\text{неадіаб}} = \frac{\varepsilon}{c_p}, \quad (1.4)$$

де c_p – питома теплоємність при постійному тиску.

Всі ці доданки визначаються в оперативних умовах шляхом використання напівемпіричних залежностей.

Швидкість вітру по-різному впливає на трансформаційні зміни температури: значна швидкість вітру згладжує трансформаційну поправку, а слабкі швидкості посилюють її.

У практиці розраховують індивідуальну зміну кількості хмарності у фіксованому об'ємі:

$$\delta N = N_k - N_n, \quad (1.5)$$

де N_k і N_n – кількість хмарності в кінцевій і початковій точках траєкторії.

Як відомо, на складові радіаційного балансу особливо впливає хмарність нижнього ярусу.

Для визначення загальної величини N рекомендується використовувати наступне співвідношення:

$$N = N_{CL} + 0,75N_{CM} + 0,25N_{CH} \quad \text{або} \quad N = N_{CL} - 0,5(N_0 - N_{CL}), \quad (1.6)$$

де N_{CL} , N_{CM} , N_{CH} – кількість хмар (у балах) відповідно для нижнього, середнього та верхнього ярусів;

N_0 – загальна кількість хмар.

Кількість хмарності по-різному впливає на зміну температури повітря. Хмарність згладжує добовий хід температури в різні сезони. Збільшення хмарності в холодне півріччя призводить до підвищення температури, а в літній період – до зниження температури.

Фазові переходи тепла також визначаються шляхом використання напівемпіричних зв'язків (графічно). Трансформація повітряних мас за рахунок фазових переходів розраховується в тих випадках, коли відмічається трансформаційне зниження температури на початку траєкторії. В умовах насичення за рахунок виділення тепла при процесах конденсації трансформаційна зміна температури буде уповільненою (відносно сухого повітря).

1.3.2 Прогноз добового ходу температури

Задача прогнозу добового ходу температури дуже складна, хоча можна теоретично його скласти (з урахуванням широти місця і т.д.), але при цьому не враховуються вітровий режим, зміни хмарності, місцеві умови і трансформація повітряних мас за рахунок зовнішніх умов, турбулентних потоків тепла, стратифікації тощо).

В оперативній практиці рекомендується проводити облік добового ходу температури при різному стані неба (хмарність), з урахуванням висоти хмарності, причому застосовуються графіки, побудовані по різних емпіричних залежностях. Звичайно ці графіки відпрацьовуються в діагнозі, а потім переводяться на прогноз (рис. 1.1).

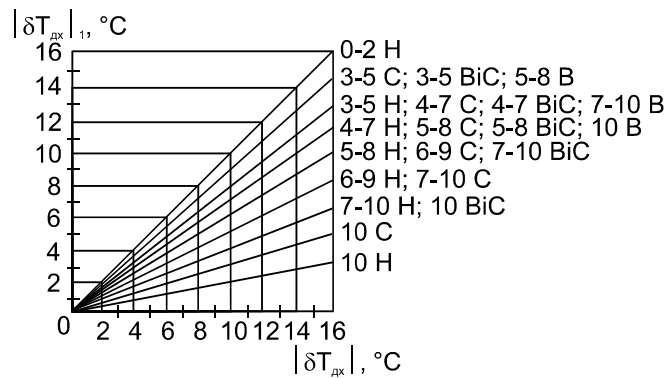


Рисунок 1.1 – Графік для обліку впливу хмарності на добовий хід температури повітря

Такі графіки можуть бути уточнені (рис.1.2) шляхом введення деяких умов (вітер, стан підстильної поверхні тощо). Їх оцінка дає високий результат. При завчасності прогнозу 12 год справджуваність цих зв'язків 98% на найближчу ніч і 99% на поточний день, а в добовому прогнозі – 90%.

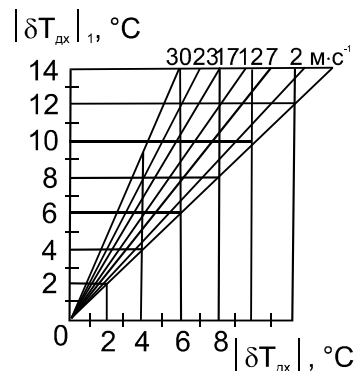


Рисунок 1.2 – Графік для урахування впливу швидкості вітру на добовий хід температури повітря

При розрахунку добового ходу необхідно передбачати можливість утворення туману в пункті прогнозу. Значно впливають на добовий хід температури повітря опади, що випадають. У теплий період року

температура на станції, де випадають опади, може бути на 5...10 °С нижче, ніж температура там, де опади не спостерігаються.

Великий вплив на добовий хід температури повітря має швидкість вітру і місцеположення пункту. На станціях, розташованих на підвищених формах рельєфу, добовий хід температури більш згладжений. На станціях, що знаходяться в улоговинах та інших формах зниженого рельєфу, добовий хід температури максимальний. На добовий хід температури також впливає теплопровідність ґрунту. Це призводить до неоднорідного розподілу мінімальної температури (особливо пізньою осінню і на початку весни), викликаного впливом рельєфу. Неоднорідність максимальна над ґрунтом, який місцями покритий снігом. Основною причиною цього є різка зміна альбедо – від 5% (волога поверхня зораної землі) до 70...90% (сніговий покрив). Згладжений добовий хід температури повітря також над морем. При малоохмарній погоді добова амплітуда температури не перевищує 1...2 °С над великими озерами і водоймищами. Вона зменшується в порівнянні з її значенням над сушею пропорційно розмірам і глибині водоймища.

1.3.3 Прогноз максимальної та мінімальної температури повітря

При прогнозі максимальної температури на поточний $(T_{\max})_{12}$ та на наступний $(T_{\max})_{36}$ день використовують формули:

$$(T_{\max})_{12} = (T_a)_{12} + (\delta T_{\text{тр}})_{12} + \delta T_{\text{д.х.}}, \quad (1.7)$$

$$(T_{\max})_{36} = (T_a)_{36} + (\delta T_{\text{тр}})_{36} + \delta T_{\text{д.х.}}, \quad (1.8)$$

де $(T_a)_{12}$ та $(T_a)_{36}$ – значення температури у початкових точках 12- та 36-годинних траєкторій.

При прогнозі трансформаційних змін температури $(\delta T_{\text{т}})_{12}$ та $(\delta T_{\text{т}})_{36}$ використовують формули:

$$(\delta T_{\text{тр}})_{12} = 0,2 (\Delta T_0)_{12}, \quad (1.9)$$

$$(\delta T_{\text{тр}})_{36} = 0,2 (\Delta T_0)_{36}, \quad (1.10)$$

де $(\Delta T_0)_{12}$ та $(\Delta T_0)_{36}$ – різниця значень температури у початковий момент часу в кінці та на початку траєкторії.

Значення $\delta T_{\text{д.х.}}$ визначають за даними про добовий хід температури з урахуванням прогнозу хмарності на день поточної та наступної доби.

Максимальна температура на поточний день та наступну добу може бути визначена також за формулою

$$T_{\text{max}} = T_{\text{min}} + A_N, \quad (1.11)$$

де A_N – середня добова амплітуда температури для відповідного місяця і даного району при очікуваній хмарності[5].

У випадку хмарної погоди добову амплітуду температури A_N обчислюють за емпіричною формулою

$$A_N = k A_0, \quad (1.12)$$

де k – коефіцієнт, який дорівнює 0,38 для хмарного (8...10 балів) та 0,65 для напівхмарного (6...7 балів) неба;

A_0 – добова амплітуда температури при ясному небі.

Величина A_N може бути знайдена за формулою:

$$A_N = A_0 (1 - 0,008 N^2), \quad (1.13)$$

де N – кількість хмар нижнього ярусу в балах.

Цілком задовільні результати прогнозу T_{\max} вказаним способом виходять при хмарності нижнього і середнього ярусів не більше 6 балів. При значній хмарності і особливо при випаданні опадів в першу половину дня значення T_{\max} буде нижче (іноді більш ніж на 5 °С) в порівнянні з результатами розрахунку.

Слід враховувати, що на величину T_{\max} впливає рельєф місцевості. В улоговинах T_{\max} влітку вища, ніж на вершині пагорба, у зв'язку з ослабленням перемішування повітря в улоговині. На побережжі морів і озер значення T_{\max} може бути змінене бризом, а в горах – феном.

Відомо, що мінімальна температура повітря спостерігається вночі (ранком), але під впливом різноманітних факторів, таких як умови циркуляції та в залежності від теплових якостей повітряної маси, її вологості, швидкості вітру, стану поверхні ґрунту, рельєфу місцевості та інших, може відмічатися в інші години доби; її значення суттєво залежить від вказаних вище факторів. Вплив деяких з цих факторів не завжди можна визначити. Мінімальна температура обчислюється за даними карт погоди за будь-який строк спостережень (за 00 СГЧ) або за даними карти мінімальних значень температури поточної доби.

Розрахунок виконується за формулою:

$$T_{\min} = T_a + \delta T_{\text{тр}} + \delta T_{\text{д.х}} . \quad (1.14)$$

Значення $\delta T_{\text{д.х}}$ дорівнює зниженню температури від вихідного строку до моменту, коли настає мінімальна температура, і знаходиться за даними про добовий хід температури.

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ТА КЛІМАТИЧНИЙ ОПИС ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Фізико-географічна характеристика

Одеська область, найбільша на Україні, розташована на крайньому південному заході України та межує з Вінницькою, Кіровоградською, Миколаївською областями, а також з Республікою Молдова та Румунією.

Область займає територію Північно-Західного Причорномор'я від гирла річки Дунай до Тілігульського лиману (морське узбережжя в межах області простягається на 300 км), а від моря на північ – на 200-250 км. Загальна площа території області складає 33,3 тис.кв.км (5,5% території України), що майже відповідає розмірам території Республіки Молдови (33,4 тис.кв.км).

Більша її частина рівнинна з невеликим ухилом у бік моря, тільки на північно-західну і західну її частини заходять невисокі згладжені відроги Волинсько-Подільської височини і південні відроги Молдавських Кодр. У підвищеній частині області висота місцевості ледь перевищує 200 м над рівнем моря. У бік моря і долин рік місцевість поступово знижується до висоти 100 м і менше. Рельєф області на півночі розрізаний глибокими балками ярами, на півдні водорозділи стають широкими, глибина балок зменшується.

Морське узбережжя в межах області, простягається на 300 км. Одещина розміщена у степовій та лісостеповій природних ландшафтних зонах.

Ріки Одеської області належать басейну Чорного моря. Через північні райони області протікає Південний Буг. Береги його характеризуються великою крутизною. Дунай і Дністер течуть у широких заболочених долинах. У плавневій частині багато озерць. Дельта Дунаю дуже заболочена і розрізана численними рукавами і протоками. Крім того, у південній частині

області по глибоких і широких долинах протікають невеликі річки, які влітку пересихають. У північній і центральній частинах області є ставки.

Більшість лиманів на морському узбережжі ізольовані від моря, лише деякі з лиманів з'єднуються з морем і використовуються для судноплавства.

Одеська область розміщена на крайньому південному заході України та межує з Вінницькою, Кіровоградською, Миколаївською областями, а також на суші та на морі з Республікою Молдовою, Румунією, Болгарією, Турцією.

На лівобережжі нижнього русла річки Дунай та в долині між Кілійським гирлом та Дністровським лиманом знаходяться прісноводні озера Кагул, Ялпуг, Катлабух, Китай та солоні – Сасик, Алібей, Бурнас, Будацьке, Шагани, в східній частині – солоні лимани Хаджибейський, Куяльницький, відомі своїми цілющими грязями[6].

Область відноситься до зони інтенсивного степового хліборобства з розвиненим зрошенням. Прибережною частиною вона потрапляє до рекреаційної зони Північно-Західного Причорномор'я, розміщена близько від великих промислових регіонів.

До області належить острів Зміїний. Площа – 33,3 тис. км² (5,5 % території України), це найбільша за територією область в Україні.

Незважаючи на свою порівняно невелику площу (5,5% території України), Одеська область розташовується в трьох кліматичних зонах: Придністровський лісостеп, Західний степ, Причорноморський степ. Кількість днів без сонця майже 70 за рік (у квітні, травні, вересні та жовтні їх не більше як по 4, з листопада по лютий – у середньому по 14).

2.2 Кліматична характеристика

Клімат Одещини помірно континентальний зі спекотним сухим літом, м'якою малосніжною нестійкою зимою. Середньорічна температура коливається від 8,2⁰ на півночі до 10,8⁰ С на півдні. Відповідно взимку вона складає – 5,0⁰, а влітку + 20,0⁰ Пересічна температура січня змінюється в

межах області від $-5,0^{\circ}$ на півночі до $-1,8^{\circ}$ на південному заході, липня відповідно – від $+21,0^{\circ}$ до $22,9^{\circ}$. Безморозний період триває 130-150 днів на півночі, 166-208 – на півдні. Період активної вегетації (з середньодобовими температурами понад 10°) становить 170-190 днів. Сума активних температур – головний показник ресурсів тепла для сільського господарства, коливається від 2500° (на півночі) до 3400° (на південному заході області).

Серед несприятливих кліматичних явищ для Одещини характерні суховії (гарячі вітри) та пилові бурі (повторюваність – 3-8 днів на рік), грози (20-26 днів), град (2 дні), посухи, на морському узбережжі – тумани (20-30 днів на рік) в основному в холодну половину року. Заметілі відбуваються рідко (грудень – лютий) – 10 днів на півночі області, 5 – у центральній її частині, на півдні вони вкрай рідкі; ожеледь – від 20 днів на півночі до 5 на півдні.

За кліматичними особливостями Одеську область можна розділити на три частини: північну, центральну і південну.

Північна частина області належить до недостатньо вологої, теплої агрокліматичної зони, центральна – до посушливої, дуже теплої агрокліматичної зони, південна частина – до дуже посушливої, помірно жаркої агрокліматичної зони.

Початком зими вважається перехід середньодобової температури повітря через 0° . На півночі області цей перехід здійснюється з 25 листопада по 1 грудня, у центральній частині з 28 листопада по 9 грудня і у південній з 12 по 9 грудня. Продовжується зима в північній частині 95-107 днів, в центральній 86-100 днів, у південній – 60-70 днів. Суворі зими з тривалими і сильними морозами чергуються з помірно теплими чи дуже м'якими зимами, з короткочасними зниженнями температури нижче 0° С. Помірно теплі зими бувають частіше, ніж суворі чи м'які. При надходженні на територію області повітря із Середземного моря спостерігаються відлиги, коли температура повітря може підвищуватися до $13-22^{\circ}$ тепла. Середні дати останнього

морозу на півночі області 21 квітня – 1 травня, у центральних районах 15 квітня і на півдні 5-8 квітня.

Часом настання весни вважається стійкий перехід температури повітря через 0° . Перехід середньодобової температури повітря через 10° навесні здійснюється в північних і центральних районах 19-24 квітня, у південних 12-19 квітня. Останні весняні заморозки в повітрі відзначені в північних районах у період 5-24 травня, у центральних 5-12 травня, у південних 27-30 квітня; на поверхні ґрунту на півночі області 25-27 травня, у центральних 11-23 травня, у південних 8-15 травня[7].

Влітку, коли на Чорне море і південь Європи поширюється відріг Азовського антициклону, переважають тривалі періоди спокійної ясної сухої погоди. Мінливість температури повітря в літні місяці значно менше, ніж взимку. Найвища температура буває в липні, серпні і на півночі області складає $37-38^{\circ}$, у центральних районах $38-39^{\circ}$, на півдні $38-41^{\circ}\text{C}$.

За початок осіннього сезону прийнято вважати час стійкого переходу температури повітря через 15°C . За середніми багаторічними даними – це друга, третя декада вересня.

Найбільш ранні заморозки на поверхні ґрунту в північній половині області бувають 8-14 вересня, на півдні області 17-22 вересня. Інтенсивність перших осінніх заморозків складає від 0,1 до $3,8^{\circ}$ морозу. Перші заморозки в повітрі можуть бути в період з 24 по 28 вересня з інтенсивністю $0,4-2,0^{\circ}$ морозу.

Повторюваність помірних та слабкопосушливих вегетаційних періодів в області значно більша, ніж вологих та дуже посушливих. З середини осені починається період облогових опадів, характерних для всього холодного півріччя. Найменше опадів випадає в лютому.

Кількість днів з опадами за рік становить по області від 204 – на півночі й у центральній частини до 260 – на півдні. Середньорічна сума опадів змінюється в межах області від 610 мм на півночі до 405 мм – на південному сході (південна частина Комінтернівського району).

Середньорічна кількість опадів по Одеській області складає 490 мм. Найбільш тривалі опади взимку. Так, в Одесі їх середня тривалість дорівнює 95 годинам у грудні та лютому і 105 годин у січні. Більша частина опадів припадає на теплу пору року і часто випадає у вигляді злив. Відносна вологість повітря становить 85-86 % взимку та 62-63 % влітку. На морському узбережжі ці показники помірно вищі: 88-90 % взимку та 76-78 % влітку.

Сніжний покрив на півночі області встановлюється на початку грудня, на іншій території в другій декаді грудня, у Болграді в третій декаді. На півдні області більшість зим бувають безсніжними. Сходить сніжний покрив у північній половині області на початку березня, у південній – у другій половині лютого. У дуже м'які зими стійкий сніжний покрив не утворюється.

Найбільше число днів з ожеледдю відзначається на півночі області, але інтенсивність ожеледних відкладень у цілому не велика. Сильна ожеледь спостерігалася 23-25 листопада 1975 року, коли діаметр відкладень досягав 60 мм та 27 листопада – 7 грудня 2000 року, коли діаметр відкладень досягав 207 мм.

Протягом року буває 36-38 днів з туманом, що спостерігається в основному в холодну половину року. Найчастіше тумани спостерігаються в північній половині області.

Грози спостерігаються переважно в теплу половину року, найчастіше у червні та липні.

Заметілі спостерігаються, в основному, на півночі області, проте найчастіше в районі Одеси. В окремі роки повторюваність заметілей може різко відрізнятись від середніх значень. Заметілі спостерігаються в основному з грудня по березень. Вони бувають, хоча і зрідка, у листопаді і вкрай рідко в квітні.

Середня швидкість вітру по області невелика: у січні її величина змінюється від 4 м/с на півночі до 6 м/с на півдні. У липні – від 2 м/с до 4 м/с. Середня місячна швидкість вітру в області складає 4-5 м/с. Вітер швидкістю

15 м/с і більше найчастіше спостерігається в холодну половину року. Найбільше число днів із сильним вітром 15 м/с і більше в Одесі – 98 днів.

2.2.1 Кліматична характеристика сезонів

Кліматоутворювальні фактори упродовж року проявляються неоднозначно і істотно розрізняються за сезонами. У холодний період переважну роль відіграє циркуляція атмосфери, у теплий – зростає роль радіаційного фактора.

Для клімату України характерні чітко виражені кліматичні сезони – зима, весна, літо, осінь, які визначаються, перш за все, за термічними показниками, а саме – датами стійкого переходу середньої добової температури повітря через визначені межі[8].

Тиск повітря є однією з основних характеристик фізичного стану атмосфери. З ним тісно пов'язані динамічні процеси, які в ній відбуваються, зокрема, горизонтальний рух повітря. Атмосферному тиску, як і будь-якій іншій метеорологічній величині, властиві просторові та часові зміни, які залежить від кліматоутворювальних факторів: сонячної радіації, циркуляційних процесів та підстильної поверхні

Зима – найхолодніший сезон року, обмежений датами стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0°C в період її зниження восени і підвищення навесні. Найраніше (середина листопада) вона розпочинається на північному сході і поступово поширюється на південь і південний захід. На більшій частині території настання зими припадає на третю декаду листопада.

Зимовий сезон відзначається мінімальною тривалістю сонячного сяйва та найбільшою хмарністю (близько 75% небосхилу закрито хмарами).

У зимовий сезон відбувається широтний розподіл атмосферного тиску. Найбільших значень він досягає в грудні і становить 1020,8 гПа (рис.2.1).

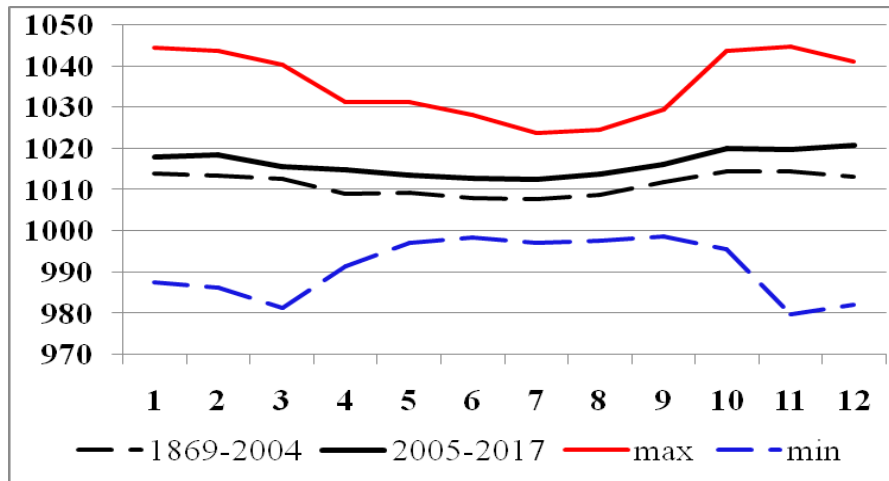


Рисунок 2.1 – Річний хід атмосферного тиску

Річний хід температури повітря майже збігається з річним перебігом надходження сонячної радіації, проте дещо запізнюється нею й характеризується незначними коливаннями від місяця до місяця взимку і влітку та різкими – восени й навесні. Найхолодніший місяць року – січень, середня температура повітря коливається від 0 ...-2⁰C (рис.2.2).

Переважає роль циркуляційного фактора в формуванні режиму температури обумовлює часте чергування теплого і вологого та сухого і холодного повітря, що створює нестійкий характер зими (табл.2.1). Тому особливістю зимового сезону є часті відлиги (максимальна температура повітря перевищує 0⁰C). Найчастіше (до 40%) відлиги бувають у грудні(табл.2.2). У січні спостерігається найменша кількість днів із відлигою (9-14), у лютому їх повторюваність знову збільшується.

Таблиця 2.1 – Розподіл атмосферного тиску

Хар-ка	Місяць року											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Клімат	1014,0	1013,5	1012,8	1009,0	1009,4	1007,9	1007,6	1008,8	1011,8	1014,5	1014,4	1013,2
2005-2017	1017,9	1018,4	1015,7	1014,8	1013,6	1012,8	1012,5	1013,7	1016,1	1020,0	1019,7	1020,8
Δ	3,9	4,9	2,9	5,8	4,2	4,9	4,9	4,9	4,3	5,5	5,3	7,6
max	1044,5	1043,7	1040,3	1031,3	1031,3	1028,1	1023,9	1024,5	1029,5	1043,6	1044,7	1041,2
min	987,6	986,2	981,2	991,5	997,1	998,4	997,1	997,6	998,7	995,6	979,8	982,0

Таблиця 2.2 – Розподіл температури повітря

Хар-ка	Місяць року											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Клімат	-1,7	-1,0	2,6	9,0	15,1	19,4	21,4	21,2	17,1	11,1	5,9	1,4
2005-2017	-0,7	0,2	4,8	10,3	16,8	21,3	23,7	23,8	18,4	11,7	7	2,2
Δ	1,0	1,2	2,2	1,3	1,7	1,9	2,3	2,6	1,3	0,6	1,1	0,8
max	12	16,8	20,3	27,8	32,3	33,1	38,7	36,8	29,9	26,7	22,1	16,5
min	-22,2	-19,0	-12,1	-0,2	5,2	10,7	11,3	7,2	5,3	-1,8	-5	-13,5

Найчастіше відлоги бувають на півдні та в західних районах. Максимальна температура повітря під час відлиг становить на 16-17°C.

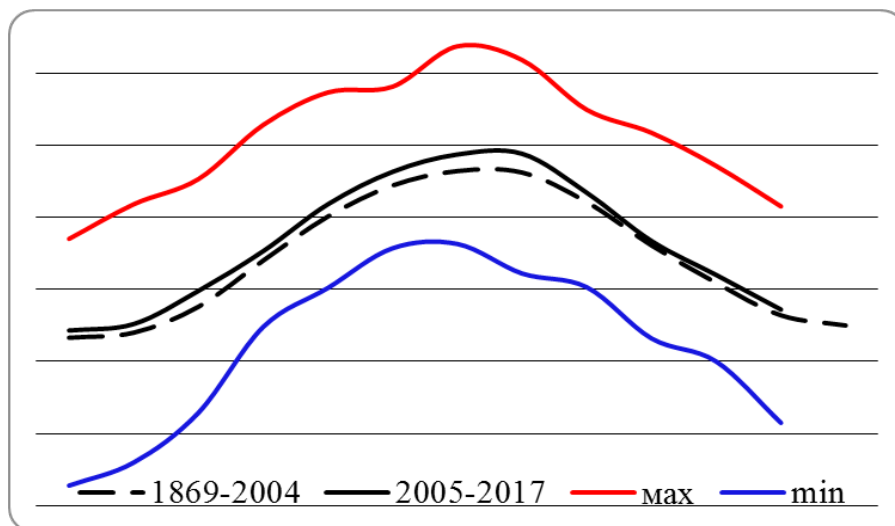


Рисунок 2.2 – Річний хід приземної температури повітря

Відповідно до загального ходу температури повітря найнижчі значення абсолютного мінімуму за рік у більшості випадків спостерігаються у січні-лютому (-19 ... -22°C)[9].

Взимку кількість опадів найменша (30-40 мм), але вони досить тривалі. Переважають опади у вигляді снігу. У зимовий сезон спостерігаються різноманітні атмосферні явища (тумани, хуртовини, ожеледь, рідко – грози).

Весна настає з переходом середньої добової температури повітря через 0°C у бік її підвищення. В цю пору року послаблюється циркуляційна

діяльність та посилюється роль радіаційного фактора й підстильної поверхні. Для весни характерне інтенсивне надходження сонячної радіації. Радіаційний баланс у березні зберігає ще зимові риси територіального розподілу й має додатні значення. У травні він стає таким же, як влітку.

Навесні відбувається перебудова баричного поля, внаслідок чого спостерігається вітер різних напрямків. На півдні переважає східний та південно-східний вітер. У березні середня місячна швидкість вітру має такі самі показники, як узимку, з квітня починається послаблення вітру до 2-5 м/с.

У розподілі середньої температури повітря його зимовий характер утримується ще й у березні. Проте з березня починається її стрімке зростання, і вона стає на 3-5⁰С вищою, ніж у лютому. На півдні і заході температура повітря вже додатна, а на півночі, північному сході та в горах ще залишається від'ємною.

Інтенсивне зростання максимальної температури повітря відбувається після остаточного сходження снігового покриву. У травні максимальні значення температури повітря дорівнюють 30 – 32⁰С.

Для весни характерні заморозки. Особливо небезпечні пізні заморозки (у травні, на початку червня).

Кількість опадів у березні мало відрізняється від зимової. У квітні відбувається перехід від зимового розподілу опадів до літнього, кількість їх збільшується. Навесні облогові опади змінюються на зливові.

Характер погоди на початку весни, особливо у першій половині березня, близький до зимового: нерідко під час посилення вітру спостерігаються хуртовини. Навесні починає розвиватися грозова діяльність, найбільш інтенсивно – наприкінці весни. В окремі роки можуть спостерігатися посушливі та суховійні явища.

Літо – найтепліший сезон року, обмежений датами стійкого переходу середньої добової температури повітря через 15⁰С у період її підвищення навесні та зниження восени. Цей сезон настає у першій декаді травня. Основними факторами формування клімату в цю пору стають сонячна

радіація й підстильна поверхня. Для літа характерна значна однорідність та стійкість атмосферних процесів. Радіаційний баланс сягає найвищих значень із максимумом 1070 МДж/м^2 і становить 40-55% від сумарної радіації.

Влітку атмосферний тиск продовжує знижуватися. У черні встановлюється літній тип розподілу вітру. У липні відмічається північно-західний та західний вітер, у південних районах – північний. Середня місячна швидкість вітру влітку менша, ніж в інші сезони. У липні-серпні вона зменшується до 2-3 м/с, у гірських районах – до 4-5 м/с.

Влітку поле температури повітря найбільш стійке і однорідне, межі її коливання скорочуються. Найвищих значень у річному ході середня температура досягає у липні-серпні. Із середини серпня температура повітря знижується.

У літній сезон випадає найбільша кількість опадів (60-85 мм за місяць). Переважають зливи. Найбільша кількість опадів буває в червні-липні, у серпні вона зменшується. Для літа характерна значна мінливість опадів: розмах коливання їхньої кількості може сягати 200 мм і більше. Оподи супроводжуються грозою, градом, шквалом, сильним вітром. В окремі роки спостерігаються посушливі явища (посухи, суховії).

Літо закінчується в першій декаді вересня.

Осінь настає в середині вересня.

Восени послабляється роль радіаційного фактора. Тривалість сонячного саява значно скорочується. Радіаційний баланс зменшується майже у чотири рази, проте до початку листопада залишається позитивним, а наприкінці листопада він стає від'ємним – 30 МДж/м^2 .

З вересня відбувається інтенсивне зростання атмосферного тиску, особливо у східних і південних областях. У жовтні фіксується другий максимум тиску, який останніми роками збільшився й дорівнює грудневому максимуму.

На вітровий режим восени впливає зміна синоптичних процесів літнього сезону на зимовий. Чітко виражена зона північного та північно-східного вітру. Середня швидкість збільшується й становить 2-4 м/с.

Середня температура повітря осіннього сезону з вересня до листопада швидко знижується (на 4-8⁰С). Восени температура повітря знижується швидше, ніж підвищується навесні. Це пов'язано зі значним зменшенням радіаційного балансу.

Максимальна температура повітря ще досить висока (близько 30⁰С). У листопаді вона залишається додатною. Збільшується хмарність, установлюється зимовий розподіл температури повітря і в третій декаді листопада середня температура повітря знижується до від'ємних значень.

Ранні заморозки можуть мати місце вже в другій декаді вересня.

Кількість опадів восени зменшується. У вересні показники зменшуються до 20 мм. Змінюється вид опадів: у вересні-жовтні переважають опади у вигляді дощу та мряки, в листопаді – змішані опади, наприкінці осені – тверді і змішані. Осінні опади менш інтенсивні, але вдвічі триваліші, ніж улітку[10].

У зв'язку з тим, що восени відзначається велика різноманітність погодних умов, можуть спостерігатися атмосферні явища, властиві для літнього і зимового сезонів. Якщо у вересні ще гримлять грози, то в листопаді вже метуть хуртовини. Тумани є однією з характерних ознак осені. У жовтні бувають такі атмосферні явища, як ожеледь і паморозь, але не щороку. У листопаді з'являється перший сніговий покрив, але утримується він недовго.

Закінчення осені відбувається в третій декаді листопада. З цього часу закінчується теплий період і починається холодний.

В період 2005 – 2017 рр. порівняно з багаторічними даними спостережень середній тиск повітря збільшився від 3,9 до 7,6 гПа, мінімальне збільшення в січні, максимальне – в грудні, в літні місяці – на 4,9 гПа.

За цей же період температура повітря зросла з 0,6 в жовтні – до 2,6 °С в серпні.

3 АНАЛІЗ ЛІНІЙНІ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ, ПРОЦЕДУРИ ЇЇ НАВЧАННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ ДАНИХ

3.1 Опис лінійної штучної нейронної мережі і її архітектура

Лінійна штучна нейронна мережа - це персептрон з лінійною функцією активацією (рис. 3.1).

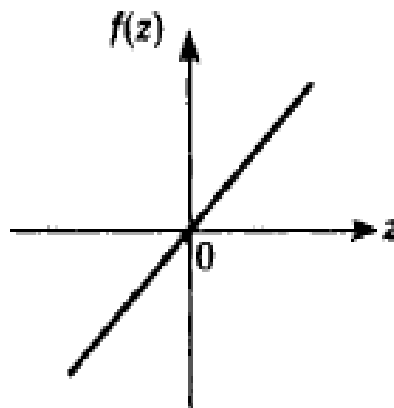


Рисунок 3.1 – Лінійна функція активації

Персептронний нейрон був введений в роботі У. Маккаллоха і У. Питтса. У більшій частині їх роботи використовувалася модульована сигмоїда. При досягненні зваженою сумою значення, більшого заданого порогу θ , на ви ході нейрона з'являвся одиничний сигнал, якщо ж зважена сума була меншою θ , сигнал був відсутній. Системи, використовують дані моделі нейронів, отримали назву персептронів. Значний інтерес до персептрону був викликаний роботою Ф. Розенблатта, в якій він досліджував нейромережевому модель сітківки (RETINA) - фотоперсептрон. Надалі такий під хід широко використовувався для моделювання обробки оптичних сигналів. Фотоперсептрон представлений на рис. 3.2 і складається,

відповідно до концепції Розенблатта, з трьох шарів, послідовно здійснюють попередню обробку (розбиття) образу,

- сітківка (RETINA);
- асоціативний шар;
- вихідний шар.

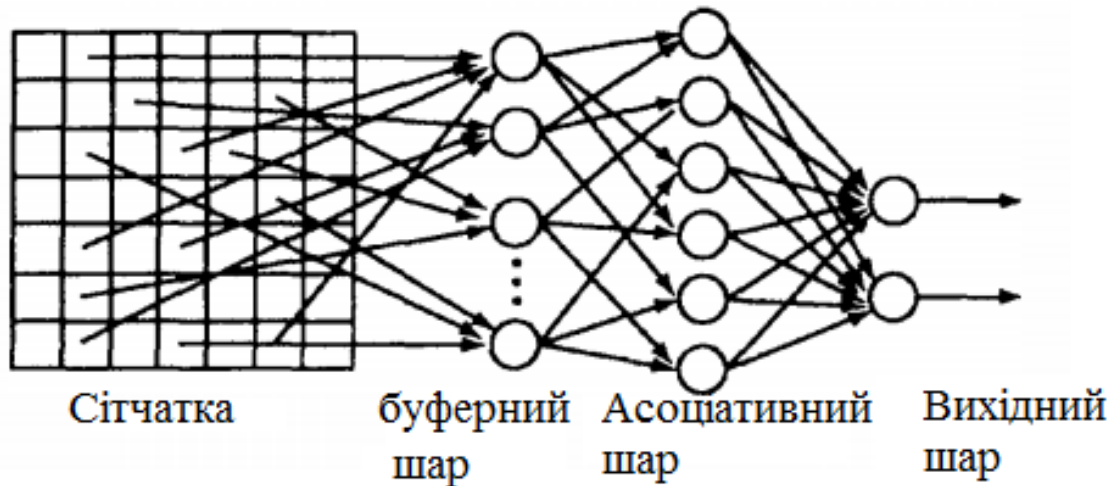


Рисунок 3.2 – Персептрон Розенблатта

Попередня обробка образу не залежить від його виду. Однак результат цієї обробки повинен забезпечити можливість розпізнавання образів на основі аналізу їх характеристик. Нарешті, вихідний шар (класифікатор) аналізує характеристики знову висунутого образу і встановлює його відповідність одному з раніше пред'явлених. Сигнали першого шару, сітківки, представлені в двійковій формі, надходять на асоціативний шар, причому в загальному випадку не всі нейрони першого шару пов'язані з усіма нейронами другого шару. При встановленні цих зв'язків з'являється можливість структуризації вхідних даних, т. Е. Виділення і об'єднання в так звані рецептивні поля найбільш важливих ознак (областей). У зв'язку з цим під рецептивних полем мають на увазі безліч всіх нейронів вхідного шару, пов'язаних з одним нейроном асоціативного шару. Зв'язки між нейронами асоціативного і вихідного шарів варіабельні і можуть модифікуватися

шляхом зміни вагових коефіцієнтів. Нейрони асоціативного шару мають лінійні активаційні функції, тому при надходженні з сітківки вхідних (дратівливих) сигналів вони посилають імпульси на вихідний шар, де і відбувається складання зважених імпульсів. У вихідному шарі використовуються універсальна або біполярна активаційні функції. Якщо сума зважених імпульсів перевищує деякий заданий порогові значення, виробляється одиничний вихідний сигнал, якщо не перевищує - нульовий (для уніполярної) або -1 (для біполярної функції активації). У зв'язку з цим перцептрон може розглядатися як двошарова ІНС прямого поширення. Нейрони асоціативного шару мають лінійні активаційні функції, тому при надходженні з сітківки вхідних (дратівливих) сигналів вони посилають імпульси на вихідний шар, де і відбувається складання зважених імпульсів. У вихідному шарі використовуються універсальна або біполярна активаційні функції. Якщо сума зважених імпульсів перевищує деякий заданий порогові значення, виробляється одиничний вихідний сигнал, якщо не перевищує - нульовий (для уніполярної) або -1 (для біполярної функції активації). У зв'язку з цим перцептрон може розглядатися як двошарова ІНС прямого поширення[11].

Можливості одношарового перцептрона можна проаналізувати на прикладі реалізації булевих функцій двох змінних.

Особливістю перцептрона є здатність до навчання його вагових коефіцієнтів. У режимі навчання йому пред'являють образи – навчальні пари (x, y^*) , на підставі яких він налаштовує свої параметри так, щоб при появі деякого вхідного вектора x на його виходах з'являлися відповідні цю запис сигнали y . Процес навчання закінчується, коли всі пари $X, y^*)$ асоціюються правильно. Алгоритм навчання перцептрона реалізує спосіб навчання з учителем, при якому вихідна помилка мінімізується. Досліджуючи клас самоналагоджувальних мереж, вірніше мереж, що навчаються без учителя, Ф. Розенблатт до казав, що за певних умов алгоритм навчання завжди сходиться. Однак виявилось, що перцептрони не здатні навчатися вирішенню

низки простих завдань. Суворе доказ цього факту було дано М. Мінським[12].

Обмежені можливості найпростішого персептрона, знайденні та доведені Мінським, привели до того, що дослідження в цій області на значний час припинилися. Це можна пояснити ще й тим, що в той час хоч і розуміли не обходимо переходу до багатошаровим персептрони, методи їх навчання ще не були відомі.

Перша лінійна нейронна мережа була запропонована Б. Уїдроу і М. Е. Хоффом в 1960 р Розроблена ними модель була названа адаптивним нейроном, а потім ADALINE – ADaptive LInear NE. З плином часу свою популярність в якості ІНС вона втратила, і тепер ADALINE – це ADaptive LInear Element. АДАЛІН (рис. 3.3) мала структуру, аналогічну персептрону. Зважені вхідні сигнали $e \in \{-1,1\}$ підсумовувалися і перетворювалися біполярної активаційною функцією в вихідний сигнал $u \in \{-1,1\}$. Відзначимо, що вхідні сигнали можуть являти собою також булеві змінні або реальні числа. Основна відмінність АДАЛІН від персептрона полягало в використовуваному алгоритмі навчання. Хоча навчання АДАЛІН також складалося в корекції її вагових коефіцієнтів на підставі пред'явлених навчальних пар і порівнянні реальних вихідних сигналів з бажаними (необхідними), Уїдроу і Хофф, ґрунтуючись на роботах Н. Вінера, пов'язаних з дослідженням фільтрів, використовували для цього градієнтний алгоритм[13].

Алгоритм Уїдроу-Хоффа є так званий нормалізований алгоритм методу найменших квадратів (МНК) або дельта-правило.

При встановленні цих зв'язків з'являється можливість структуризації вхідних даних. Виділення і об'єднання в так звані рецептивні поля найбільш важливих ознак (областей).

У зв'язку з цим під рецептивних полем мають на увазі безліч всіх нейронів вхідного шару, пов'язаних з одним нейроном асоціативного шару.

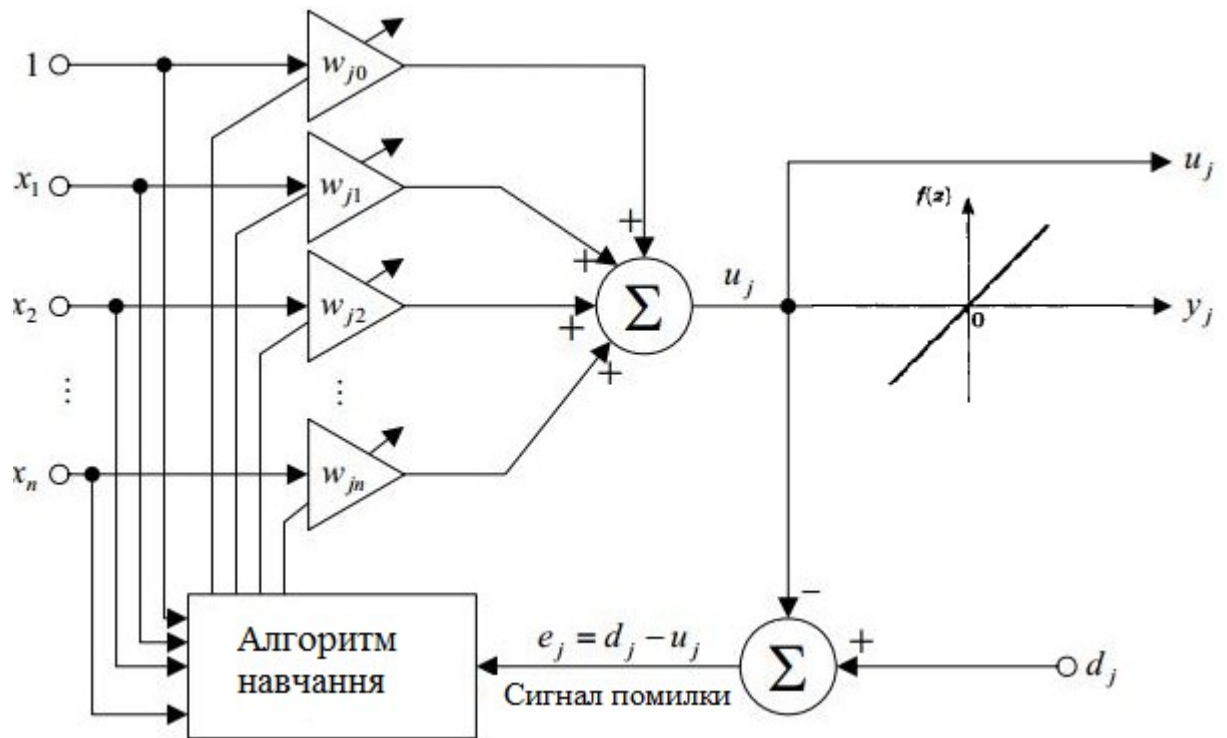


Рисунок 3.3 – Лінійна нейронна мережа

3.2 Необхідні вихідні дані для лінійної штучної нейронної мережі і її навчання

Існують різні шляхи реалізації процесу навчання лінійної нейронної мережі, проте в їх основі лежить таке правило: вагові коефіцієнти змінюються лише тоді, коли виникає розбіжність між його фактичної і бажаної реакціями[14].

Схема навчання лінійної штучної нейронної мережі (рис. 3.4) Передбачається, що активаційна функція має вигляд прямої лінії. Процес навчання полягає в послідовному пред'явленні безлічі навчальних пар (x_p, y_p^*) , $p = 1, P$, де x_p, y_p^* – $(N \times 1)$ -вхідний вектор і бажаний вихідний сигнал p -ї навчальної пари відповідно, за допомогою яких визначається необхідний вектор вагових коефіцієнтів w^* такий.

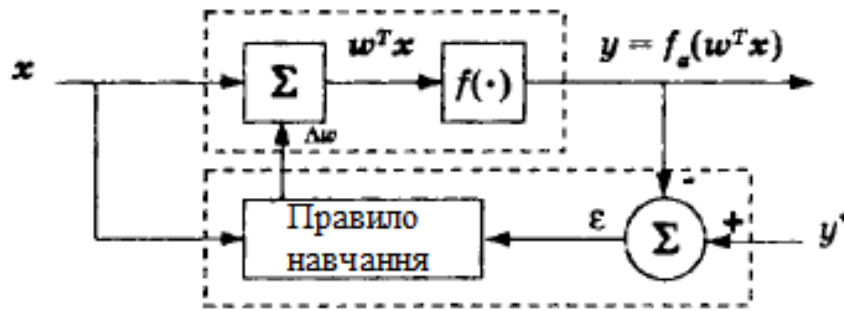


Рисунок 3.4 – Схема навчання лінійної нейронної мережі

У цьому випадку вектор w^* забезпечить правильну класифікацію перцептроном всіх навчальних пар з висунутого безлічі (закінчується цикл навчання)[15].

З формули вище випливає, що гіперплощина $w^{*T} x_p = 0$ ділить вхідний простір на два підпростори. Для $y^* = 1$ повинна виконуватися умова $w^{*T} x_p > 0$, а для $w^{*T} x_p y^* = -1$ – умова $w^{*T} x_p < 0$.

Алгоритм навчання перцептрона наступний:

1. Присвоїти синоптичним вагам w_1, w_2, \dots, w_N деякі початкові значення. Наприклад, нулю.
2. Подати вхідний образ X і обчислити OUT . Якщо OUT правильний, то переходять до кроку 4. Інакше до кроку 3.
3. Застосовуючи дельта-правило (див. Нижче) обчислити нові значення синоптичних ваг.
4. Повторити кроки 2-4 даного алгоритму навчання перцептрона поки мережа не стане видавати очікуваний вихід на векторах з навчальної вибірки або поки відхилення не стане нижче деякого порога.

Т.ч. чином логіка навчання перцептрона наступна: якщо сигнал перцептрона при деякому образі вірний, то нічого коригувати не треба, якщо немає – проводиться коригування ваги. Правила коригування ваг наступні:

якщо OUT невірний і дорівнює нулю, то необхідно

1. Збільшити ваги тих входів, на які була подана одиниця.
2. Якщо OUT невірний і дорівнює одиниці, то необхідно
3. Зменшити ваги тих входів, на які була подана одиниця.

Пояснимо ці правила. Припустимо, що на вхід був поданий деякий навчальний двійковий вектор X . Цьому вектору відповідає вихід OUT дорівнює одиниці. І цей вихід неправильний. Тоді ваги, приєднані до одиничних входів, повинні бути зменшені, так як вони прагнуть дати невірний результат. Аналогічно, якщо деякій іншій навчального вектора X відповідає неправильний вихід OUT рівний нулю, то ваги, приєднані до одиничних входів, повинні бути вже зменшені[16].

Дельта-правило

Дельта-правило є математичною моделлю правил коригування ваг. Введемо величину δ , яка дорівнює різниці між необхідним T і реальним OUT виходом.

Перше правило. Якщо на виході персептрона отримано 0, а правильну відповідь дорівнює 1, то необхідно збільшити ваги зв'язків між одночасно активними нейронами. При цьому вихідний персептрон вважається активним. Другий тип помилки: на виході персептрона – 1, а правильну відповідь дорівнює нулю. Для навчання правильного рішення даного прикладу слід зменшити суму в правій частині (1). Отже, необхідно зменшити ваги зв'язків w_i при тих змінних, які дорівнюють 1 (оскільки немає сенсу зменшувати ваги зв'язків при рівних нулю змінних x_i). Необхідно також провести цю процедуру для всіх активних нейронів попередніх шарів. В результаті отримуємо друге правило[17].

Друге правило. Якщо на виході персептрона отримана одиниця, а правильну відповідь дорівнює нулю, то необхідно зменшити ваги зв'язків між одночасно активними нейронами.

Таким чином, процедура навчання зводиться до послідовного перебору всіх прикладів навчальної множини із застосуванням правил навчання для

помилково вирішених прикладів. Якщо після чергового циклу пред'явлення всіх прикладів виявиться, що всі вони вирішені правильно, то процедура навчання завершується.

Нерозглянутими залишилися два питання. Перший – про збіжність процедури навчання. Другий – на скільки потрібно збільшувати (зменшувати) ваги зв'язків при застосуванні правил навчання.

Відповідь на перше питання дають наступні теореми.

Теорема про збіжність персептрона. Якщо існує вектор параметрів w , при якому персептрон правильно вирішує всі приклади навчальної вибірки, то при навчанні персептрона по вищеописаного алгоритму рішення буде знайдено за кінцеве число кроків.

Теорема про "зациклення" персептрона. Якщо не існує вектора параметрів w , при якому персептрон правильно вирішує всі приклади навчальної вибірки, то при навчанні персептрона по даному правилу через кінцеве число кроків вектор ваг почне повторюватися.

Таким чином, дані теореми стверджують, що, запустивши процедуру навчання персептрона, через кінцевий час або отримає навчився персептрон, або відповідь, що даний персептрон поставленому завданню навчитися не може[18].

3.3 Аналіз застосування лінійної нейронної мережі для екстраполяції даних

Розглянемо екстраполяцію даних при застосуванні лінійної нейронної мережі на прикладі зондуючого імпульсу.

Існує можливість передачі оцифрованого сигналу з витратоміра по каналу зв'язку до зовнішньої пристрій, що зчитує. В якості такого пристрою може виступати персональний комп'ютер з встановленим на ньому відповідним програмним забезпеченням. Прийнятий з пам'яті витратоміра масив оцифрованих даних при закритті засувці. Масив даних, прийнятий по

цьому ж каналу, але при відкритій засувці.

На цих рисунках амплітуда вихідного зонduючого імпульсу при закритій засувці прийнята рівною одиниці, а зашумлений сигнал при відкритій засувці нормований до амплітуди вихідного зонduючого сигналу (рис 3.5). По осі ординат відкладена тривалість тимчасового інтервалу в мікросекундах (рис 3.6).

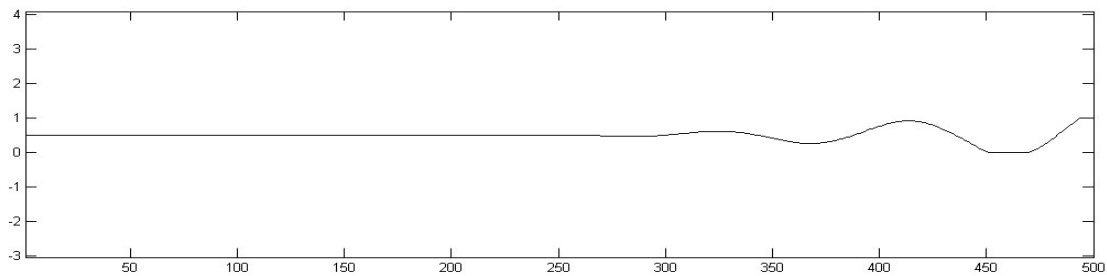


Рисунок 3.5 – Прийнятий зонduючий імпульс при закритій засувці

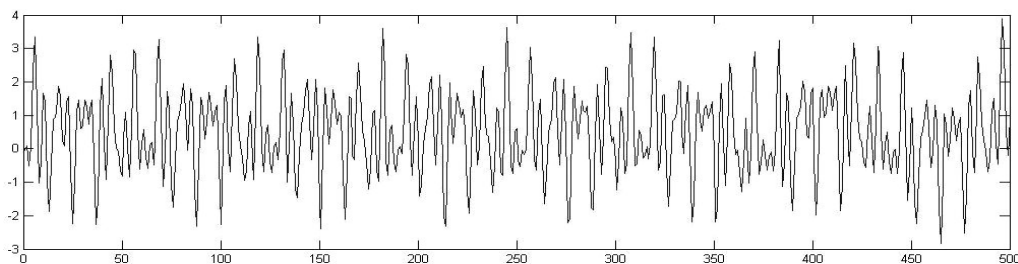


Рисунок 3.6 – Прийнятий зонduючий імпульс при відкритій засувці

Саме цей тип цифрових масивів з пам'яті витратоміра використовувався в якості даних, необхідних для процесу навчання і тестування штучних нейронних мереж.

Для моделювання процесу навчання і тестування нейронних мереж використовувалася обчислювальне середовище Matlab 7.0.

Робота штучної нейронної мережі в якості адаптивного фільтра відбувається наступним чином. Вихідний масив даних за часом можна розбити на два підмасиви – підмасив, в якому міститься виключно шумовий

фон (масив N), і підмасив, в якому присутні як шумовий фон, так і сигнал (масив SN). Процес роботи адаптивного фільтра складається з двох основних етапів – етапу навчання і етапи безпосередньої роботи[19].

На етапі навчання використовується тільки підмасив, що містить виключно шумовий фон. Для підмасива N вводиться два вікна – вікно з вхідними даними W_i і вікно з цільовими даними W_o .

Нехай n – кількість точок всередині вікна вхідних даних W_i (довжина вікна), m – кількість прогнозованих точок в цільовому вікні W_o , s – кількість точок, на яке виконується зрушення вікна. Таким чином, наприклад, для ряду виду $\{3\ 1\ 2\ 4\ 1\ 1\ 2\ 4\ 1\ 3\ 4\ 1\ 4\ 2\ 1\}$ і $n=4$, $m=1$, $s=5$ матимемо такі вектора:

3 1 2 4 -> 1

1 2 4 1 -> 3

4 1 4 2 -> 1

Дані з масиву W_i подаються на вхід нейронної мережі. У свою чергу, дані W_o є цільовими для алгоритму навчання. На виході нейронної мережі при подачі на її вхід шумових даних формується сигнал \hat{N} , який характеризує вибірку шуму W_i на її вході. введемо величину \hat{S}_l :

$$\hat{S}_l = N - \hat{N}, \quad (3.1)$$

де N – елемент з W_o , що характеризує реальний шум;

\hat{N} – як вихідний сигнал мережі.

Якщо нейронна мережа навчилася точно передбачати поведінку шумового сигналу, то $N = \hat{N}$ і при цьому $\hat{S}_l = 0$. Таким чином, на етапі навчання величина \hat{S}_l використовувалася нами для оцінки того, наскільки добре нейронна мережа навчилася моделювати подається на її вхід шум N .

На етапі роботи використовується подмасив, що містить як шумовий фон, так і корисний сигнал. Як і на попередньому етапі, для подмасива SN також вводиться два вікна – з вхідними даними W_i і з цільовими даними

Wo[20].

Однак тепер Wo, що містить як корисний сигнал, так і шум (S + N), використовуються для виділення корисного сигналу. При цьому вихідний сигнал нейронної мережі \hat{S}_w розраховується як:

$$\hat{S}_w = S + N - \hat{N}, \quad (3.2)$$

де S – корисний сигнал;

N – реальний шумовий фон;

\hat{N} – шумовий фон, змодельований нейронною мережею.

У разі, якщо на етапі навчання було досягнуто умова $\hat{S}_i = 0$, то $N = \hat{N}$,
Отже,

$$\hat{S}_w = S. \quad (3.3)$$

Таким чином, на етапі роботи величина \hat{S}_w безпосередньо використовується в якості результату фільтрації. величина \hat{S}_w тим точніше наближається до вихідного сигналу S, чим точніше нейронна мережа навчилася вирішувати завдання прогнозування шумового фону ($N = \hat{N}$). У свою чергу ступінь коррелірованості відліків шуму може змінюватися в значних межах залежно від збудливою його причини, що також позначається на точність передбачення.

Крім співвідношення сигнал-шум, нас цікавить точність виділення сигналу з шуму. Для оцінки ступеня подібності отриманого після обробки і вихідного сигналу використовували обчислення коефіцієнта взаємкорреляції r[21].

4 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ ОДЕСИ НА ОСНОВІ ЛІНІЙНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ТА ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ

У програмному забезпеченні MATLAB було розроблено та навчено штучну лінійну нейронну мережу на основі температурного ряду за період з 01.02.2005 по 06.11.2015, який було приведено до центрованого та центровано-нормованого вигляду.

4.1 Лінійна нейронна мережа на температурному ряді

Для коректної роботи програми спочатку було необхідно сформувати масив.

За допомогою функції MATLAB `dlmread` було считано дані за період з 01.02.2005 по 06.11.2015.

```
M=(dlmread('IsxDataT.txt'))';
```

Після цього, використовуючи функцію `flipdim` потрібно було перевернути дані для подальшої роботи з ними.

```
M=flipdim(M,2);
```

```
s=length(M)
```

```
figure; plot(M,'-b'); legend({'Isходnye dannye'});
```

```
SR=mean(M)
```

За допомогою функції `mean` ми знаходимо середнє арифметичне значення елементів масиву, яке буде використовуватися у наступних кроках роботи.

Використовуючи функцію `plot` виводимо вхідні данні на екран у вигляді графіку.

Температура за період з 2005 по 2015 рік. коливається між 40 до -20 градусів (рис. 4.1).

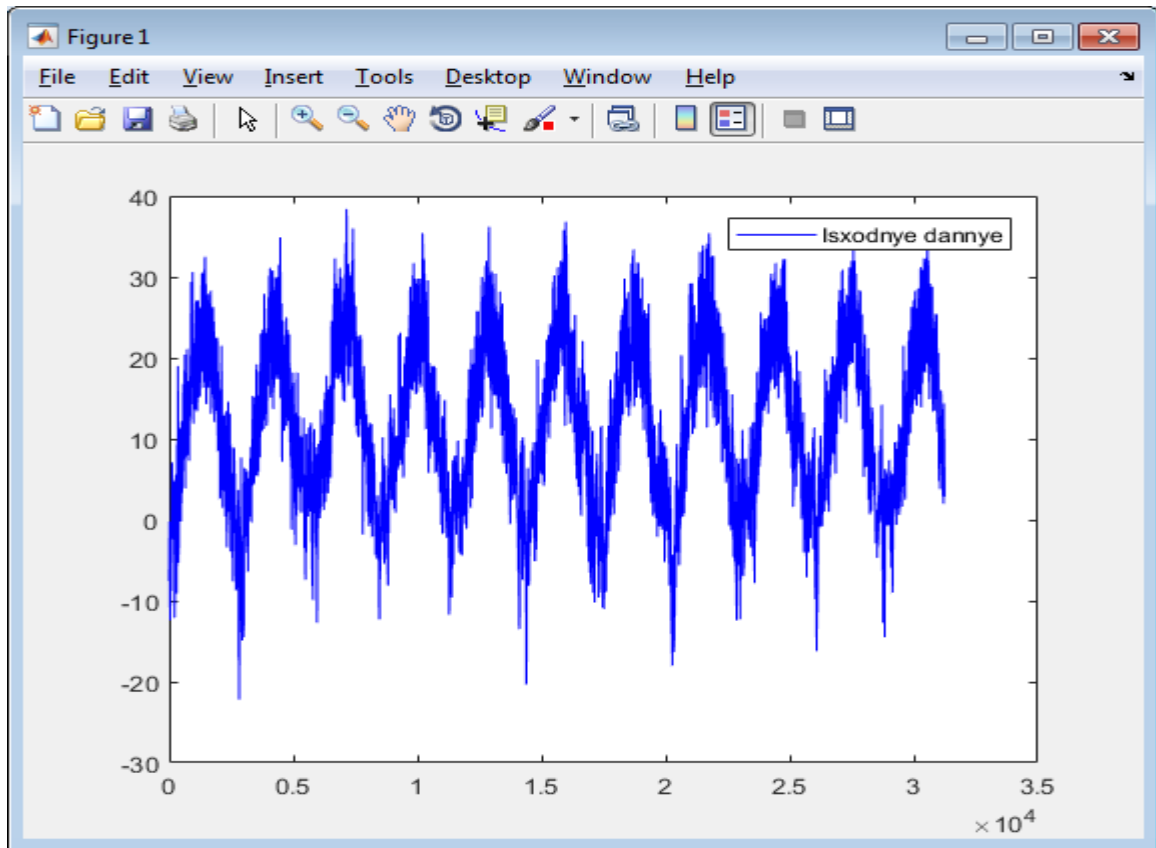


Рисунок 4.1 – Вхідні дані температур за період з 2005 по 2015 рік

$A=M(1:s-311);$

$PRM=M((s-310):s);$

«A» – це масив для навчення(період до 2014р.)

«PRM» – перевірна множина(з 01.01.2015 до 06.11.2015)

На цьому формування масиву даних завершується.

Наступним кроком потрібно створити лінійну штучну нейронну мережу.

$MP=A;$

$MT=A;$

$P=con2seq(MP);$

$T=con2seq(MT);$

Функція `con2seq` – перетворює сходяться вектори в послідовні вектори.

Після цього потрібно вивести графіки масиву входних даних та цільової функції. Для цього використовуємо функцію plot (рис. 4.2).

```
figure; plot(1:length(P),cat(2,P{:}),'*b',1:length(P),cat(2,T{:}),'-m')
legend({'Massiv vxoдnyx dannyx','Celevaja funkcija'});
```

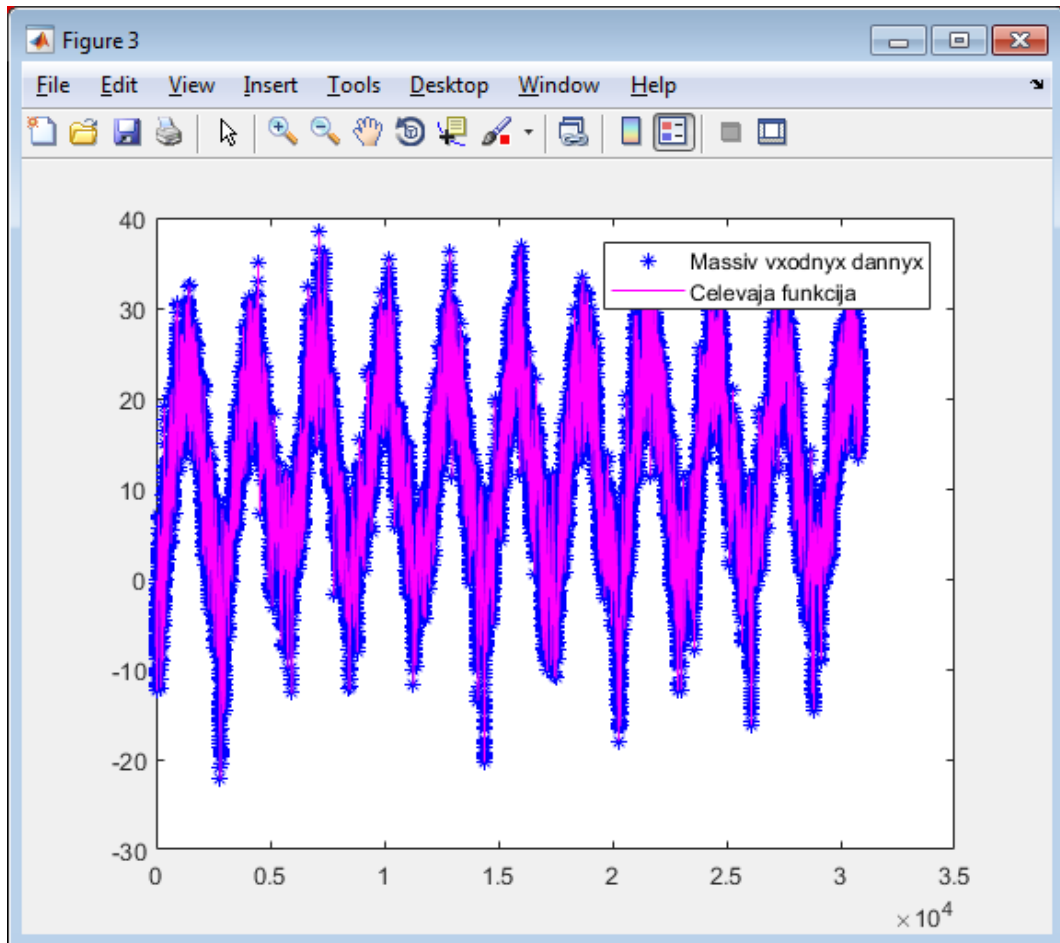


Рисунок 4.2 – Масив вхідних даних та цільова функція

За допомогою функції newlin було створено лінійний шар. Це необхідно для створення лінійної нейронної мережі.

```
netlin=newlin([min(MP) max(MP)],1,[0 1],0.001);
vesa1=netlin.IW{1,1};
smesch1=netlin.b;
```

На цьому етап створення мережі завершується та ми переходимо до наступного кроку.

Наступним кроком є навчання(адаптація) лінійної штучної нейронної мережі. Навчання нейронної мережі було виповнено за допомогою функції MATLAB `adapt`, як видно у наступній частині коду.

```
[netlin,Y,E,Pf,Af,tr]=adapt(netlin,P,T);
```

Після цього за допомогою функції `plot` побудуємо графік цільової функції, вихід мережі та похибки.

```
figure; plot(1:length(P),cat(2,T{:}),'b', ...
```

```
1:length(P),cat(2,Y{:}),'g', ...
```

```
1:length(P),cat(2,E{:}),'r');
```

```
legend({'Celevaja funkcija','Vixod seti','Oshibka'});
```

На рис. 4.3 ми бачимо, що цільова функція та вихід мережі майже співпадають. Також ми бачимо як навчалась нейрона мережа та похибка зменшується.

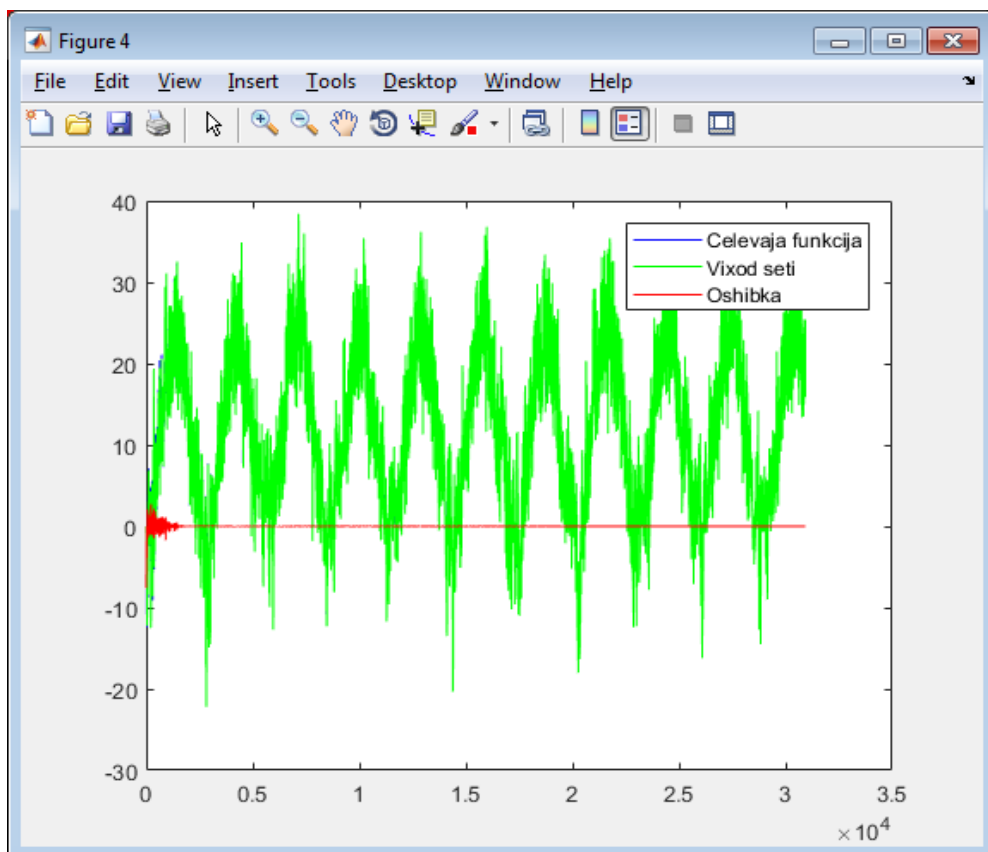


Рисунок 4.3 – Графік цільової функції, виходу мережі та похибки

Наступним кроком являється робота навченої лінійної штучної нейронної мережі. Для цього було використано функцію MATLAB «sim».

```
Y=sim(netlin,PRM);
```

Після того, як робота лінійної нейронної мережі виконана ми побудуємо графік залежності входу мережі, виходу та похибки(рис 4.4).

```
EE=PRM(1:length(PRM))-Y(1:length(PRM));
```

```
figure; plot(1:length(PRM),PRM(1:length(PRM)),'b',...
```

```
1:length(PRM),Y(1:length(PRM)),'g',...
```

```
1:length(PRM),EE(1:length(PRM)),'r');
```

```
legend({'Vxod seti','Vixod seti','Oshibka'});
```

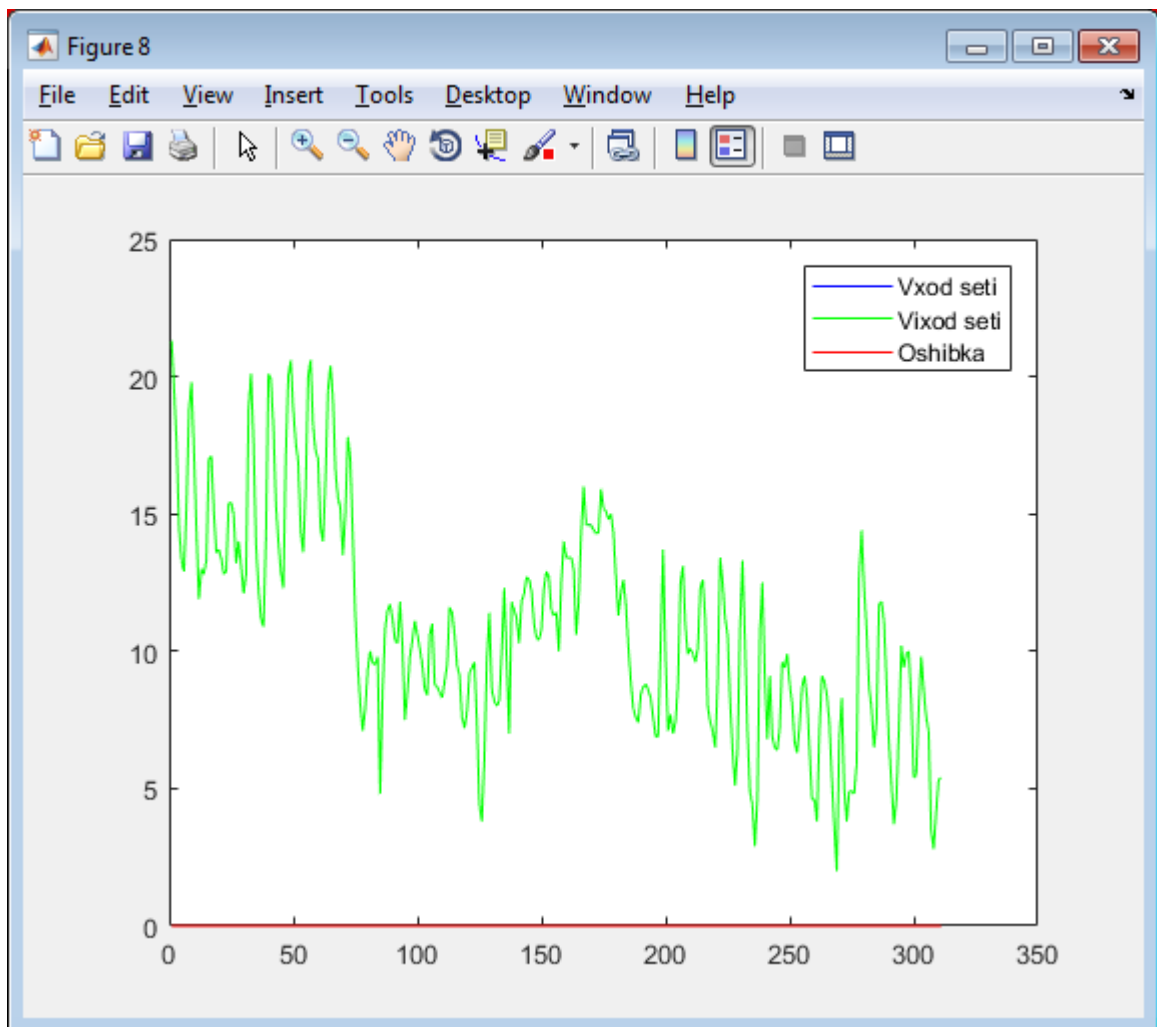


Рисунок 4.4 – Графік залежності входу мережі, виходу та похибки

На рис. 4.5 видно, що похибка коливається у діапазоні 10^{-4} . Ця похибка допустима при прогнозуванні температури, тобто на звичайному ряді температур лінійна нейронна мережа здатна прогнозувати на задовільному рівні та дає досить точні результати.

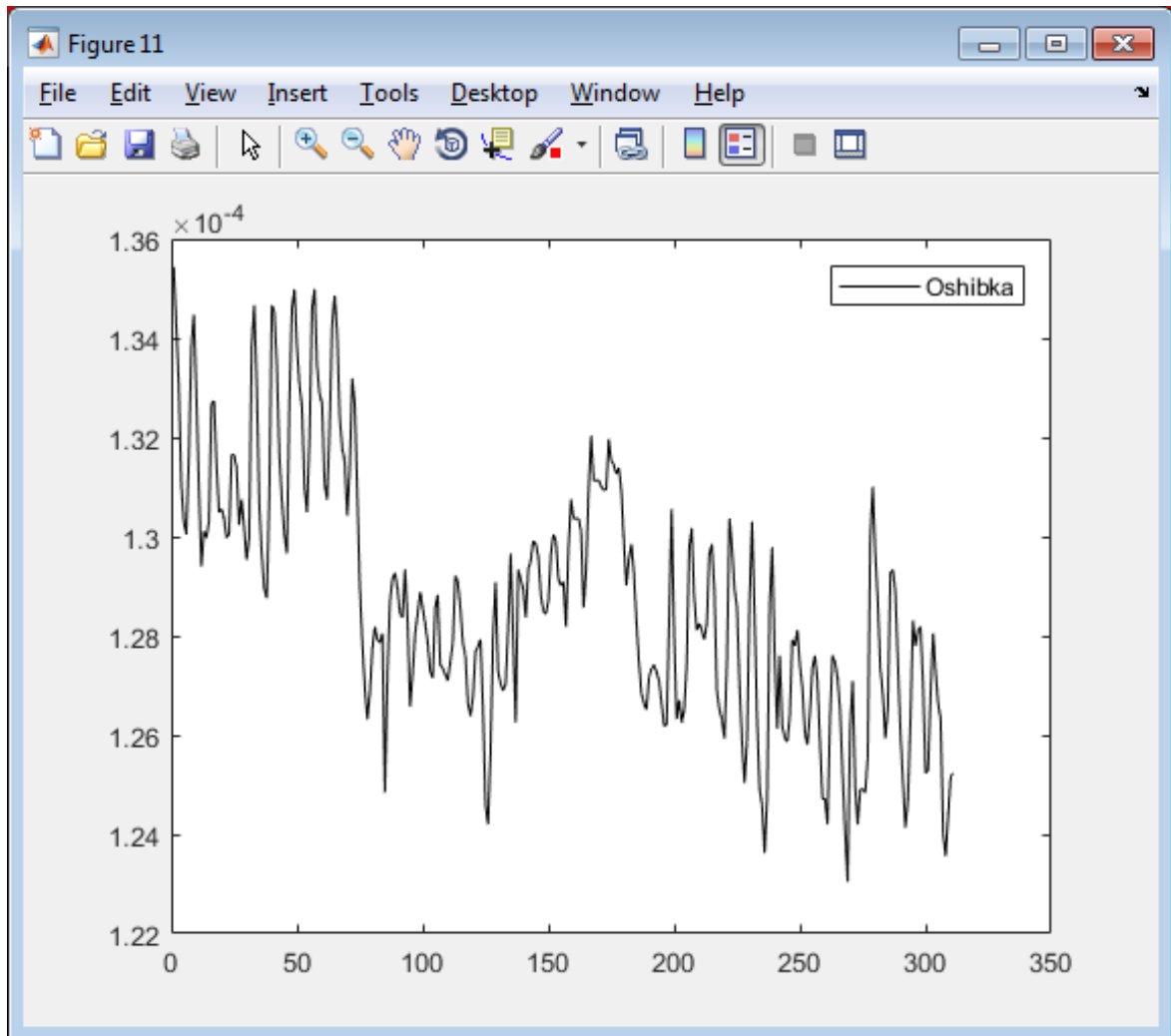


Рисунок 4.5 – Похибка

4.2 Лінійна нейронна мережа на температурному ряді приведенного до центрованого вигляду

Для того, щоб привести данні до центрованого вигляду було необхідно відняти середнє арифметичне значення від даних температур. Для цього було додана наступна частина коду:

```
SR=mean(M)
```

```
MC=M-SR; figure; plot(MC,'-b'); legend({'Centrirovannye ishodnye dannye'});
```

Після цього за допомогою plot був побудован графік центрованих вхідних даних (рис. 4.6).

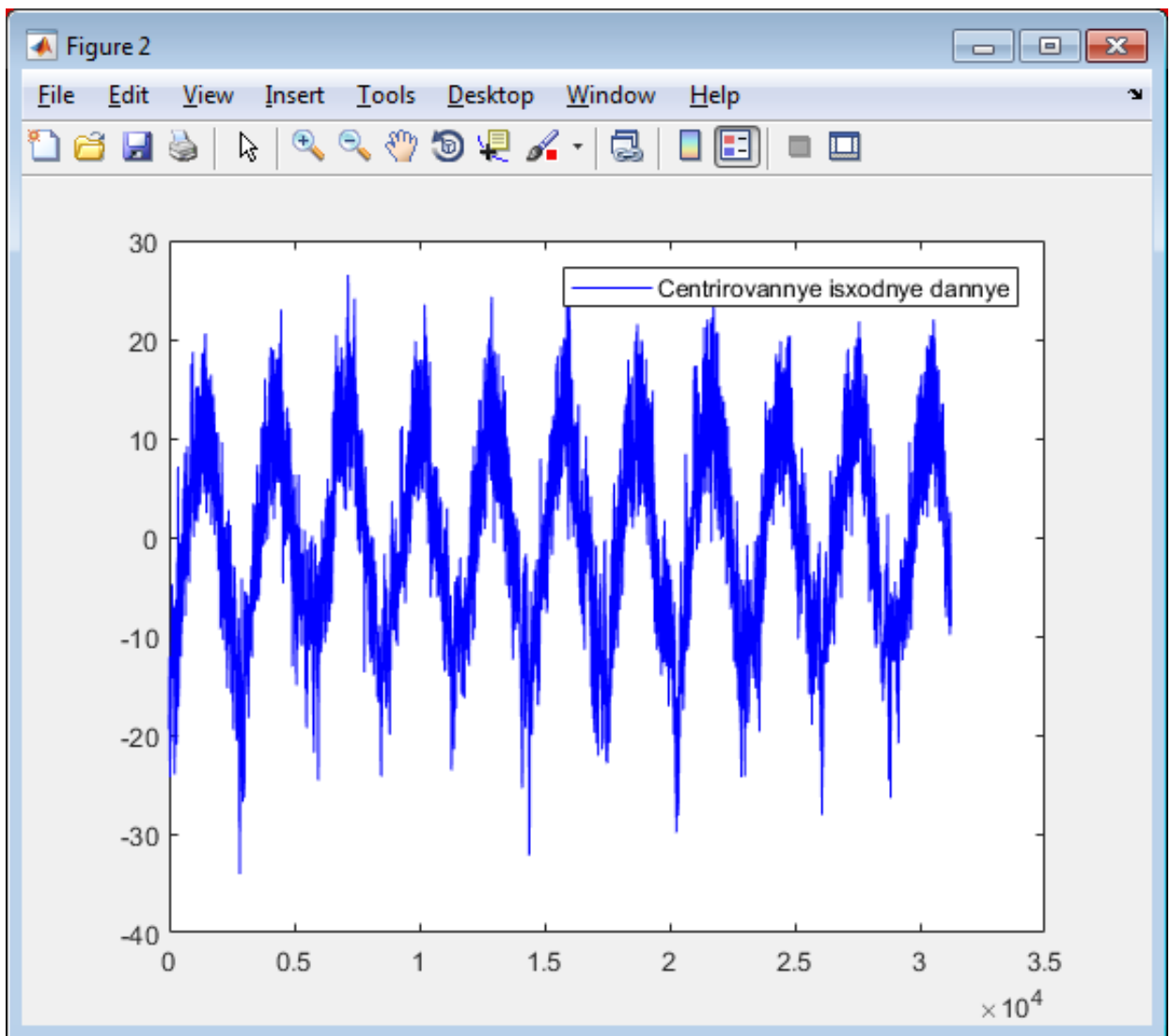


Рисунок 4.6 – Графік центрованих вхідних даних

Наступним кроком було повторено процедуру навчання та роботи лінійної штучної нейронної мережі. Як результат було отримано графіки з результатами.

Першим є графік залежності похибки та виходу мережі з цільовою функцією (рис. 4.7).

Як можна побачити помилка зменшується у процесі навчання та їй було необхідно приблизно рік вибірки для навчання.

Після навчання похибка дорівнює приблизно нулю.

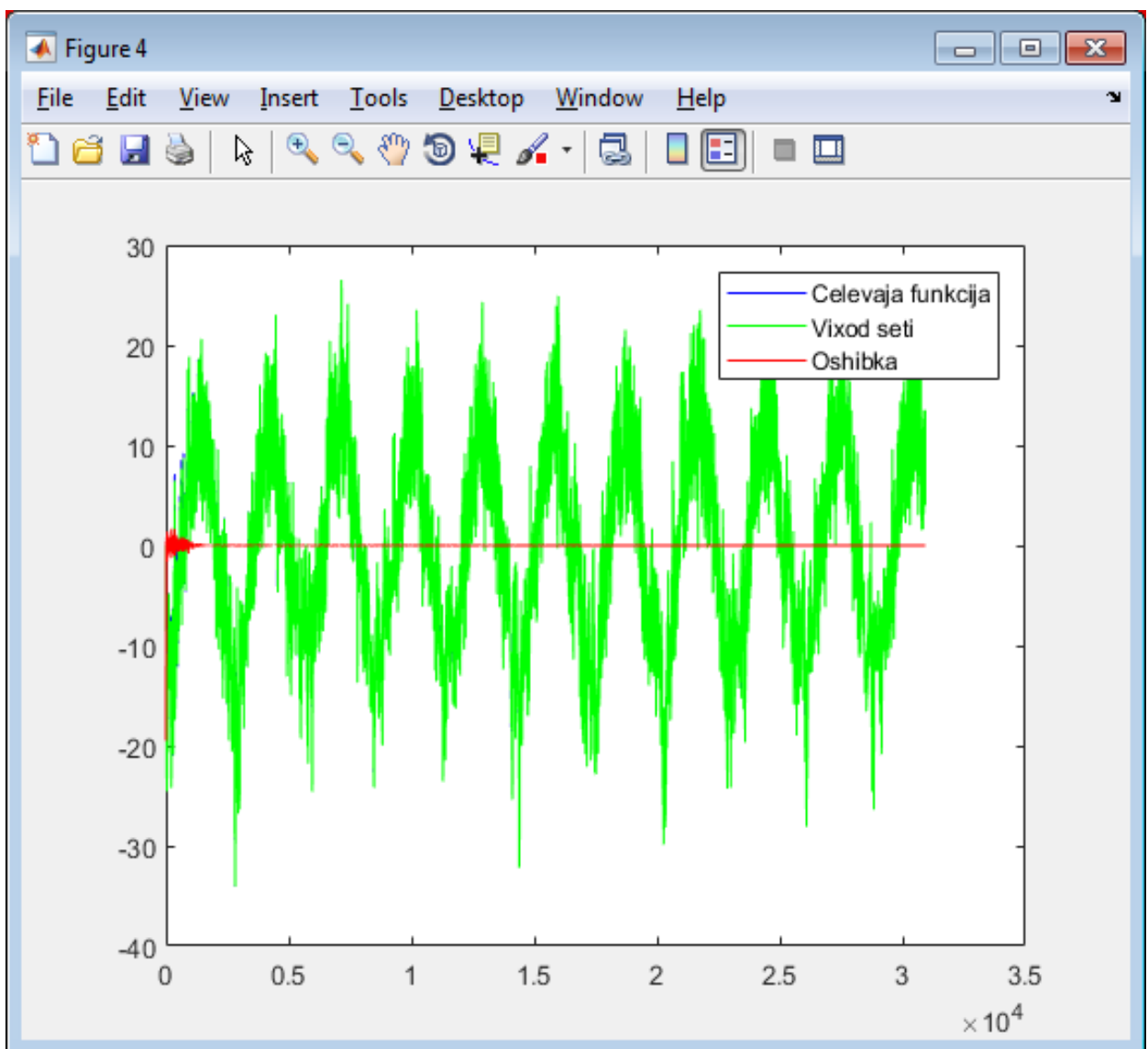


Рисунок 4.7 – Графік залежності похибки та виходу мережі з цільовою функцією

Для більш наглядного результату було побудовано графік похибки окремо (рис. 4.8).

На цьому графіку можна побачити, що у ході навчання лінійної штучної нейронної мережі похибка з кожним кроком починає наближатися до 0.

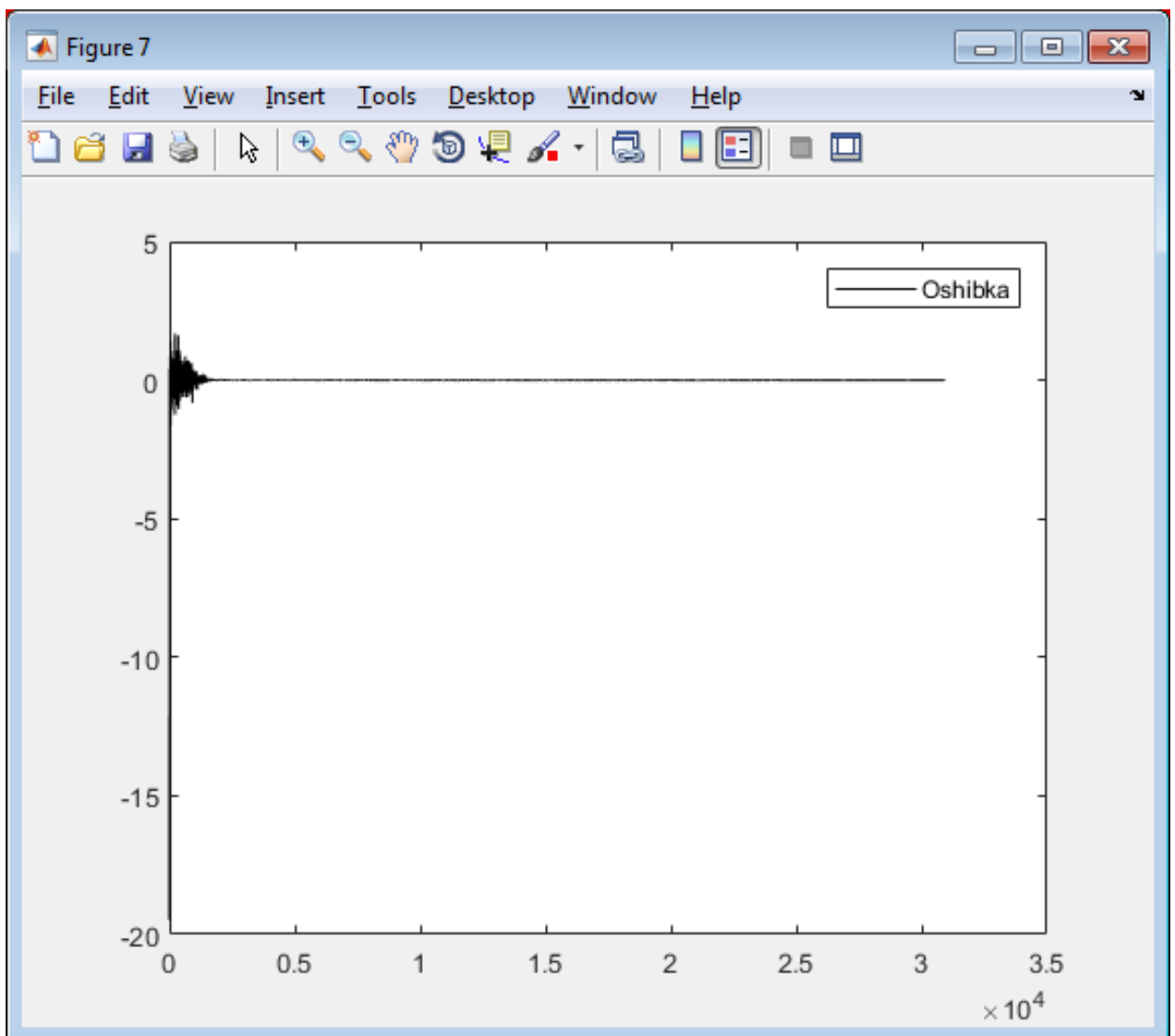


Рисунок 4.8 – Похибка у процесі навчання нейронної мережі

Наступним є графік входу, виходу та похибки на центрованому ряді температур (рис. 4.9).

На графіку можна побачити, що вхід та вихід мережі співпадають та похибка дорівнює нулю майже на всій роботі програми

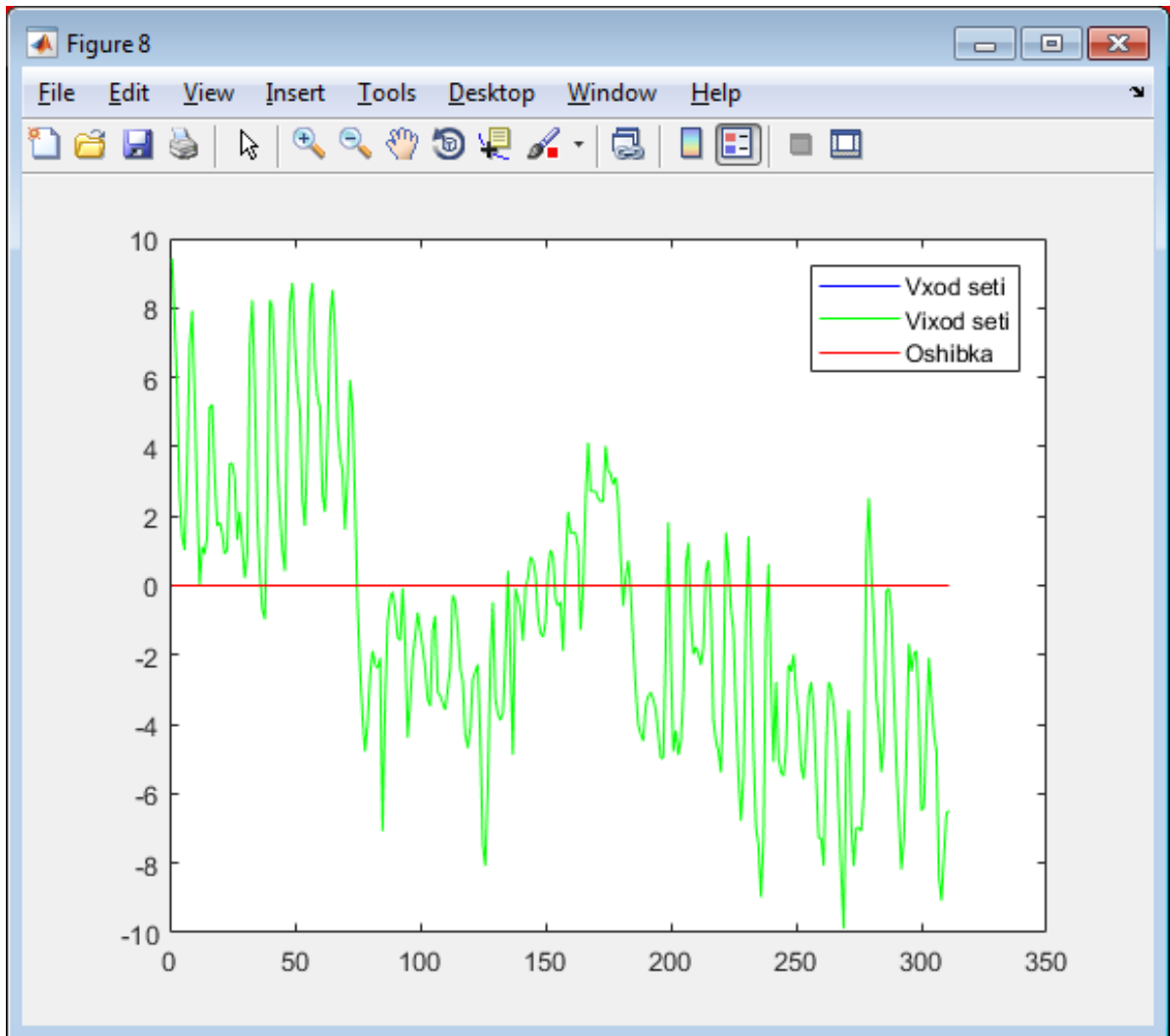


Рисунок 4.9 – Графік входу, виходу та похибки на центрованому ряді температур

Та останнім є графік похибки (рис. 4.10) на якому можна побачити, що значення похибки, при застосуванні лінійної нейронної мережі на центрованому ряді температур, коливається у діапазоні 10^{-5} . Цей показник є кращим, ніж на звичайному ряді температур та являється показником того,

що для прогнозування температур лінійна нейронна мережа підходить та може давати дуже точний результат при прогнозуванні.

Цій результат є найкращим з усіх, тобто лінійна мережа дає найкращий результат при роботі з центрованими даними температурного ряду.

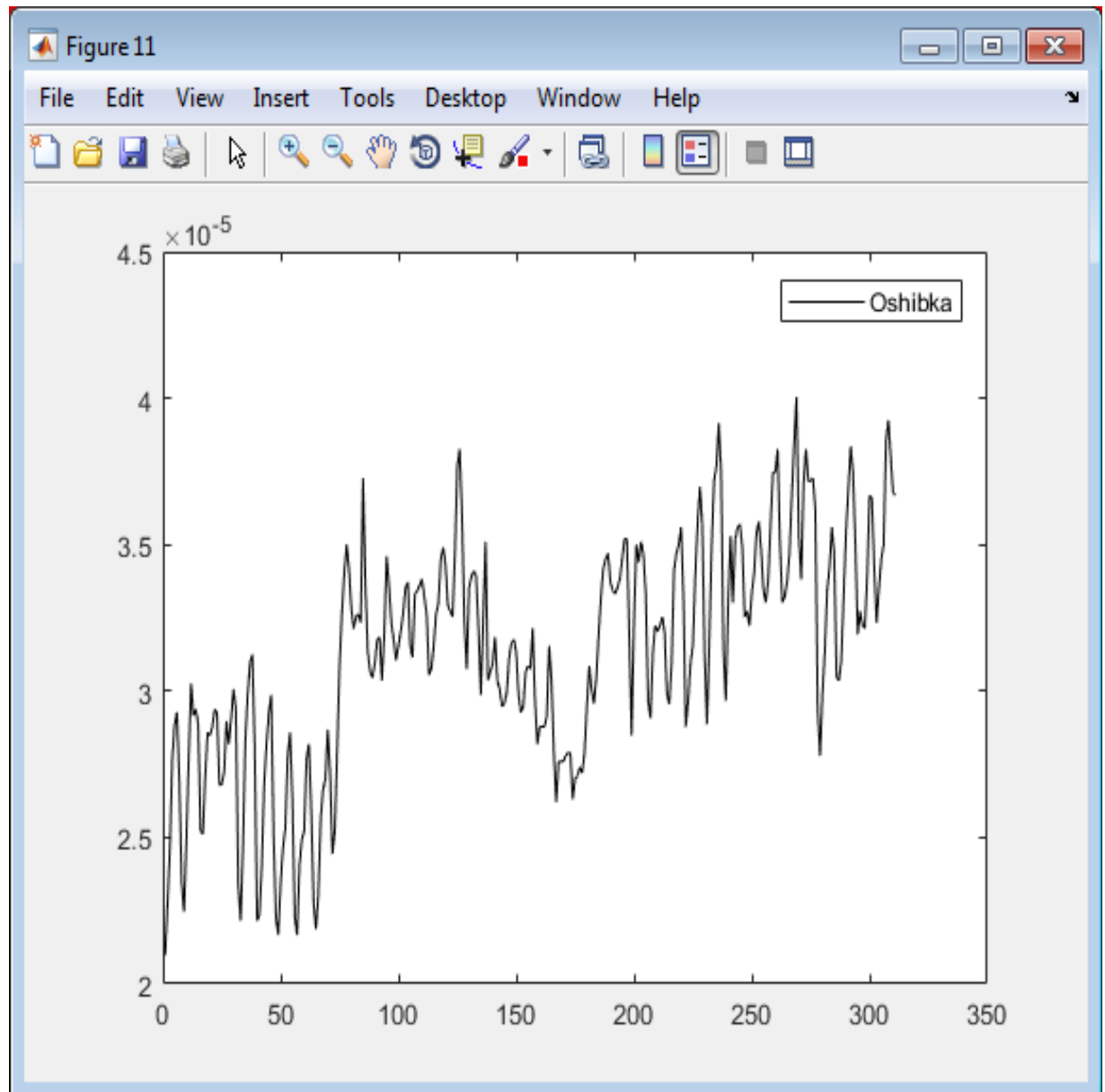


Рисунок 4.10 – Похибка при центрованому температурному ряді

4.3 Лінійна нейрона мережа на температурному ряді приведенного до центровано-нормованого вигляду

При нормуванні даних центрованого температурного ряду ми отримуємо дані зі значеннями від -1 до 1. Для цього у код було додано наступну частину коду:

```
MCN=MC/(max(abs(MC)));           figure;           plot(MCN,'-b');  
legend({'Centrirovannye i normirovannye isходnye dannye'});
```

Та знову за допомогою функції plot будемо графік центровано-нормованих даних(рис. 4.11).

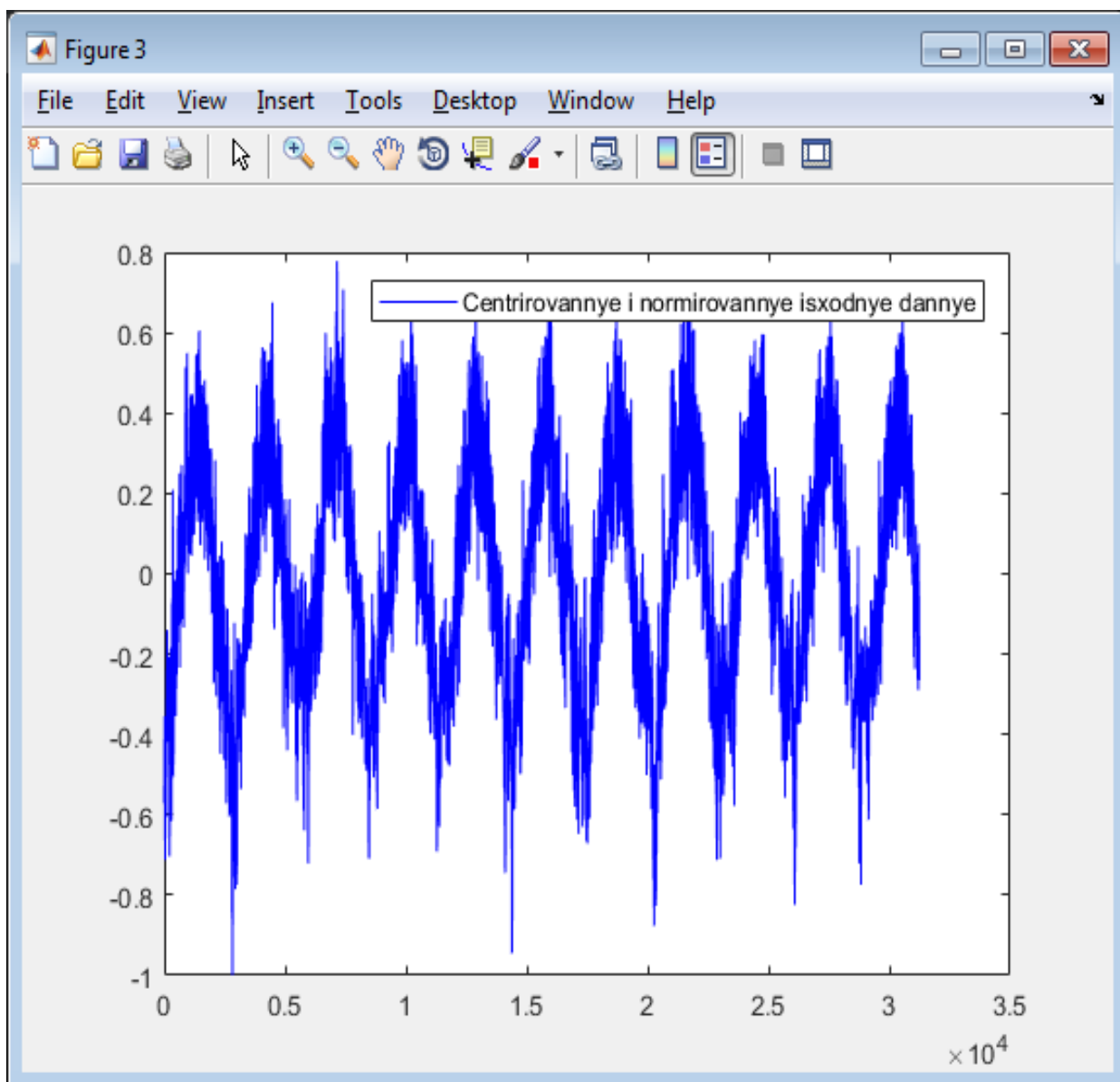


Рисунок 4.11 – Графік центровано-нормованих даних

Після побудування графіку залежності похибки та виходу мережі з цільовою функцією (рис. 4.12) можна побачити, що при застосуванні цих даних похибка не зменшується до задовільних значень точності прогнозування

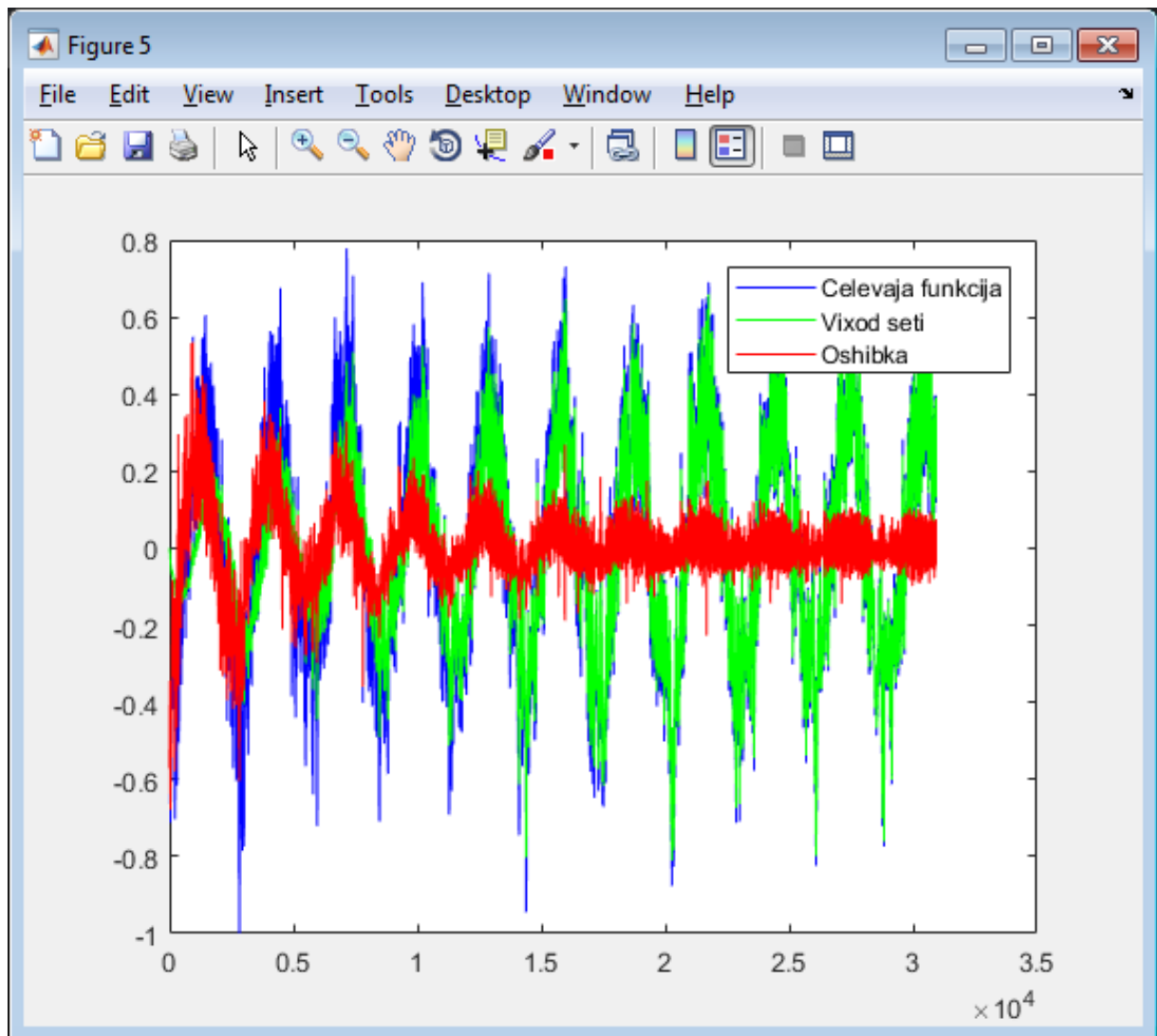


Рисунок 4.12 – Графік залежності похибки та виходу мережі з цільовою функцією

На графіку входу, виходу та похибки на центровано-нормованому ряді температур (рис. 4.13) ми бачимо велику різницю порівняно з попередніми графіками на центрованому та звичайному ряді температур. Похибка майже співпадає з виходом мережі.

Також можна побачити, що вхід та вихід мережі не співпадають та помітна величезна різниця.

Важко сказати з чим це пов'язано, тому я вважаю, що ця проблема потребує більш глибокого аналізу та наступних досліджень.

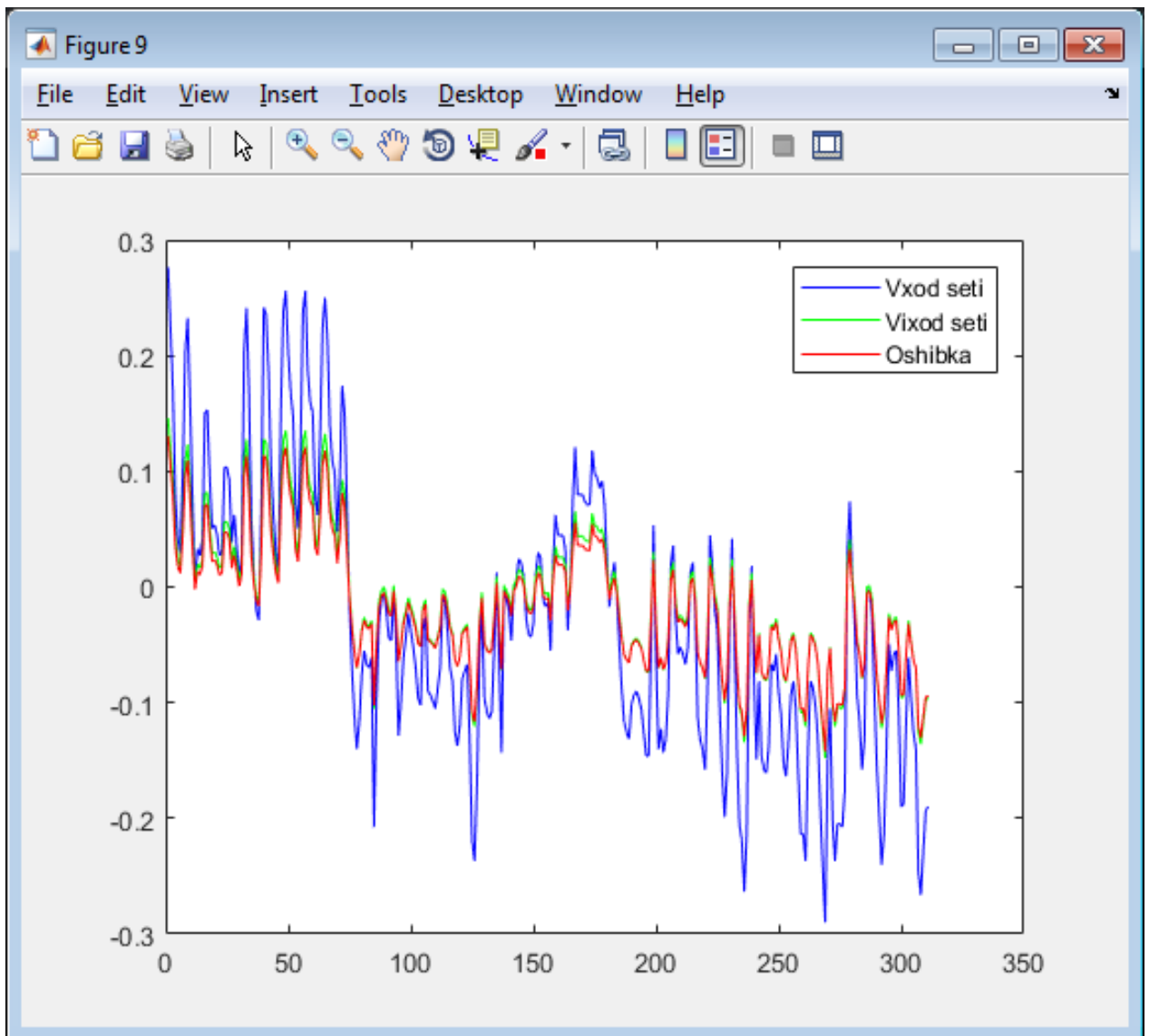


Рисунок 4.13 – Графік входу, виходу та похибки на центровано-нормованому ряді температур

При розгляданні графіку похибки більш детально (рис. 4.14) ми бачимо найцікавіший результат. Похибка при роботі з центровано-нормованим рядом температур досягає майже 15%. Цій показник є дуже високим і ні в

якому разі не підійде для прогнозування температури. З цього можна зробити висновок, що центровано-нормовані дані не підходять для лінійної мережі.

Причина такого результату та неякісного прогнозування досить не виявлена. Для виявлення цієї причини потрібно більше часу та досліджень.

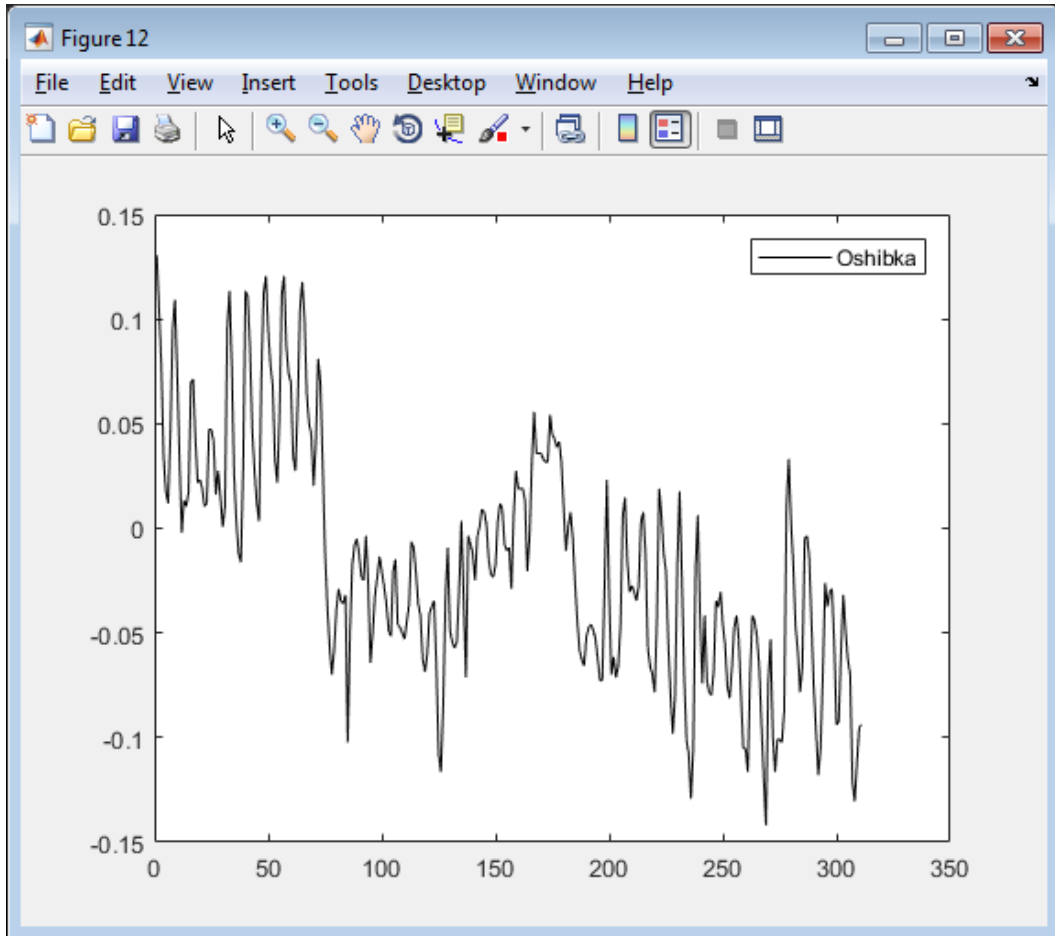


Рисунок 4.14 – Похибка

5 КЕРУВАННЯ ПРОЕКТОМ

Проект – унікальний набір процесів, що складаються з скоординованих і керованих завдань з датами початку та закінчення, зроблених для досягнення мети. Досягнення мети проекту вимагає отримання результатів, що відповідають певним заздалегідь вимогам, в тому числі обмеження на отримання результатів, таких як час, гроші і ресурси.

Управління проектом – область діяльності, в ході якої визначаються та досягаються чіткі цілі проекту при балансуванні між обсягом робіт, ресурсами (такими як гроші, працю, матеріали, енергія, простір і ін.), Часом, якістю та ризиками. Ключовим фактором успіху проектного управління є наявність чіткого заздалегідь визначеного плану, мінімізації ризиків і відхилень від плану, ефективного управління змінами[22].

5.1 Планування проекту

Для поставленої задачі планування використовувалася програма MSProject 2010. Microsoft Project (або MSP) – програма управління проектами, розроблена і продається корпорацією Microsoft.

Microsoft Project створений, щоб допомогти менеджеру проекту в розробці планів, розподілі ресурсів за завданнями, відстеження прогресу і аналізі обсягів робіт.

Microsoft Project створює розкладу критичного шляху. Розклади можуть бути складені з урахуванням використовуваних ресурсів. Ланцюжок візуалізується в діаграмі Ганта.

Проект дозволяє досягти певного результату в певні терміни і за певні гроші. План проекту складається для того, щоб визначити, за допомогою яких робіт буде досягатися результат проекту, які люди й устаткування потрібні для виконання цих робіт, в який час ці люди і обладнання будуть

зайняті роботою по проекту. Тому проектний план містить три основні елементи: завдання (завдання), ресурси (ресурс) і призначення (призначення) [23].

5.2 Керування ризиками проекта

Причиною виникнення ризиків є невизначеності, що існують в кожному проекті. Ризики можуть бути відомі – ті, які визначені, оцінені, для яких можливо планування. Ризики невідомі – ті, які не ідентифіковано і не можуть бути спрогнозовані. Хоча специфічні ризики і умови їх виникнення не визначені, менеджери проекту знають, виходячи з минулого досвіду, що більшу частину ризиків можна передбачити.

Реалізуючи проекти, що мають високий ступінь невизначеності в таких елементах, як цілі і технології їх досягнення багато компаній приділяють увагу розробці та застосуванню корпоративних методів управління ризиками. Дані методи враховують як специфіку проектів, так і корпоративних методів управління[24].

Управління ризиками – це процеси, пов'язані з ідентифікацією, аналізом ризиків та прийняттям рішень, які включають максимізацію позитивних і мінімізацію негативних наслідків настання ризикових подій. Процес управління ризиками проекту зазвичай включає виконання наступних процедур:

- 1) Планування управління ризиками – вибір підходів і планування діяльності з управління ризиками проекту.
- 2) Ідентифікація ризиків – визначення ризиків, здатних вплинути на проект, і документування їх характеристик.
- 3) Якісна оцінка ризиків – якісний аналіз ризиків і умов їх виникнення з метою визначення їх впливу на успіх проекту.
- 4) Кількісна оцінка – кількісний аналіз ймовірності виникнення та впливу наслідків ризиків на проект.

5) Планування реагування на ризики – визначення процедур і методів по ослабленню негативних наслідків ризикових подій і використання можливих переваг.

6) Моніторинг та контроль ризиків – моніторинг ризиків, визначення залишаються ризиків, виконання плану управління ризиками проекту і оцінка ефективності дій з мінімізації ризиків.

Всі ці процедури взаємодіють один з одним, а також з іншими процедурами. Кожна процедура виконується, принаймні, один раз в кожному проекті. Незважаючи на те, що процедури розглядаються як дискретні елементи з чітко визначеними характеристиками, на практиці вони можуть частково збігатися і взаємодіяти.

При розробці даного наукового проекту не здійснювалося серйозне управління ризиками, проте враховувалася можливість виникнення певних форс-мажорів, таких як хвороби виконавців, забуті роботи і т.п. Для цього в кожен етап була додана фіктивна завдання з мінімальним пріоритетом, під назвою «інші роботи» для кожного ресурсу. Після вирівнювання ресурсів ці завдання виявляються в кінці етапу. Тривалість цих завдань залежить від імовірності виникнення і ступеня впливу ризиків, вона залежить від способу визначення оцінок тривалості завдань, здоров'я членів команди та інших факторів. Тривалість «інших робіт» для кожного етапу розробки виставлялася приблизно до чверті довжини етапу. Такий метод обліку ризиків дозволяє, по-перше назвати терміни виконання проекту і його етапів, причому аргументовано і з високим ступенем достовірності, і по-друге оцінити приблизні трудовитрати по проекту.

5.3 Оцінка трудомісткості і термінів розробки програмного забезпечення

На даному етапі необхідно визначити, скільки часу займе реалізація проекту і в які терміни необхідно вирішити ту чи іншу задачу. Це, в свою

чергу, визначить, коли саме потрібно залучити ті чи інші ресурси і як буде контролюватися розподіл коштів проекту.

Варто відзначити, що в управлінні термінами пріоритетним є визначення взаємозв'язків завдань проекту та способів їх реалізації; саме це і впливає в першу чергу на те, як вибудовуються завдання в календарному плані робіт. Даний підхід має ряд переваг:

По-перше, робота повинна визначати графік, а не навпаки, тому що досить легко розробити календарний план, який на ділі буде розходитися з намірами.

По-друге, даний підхід повністю збігається з інструментами управління проектами, такими як Microsoft Project.

По-третє, використовуючи даний підхід, можна отримати цілком реалістичний графік результатів, менш схильних до змін, на відміну від графіків робіт, які є більш гнучкими і визначаються іншими способами.

Таким чином, процеси управління термінами проекту включають в себе наступні фази:

1) Визначення складу операцій – виявлення всіх планових операцій, які необхідно здійснити. Це досягається за допомогою таких методів як: декомпозиція, шаблони, планування методом набігає хвилі, експертна оцінка і т.д.

2) Визначення взаємозв'язків операцій включає ідентифікацію та документування логічних взаємозв'язків між плановими операціями. Завдання послідовності може бути виконання за допомогою програмного забезпечення для управління проектами або вручну.

3) Оцінка ресурсів операцій покликана визначити, які ресурси (людські, матеріальні і т.д.) будуть використовуватися і в якій кількості, і коли кожен з цих ресурсів буде доступний для виконання проектних рішень.

4) Оцінка тривалості операцій задіє інформацію про зміст робіт планової операції, типах необхідних ресурсів, розрахунковій кількості ресурсів і календарях ресурсів із зазначенням їх доступності.

5) Розробка розкладу здійснюється за допомогою визначення планових дат початку та закінчення кожної з операцій на проекті. Розробка розкладу проводиться безперервно по всьому проекту в міру виконання робіт, зміни плану управління проектом і виникнення або припинення очікуваних ризиків або виявлення нових.

6) Управління розкладом інтегрує в собі всі вищеописані фази.

Коли всі плановані результати відображені на діаграмі, то не важко визначити початок і закінчення кожного результату.

Сама рання дата початку виконання завдання відповідно до логіки і обмеженнями розкладу називається «ранній старт». Її початок залежить від того, чи повинна попередня завдання бути завершена або достатньо її почати. Додаючи до дати «раннього старту» відрізок часу, призначений на виконання завдання, можна знайти дату «раннього фінішу», або найбільш раннього терміну завершення завдання відповідно до логіки і обмеженнями розкладу. Таким чином, можна визначити ранній старт і фініш для кожної з задач на діаграмі. Такий метод називається «прямий прохід». Він має на увазі прочитання діаграми зліва направо[25].

Отже, використовуючи метод прямого проходу, можна також дізнатися якою є загальна тривалість всього проекту, і в який час знадобляться ресурси для виконання проектних завдань. Отримані для даного проекту результати статистики проекту показані на малюнку.

При розробці даного наукового проекту не здійснювалося серйозне управління ризиками, проте враховувалася можливість виникнення певних форс-мажорів, таких як хвороби виконавців, забуті роботи і т.п.

Всі ці процедури взаємодіють один з одним, а також з іншими процедурами. Кожна процедура виконується, принаймні, один раз в кожному проекті.

Для оцінки трудомісткості були складені зведений звіт про трудовитратах і ресурсів та звіт про базові трудозатратах ресурсів. Результати цих двох звітів наведені на рис. 5.1 і рис. 5.2.

	Начало	Окончание
Текущее	Пн 03.10	Пт 28.12
Базовое	НД	НД
Фактическое	Пн 03.10	Пт 28.12
Отклонение	0д	0д

	Длительность	Трудозатраты	Затраты
Текущие	55д	1 349,2ч	0,00р.
Базовые	0д	0ч	0,00р.
Фактические	55д	1 349,2ч	0,00р.
Оставшиеся	0д	0ч	0,00р.

Процент завершения
 Длительность: 100% Трудозатраты: 100%

Закреть

Рисунок 5.1 – Статистика разобранного проекта

Як видно з обох звітів, представлених на малюнках вище, загальні трудовитрати ресурсів були розподілені приблизно рівномірно між всіма виконавцями даного проекту протягом його розробки (рис. 5.3).

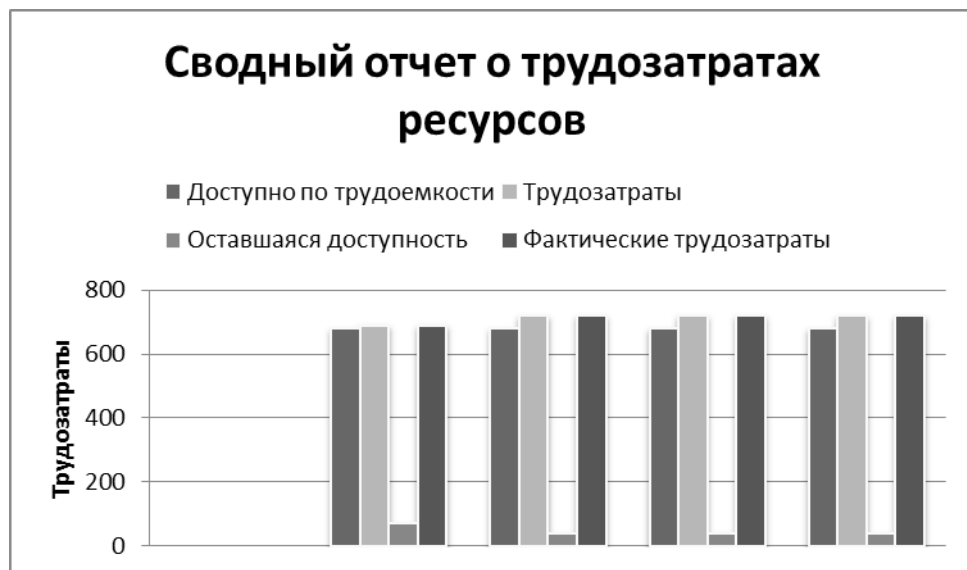


Рисунок 5.2 – Зведений звіт про трудовитратах ресурсів



Рисунок 5.3 – Звіт про базові трудозатратах

ВИСНОВКИ

Могою задачею було у програмному забезпеченні MATLAB розробити та навчити штучну лінійну нейронну мережу на основі температурного ряду за період з 06.11.2015 по 01.02.2005, який було приведено до центрованого та центровано-нормованого вигляду.

При застосуванні лінійної нейронної мережі на центрованому ряді температур, коливається у діапазоні 10^{-5} . Цей показник є кращим, ніж на звичайному ряді температур(який був 10-4). Виходячи з цього, можна зробити висновок, що цей спосіб екстраполяції за допомогою лінійної нейронної мережі є найкращим.

Після закінчення роботи нейронної мережі ми отримали графік похибки прогнозування. При розгляданні графіку похибки більш детально ми бачимо найцікавіший результат. Похибка при роботі з центровано-нормованим рядом температур досягає майже 15%. Цей показник є дуже високим і ні в якому разі не підійде для прогнозування температури. З цього можна зробити висновок, що центровано-нормовані дані не підходять для лінійної мережі.

Причина такого результату та неякісного прогнозування досить не виявлена. Для виявлення цієї причини потрібно більше часу та досліджень.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Брюс Баклі, Едвард Дж. Хопкінс, Річард Уайтекер *Погода: Енциклопедичний путівник*. — К.: Махаон-Україна, 2007. 304 с.
2. Барашкова Н.К., Кижнер Л.И., Кужевская И.В. *Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование / Учеб. пособие /* Под ред. Г.О. Задде. Томск, 2012. 312 с.
3. Белов П.Н., Переведенцев Ю.П., Гурьянов В.В. *Численные методы анализа и прогноза погоды*. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1991. 84 с.
4. Васильев А.А., Вильфанд Р.М. *Прогноз погоды* СПб.: Типография «Моби Дик», М.: 2008. 60 с.
5. Капустин А.В., Сторожук Н.Л. *Технические средства гидрометеорологической службы*. СПб, 2005. 283 с.
6. Гордин В. А. *Математика, компьютер, прогноз погоды*. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 224 с.
7. Будыко М.И. *Климат и жизнь*. Л.: Гидрометеоиздат., 1971. 472 с.
8. Коновалова Н.В., Коробов В.Б., Васильев Л.Ю. *Интерполирование климатических данных при помощи ГИС-технологий*. *Метеорология и гидрология*, 2006, №5. 628 с.
9. Оке Т.Р. *Климаты пограничного слоя/Т.Р. Оке: [пер. с англ. А.С. Дубова]*. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1982. 360с.
10. Матвеев Л.Т. *Особенности метеорологического режима большого города* Л.Т.Матвеев// *Метеорологияи гидрология*. – 1979. – No5. 432 с.
11. Розенблатт Ф. *Принципы нейродкнамикн. Персептрон и теория механизмов мозга: Пер. с англ.* — М.: Мир, 1965, 451с.
12. Минский М. Л., Пейперт. С. *Персептроны: Пер. с англ.* — М.: Мир, 1971. 280 с.
13. Carpenter G. A., Grossberg S. *The ART of Adaptive Pattern Recognition by a Self-Organizing Neural Network // Computer*. — 1988. — March. P. 77-88.

14. Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения / Е.В. Бодянский, О.Г. Руденко — Харьков: ТЕЛЕТЕХ, 2004. 369с.
15. Waibel A. Consonant Recognition by Modular Construction of Large Phonetic Time — Delay Neural Network. / In Advances in Neural Information Processing Systems 1. D.S. Touretzky (ed.), 1989. P. 215-223.
16. Whitley D., Dominic S., Das R. Genetic Reinforcement Learning with Multilayer Neural Networks / In Belew and Booker. — 1991. P. 562-570.
17. Кнут Д. Э. Искусство программирования. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2000. — Т. 3. Сортировка и поиск. 632 с.
18. Poggio T., Girosi F. Networks for Approximation and Learning // Proc, of IEEE. — 1990. — 78(9). P. 1481-1497.
19. Вазан М. Стохастическая аппроксимация. — М.: Мир, 1972. 295 с.
20. Медведев В.С, Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общ. ред. В.Г.Потемкина. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 496 с.
21. Hecht-Nilsen R. Neurocomputing. — Addison-Wesley, 1990. P. 185-204.
22. Афонин, А.М. Управление проектами: Учебное пособие / А.М. Афонин, Ю.Н. Царегородцев, С.А. Петрова. - М.: Форум, 2010. 184 с.
23. Гонtareва, И.В. Управление проектами: Учебное пособие / И.В. Гонtareва, Р.М. Нижегородцев, Д.А. Новиков. - М.: КД Либроком, 2013. 384 с.
24. Джалота, П. Управление проектами в области информационных технологий / П. Джалота. - М.: Лори, 2014. 224 с.
25. Ларсон, Э.У. Управление проектами: Учебник / Э.У. Ларсон, К.Ф. Грей; Пер. с англ. В.В. Дедюхин. - М.: ДиС, 2013. 784 с.

ДОДАТОК А Графічна частина магістерської роботи



Рисунок А.1 – Вступ

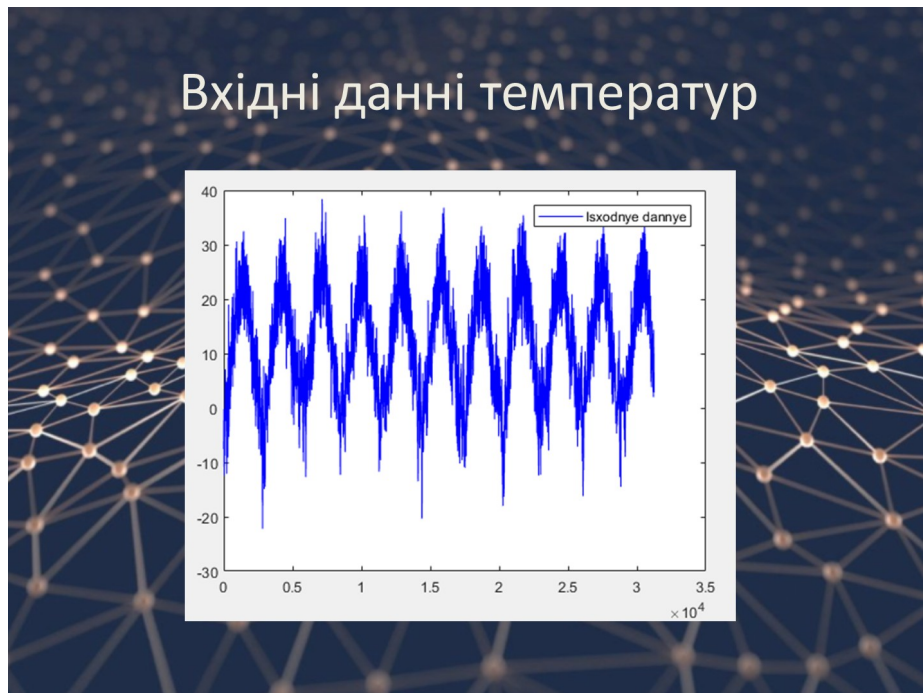


Рисунок А.2 – Вхідні данні температур



Рисунок А.3 – Процес навчання нейронної мережі



Рисунок А.4 – Результат роботи мережі

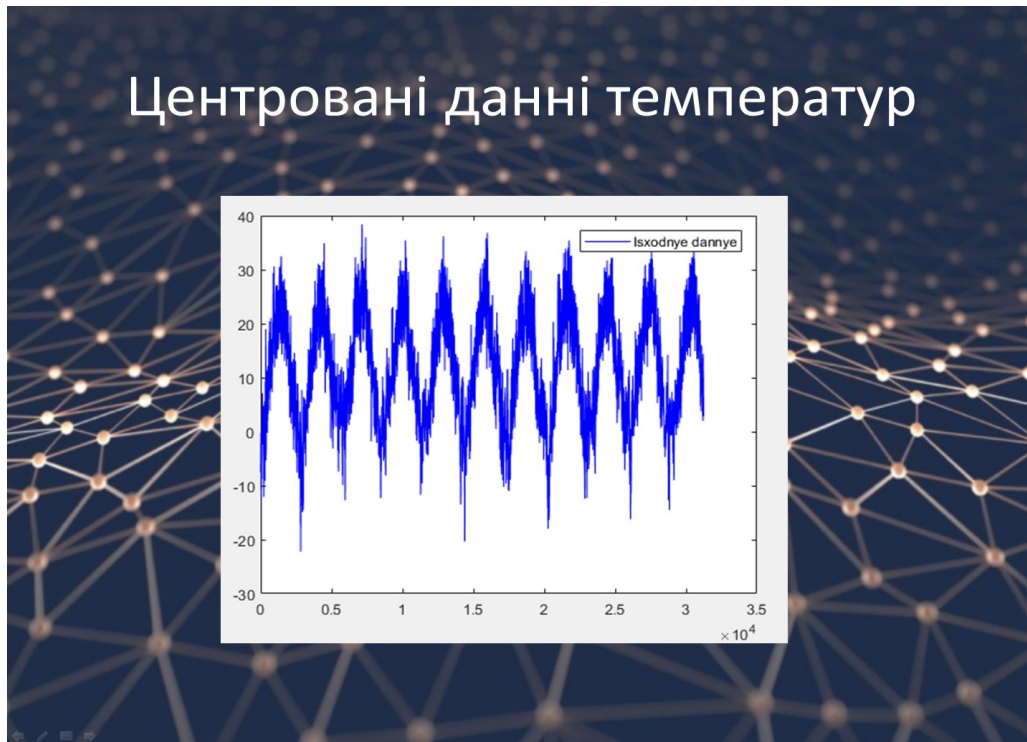


Рисунок А.5 – Центровані данні температур

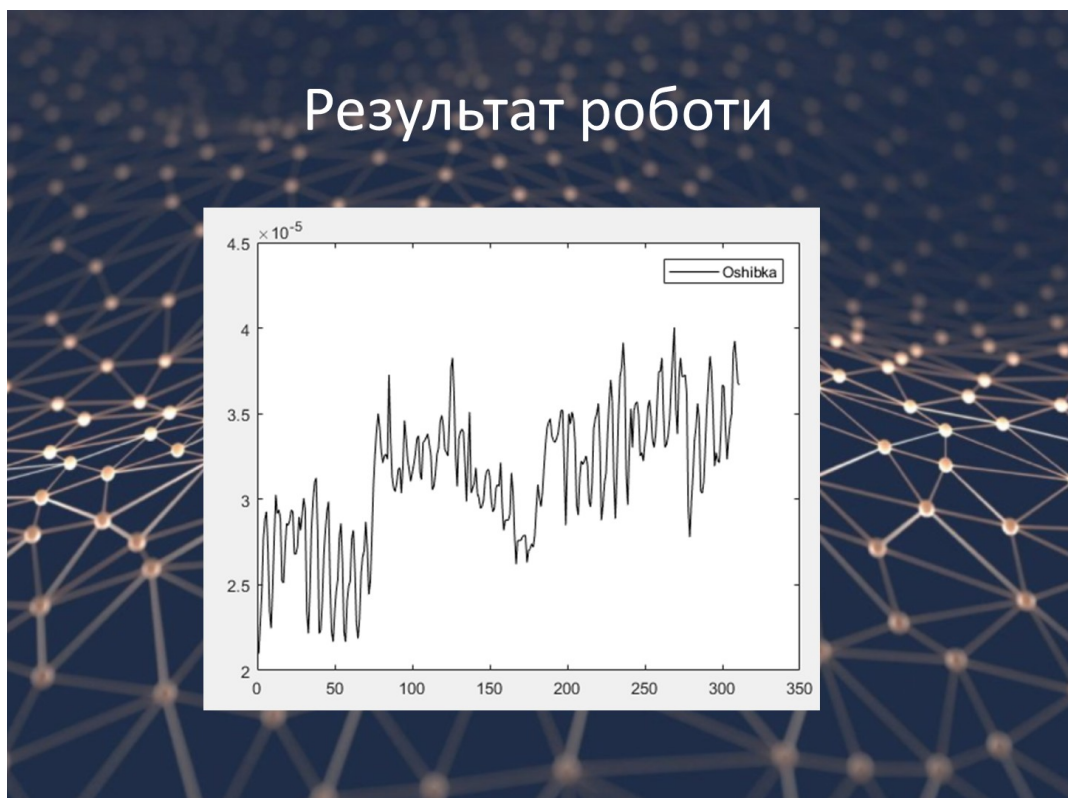


Рисунок А.6 – Результат роботи

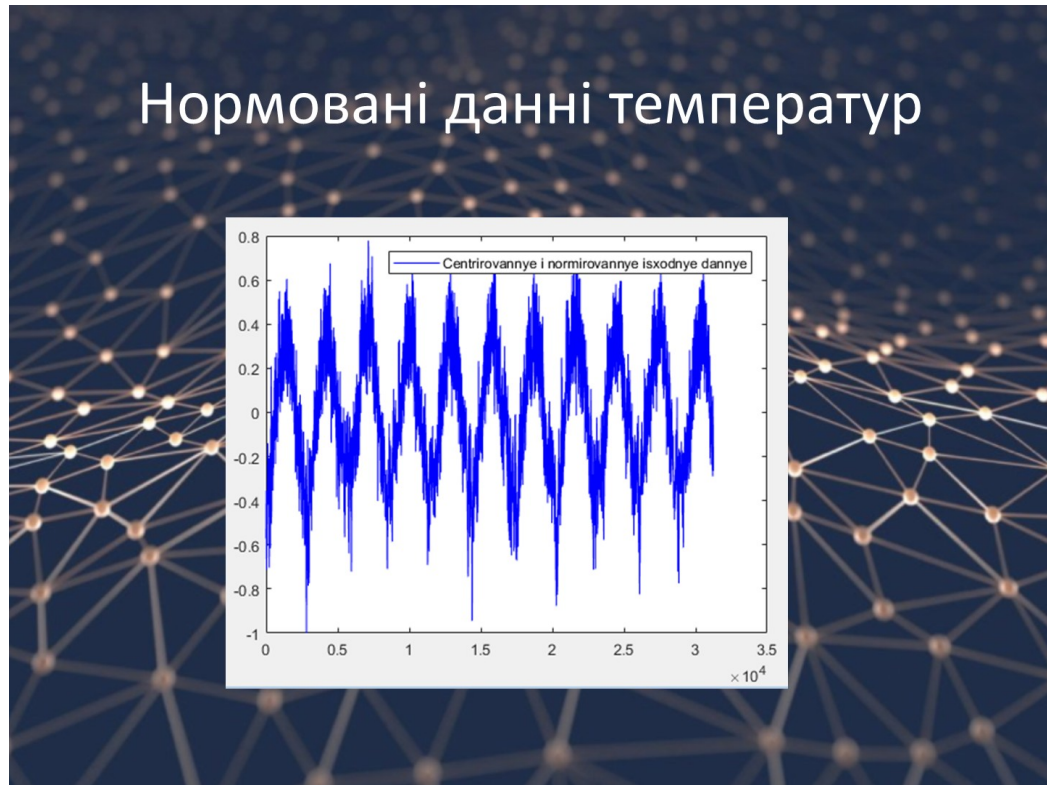


Рисунок А.7 – Нормовані данні температур

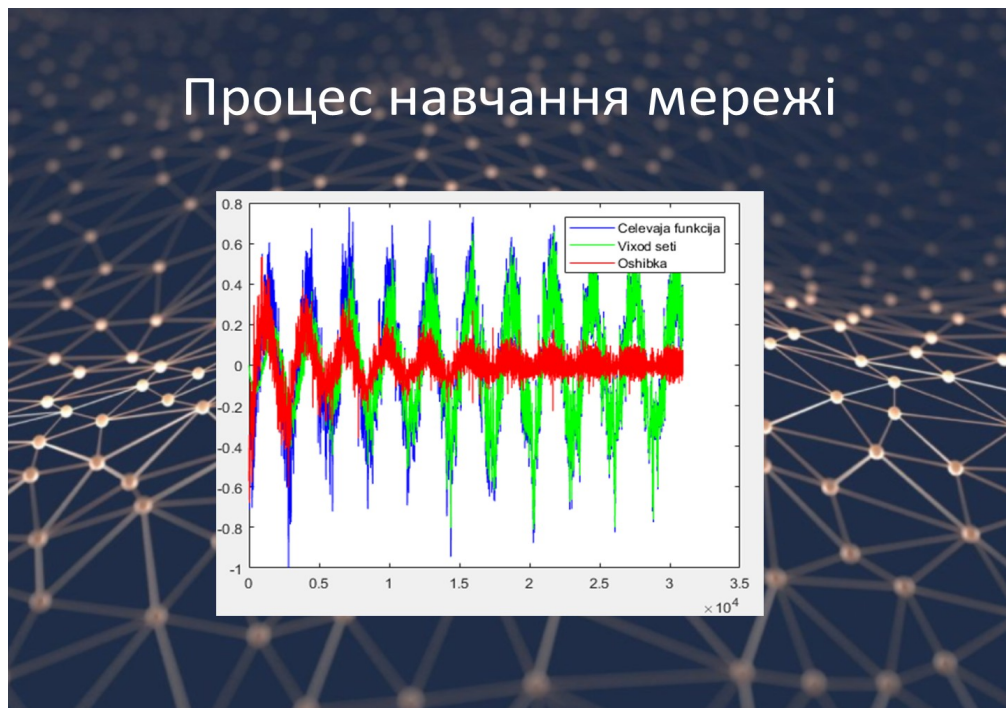


Рисунок А.8 – Процес навчання мережі



Рисунок А.9 – Результат роботи мережі