

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління
Освітній ступінь Магістр
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітньо-професійна програма Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри _____

“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Коханівського Ярослава Станіславовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система керування виробництвом пива з інтелектуальною підсистемою підтримки прийняття рішень при управління процесом фільтрації пивного суслу

керівник роботи проф., кандидат технічних наук Кишенько Василь Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “__19_” грудня 20__ року №1006-КС _____

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Апаратурно-тетехнологічна схема основного відділення. Організаційна, технічна та інформаційна структура існуючих ІАСУ та АСУТП. Вимоги до системи автоматизації, що проектується.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація (державною, російською та англійською мовами). Зміст. Вступ . Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ. 1.1 Характеристика об'єкта дослідження. 1.2 Огляд літератури. 1.2.1 Аналіз існуючих систем інтелектуального управління. 1.2.3 Прогнозування в системах управління процесу. 1.2.4 Загальні підходи до управління технологічним процесом за нейронних мереж. 1.2.5. Генетичні алгоритми. 1.2.6 Використання нечіткої логіки в системах автоматичного управління. 1.2.7 Нечітка логіка в з ПІД регулюванням. 1.2.8 СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З НЕЧІТКОЮ

ЛОГІКОЮ. 1.2.9 Вибір методу прогнозування. 1.3 Постановка задачі роботи. Розділ 2 – Загальносистемні рішення. 2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом). 2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються. 2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirementsdiagram). 2.4. Визначення функцій (UseCasediagram). 2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи. 2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК. 2.6.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (State Machine diagram, diagram). 2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації (Sequence diagram). Розділ 3 – Розробка та програмного забезпечення ІСК. 3.1 Принцип побудовинейрорегулят ора NN Controller. 3.2 Виистання моделі нейромережевого регулятора рішення задач для керування витратою суслу на фільтрування. 3.3. Формування керувального діяння виистанням нейромережевого регулятора. 3.3.1 Розробка системи керування. Обґрунтування методу та режиму навчання регулятора. Висновки до пункту 3.3.2. Аналіз результатів моделювання. точності часткових розв’язків задачі керування нейромережевим регулятором. 3.4. Розробка та моделювання ІСК. 3.4.1. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних. 3.4.2. Розробка бази правил для нечіткої системи. результатів роботи системи. 3.5 Побудова нечіткого регулятора. ВИСНОВОК. Список використаної літератури.

5. Консультанти розділів роботи.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	листопад 2023р.	
2	Розділ 2 – Загальносистемні рішення	грудень 2023р.	
3	Розділ 3 – Розробка та програмного забезпечення ІСК	січень 2024	

Здобувач

(підпис)

Ярослав КОХАНІВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Василь КИШЕНЬКО
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мета: розробити інтелектуальну підсистему підтримки прийняття рішень при управлінні процесом фільтрації пивного сусла.

У роботі розроблена функціональна структура інтегрованої інтелектуальної системи автоматичного ситуаційного керування фільтрації сусла, інтелектуальної системи автоматичного керування для реалізації прикладних функцій в умовах наявності випадкових зовнішніх збурень, розроблені вимоги до інтелектуальної системи керування, визначені функції користувачів, розроблена BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи, розроблена система управління на базі нечіткої логіки з розробкою лінгвістичної апроксимації вхідних та вихідних змінних, бази правил, та побудований нечіткий регулятор.

ABSTRACT

Purpose: to develop an intelligent decision-making support subsystem for managing the beer wort filtration process.

The work developed a functional structure of an integrated intelligent system of automatic situational control of wort filtration, an intelligent automatic control system for the implementation of applied functions in the presence of random external disturbances, developed requirements for an intelligent control system, defined user functions, developed a BDD of technological, technical and information components of the system, a control system based on fuzzy logic was developed with the development of linguistic approximation of input and output variables, a rule base, and a fuzzy controller was built. The control system developed on the basis of a microprocessor controller nayrozpovsyudzhennyh Schneider Electric. Number of pages of explanatory note to the volume of graphic material is:

Зміст

Вступ.....	9
Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	11
1.1 Характеристика об'єкта дослідження	11
1.2 Огляд літератури	17
1.2.1 Аналіз існуючих систем інтелектуального управління.....	17
1.2.3 Прогнозування в системах управління процесу	31
1.2.4 Загальні підходи до управління технологічним процесом за нейронних мереж.....	32
1.2.5. Генетичні алгоритми	39
1.2.6 Використання нечіткої логіки в системах автоматичного управління....	48
1.2.7 Нечітка логіка в з ПД регулюванням	52
1.2.8 СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ	54
1.2.9 Вибір методу прогнозування	57
1.3 Постановка задачі роботи	59
Розділ 2 – Загальносистемні рішення.....	62
2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом	62
2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються	69
2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram	70
2.4. Визначення функцій (Use Case diagram)	73
2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи.....	75
2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК.....	76
2.6.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (State Machine diagram, diagram)	76
2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації (Sequence diagram)	78
Розділ 3 – Розробка та програмного забезпечення ІСК.....	80
3.1 Принцип побудови нейрорегулятора NN Controller	80

3.2 Використання моделі нейромережевого регулятора рішення задач для керування витратою сула на фільтрування	83
3.3. Формування керувального діяння виистанням нейромережевого регулятора	84
3.3.1 Розробка системи керування. Обґрунтування методу та режиму навчання регулятора.....	85
Висновки до пункту	93
3.3.2. Аналіз результатів моделювання. точності часткових розв'язків задачі керування нейромережевим регулятором.....	93
3.4. Розробка та моделювання ІСК.....	96
3.4.1. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних.....	97
3.4.2. Розробка бази правил для нечіткої системи. результатів роботи системи	103
3.5 Побудова нечіткого	105
ВИСНОВОК	107
Список використаної літератури	109

Вступ

Автоматизація технологічних процесів є одною з найважливіших засобів підвищення продуктивності праці, зменшення витрат матеріалів і енергії, покращення якості продукції, впровадження прогресивних методів управління.

На сучасному етапі харчова промисловість потребує створення заводів, цехів, ліній з високим ступенем механізації і автоматизації виробництва, створення приладів і систем автоматизації на базі традиційних технічних засобів, а також мікропроцесорної техніки.

Пивоварне виробництво є складним. В сучасному світі в умовах великої конкуренції, на перший план виходять такі показники, як якість, енергозатратність, собівартість. Боротьба за ці показники є першочерговим завданням виробників у найближчому майбутньому. Ця боротьба може бути успішною лише за допомогою застосування сучасних засобів і методів у технології, теплотехніки, організації виробництва. Автоматизація процесів на кожному з перерахованих напрямів є основним засобом у досягненні успіху.

Бурхливий розвиток мікроелектронного виробництва, програмно-технічних засобів з кожним днем дає нам все нові і нові можливості, які ми застосовуємо в усіх сферах життя.

Комплексна автоматизація технологічних процесів на пивоварному заводі за останні роки теж зазнала суттєві зміни. Сьогодні це вже не сукупність локальних АСУ ТП, а єдина розподілена система з безліччю контролерів і комп'ютерів, об'єднаних в єдину мережу передачі даних.

Автоматизація пивоварного виробництва забезпечує якісну і ефективну роботу технологічних ділянок тільки у випадку комплексного підходу до вирішення цієї задачі. При такому підході варто підготувати до автоматизації технологічне устаткування, технологію і вибрати необхідні засоби автоматизації для основних і допоміжних процесів.

Сучасна автоматизована система управління технологічними процесами на пивоварному виробництві призначена:

- покращення якості регулювання основних технологічних параметрів;
- зменшення відхилення від норм технологічного режиму;
- заміна морально та фізично застарілих існуючих засобів автоматизації;
- реалізація сучасних принципів управління;
- покращення технологічної дисципліни за рахунок постійного контролю по виконанню норм технологічного режиму і можливості аналізу історії параметрів за будь-який період часу;
- зменшення праці технологічного персоналу;
- аналіз виникаючих ситуацій та своєчасного прийняття рішень за рахунок виділення і показу інформації на мнемосхемах ПК, графіках параметрів;
- аналіз аварійних ситуацій за допомогою роздрукування графіків;

Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Характеристика об'єкта дослідження

Кип'ятіння сусла з хмелем є невід'ємним дуже важливим технологічним процесом. При цьому відбувається екстрагування і перетворення і ароматичних речовин хмелю (охмелювання сусла), осаджування () високомолекулярних білків, інактивація ферментів, стерилізація сусла, утворення редуцувальних речовин, частини води, яка впливає на якість пива. Тому важливо правильно розумно проводити даний процес, так як від нього залежить кінцевий продукт, економіка і конкурентоспроможність підприємства в цілому. Отримане в процесі фільтрування кип'ятять протягом 1-2 год із додаванням хмелю. При кип'ятінні в нього переходять гіркі й ароматичні речовини хмелю, одночасно коагулюють. Кип'ятіння сусла ведуть у сусловарочних казанах, у яких створюються всі для інтенсивного кип'ятіння сусла. Кінцевим продуктом після стадії кип'ятіння є охмелене сусло.

Сусловарильний котел. У сусловарильному котлі сусло інтенсивно кип'ятять 60-70 хв, і тому котел повинен бути обладнаний потужним. Із часом відбувалася зміна способів обігріву котла, що змінило і форму. По типу обігріву сусловарильних котлів розрізняють:

1. сусловарильні котли прямим обігрівом;
2. сусловарильні котли з паровим обігрівом;
3. сусловарильні з обігрівом гарячою водою.

У цей час частіше виистовується сусловарильного котла за допомогою пари. Останнім часом здобувають популярність сусловарильні з кип'ятінням при низькому надлишковому тиску. Основна ідея кип'ятіння при надлишковому тиску полягає в тому, що ряд біохімічних процесів перетворення протікає швидше, якщо тиск, а з ним і температура кип'ятіння 100°C.

Сушловарильні котли з кип'ятінням при низькому надлишковому виготовляються як герметичні котли, розраховані на максимальний надлишковий тиск 0, бар, і оснащуються необхідною для цього запобіжною арматурою на випадок тиску й утворення вакууму. Обігрів сусла відбувається за допомогою винесеного внутрішнього кип'ятильника. Конденсатор вторинної пари розраховується відповідно на рівень тиску котлі, так що може виистовуватися більш висока температура вторинної пари.

кип'ятять 60-70 хвилин при 103-106°C. Ступінь при кип'ятінні з виистанням низького надлишкового тиску становить близько 6 Пара, що утворюється конденсується у конденсаторі, що дає змогу економити .

Кип'ятіння виконують або в розташованому поза межею казана виносному кип'ятильнику, який прокачують сусло, або у внутрішньому кип'ятильнику, при виистанні якого нагрівається в сушловарильному котлі.

Хміль та хмелепродукти

Хміль - багаторічна рослина сімейства конопляних, наземна частина рослини щорічно розвивається від еня. Культуру розводять шляхом висадки обрізаних підземних пагонів з бруньками.

Хміль надає приємний гіркий смак та специфічний аромат, сприяє видаленню з пивного деяких білків, як антисептик подавлює розвиток мікроорганізмів, утворюючи нормальні умови життєдіяльності дріжджів, збільшує піностійкість та біологічну стійкість пива. Найбільшу цінність пивоваріння являють специфічні складові частини хмелю - гіркі речовини, хмелеве масло дубильні речовини.

Гіркі речовини хмелю являються найбільш цінними складовими частинами , які не зустрічаються в інших рослинах. В групу гірких речовин власне хмелеві смоли (м'яка а-смола, м'яка (З-, у-смола) та гіркі хмелеві а- та (З- . Хмелеві смоли - амфорні речовини, а гіркі а- та кислоти - кристалічні .

Хімічний склад сухого хмелю в середньому характеризується даними:

Вода	12,5 %
Зола	7,5 %
Клітчатка	13,3 %
Азотисті речовини	17,5 %
Жирні масла	0,4
Речовини, що екстрагуються ефіром	18,3 %
Дубильні речовини	3,0 %
Без екстрактивні речовини	27,5 %

Гіркі хмелю мають велику молекулярну масу, погано розчиняються у воді, при в солодовому суслі дають високодисперсні розчини та лише частково справжні солей гірких кислот, розчинність гірких речовин залежить від рН середовища вона збільшується також у випадку значного вмісту карбонатних солей та в рідині стійко розчинних білкових речовин. Розчинність гірких речовин хмелю при збільшенні лужного середовища та знижується із збільшенням кислотності.

Гіркі хмелю являються найбільш цінними складовими частинами його, які не зустрічаються інших рослинах. В групу гірких речовин входять власне хмелеві смоли (м'яка α -смола, м'яка β -смола, γ -смола) та гіркі α - та β - кислоти. Хмелеві смоли - аморфні речовини, а гіркі α - та β - кислоти - кристалічні речовини.

Гіркі речовини хмелю знаходяться головним в лупуліні. В повітряно-сухому хмелі середній склад гірких речовин 16%, в тому числі α - кислоти - 6%; β - - 3%; м'які β - смоли та α - смоли - 5%; смоли - 2%.

При кипінні сусла з хмелем дубильні речовини покращують процес коагуляції білків та сприяють осадженню їх з розчину охолодженні сусла.

В хмелі міститься значна кількість целюлози, яка в виготовлення сусла не змінюється та повністю переходить в хмелеву дробину.

хмелі виявлено 12 - 14% пектину, який частково переходить в пиво, збільшуючи стійкість піни. В числі інших вуглеводів в хмелі глюкоза (1,55%) та фруктоза (2,1 гумі подібні речовини та пектозани, що являють собою основну частину лупілінових зерен. В хмелі також знайдено віск, холін, аспарагін, триметиламін, , аргінін, бетаїн, аденін, гіпоксантін, альбумози та пептони, сірка, сліди миш'яку міді.

Гіркі речовини хмелю являють собою без азотні зв'язки важкого складу. В них розрізняють п'ять основних складових частин: гіркі та β - кислоти; м'які α - та β - смоли та γ - смоли. Найбільш вивчені α - кислота (C₂₁H₃₀O₅) - гумулон β - кислота (C₂₆H₃₈O₄) - лупулон.

Гіркі речовини хмелю мають молекулярну масу, погано розчиняються в воді, при кипінні в солодовому дають високодисперсні розчини та лише частково справжні розчини солей гірких , розчинність гірких речовин залежить від рН середовища; вона збільшується у випадку значного вмісту карбонатних солей та наявності в рідині розчинних білкових речовин.

Розчинність гірких речовин хмелю зростає при збільшенні середовища та знижується із збільшенням кислотності. Встановлена висока антибіотична активність речовин хмелю по відношенню до ряду мікроорганізмів, сприяючих пивоварному виробництву, молочно кислих бактерій та сарцинів. Найбільшу антибіотичну активність мають α - та α - смола, меншу - β - кислота та β - смола. Тверді смоли антибіотичними властивостями не володіють. β - кислота знешкоджує розвиток граммпозитивних , але не виявляє антибіотичної дії на дріжджі.

Дубильні речовини містяться шишках хмелю в кількості 2-5%. Розподіляються вони по частинам шишки таким чином: в листочках їх 74%, лупуліні 22%, в стеблах 4%.

Застосування хмелепродуктів дає переваги, а саме:

— завдяки застосуванню гомогенних хмелепродуктів можна одержати гіркоту пива;

- хмелепродукти можна зберігати практично необмежений час; вихід гірких речовин;
- стають непотрібними хмелевідбірники;
- хмелепродукти можна автоматично.

Найпоширеніші хмелепродукти - це гранульований хміль і екстракти хмелю.

Гранули порівнянні із шишковим хмелем збільшують вихід гірких речовин приблизно на %. Як розчинник при виробництві хмельових екстрактів сьогодні виистовують переважно CO₂ або етанол. Отриманий за допомогою CO₂ екстракт хмелю в час знаходить широке застосування.

Способи додавання і норми витрат хмелю. хмелю залежать від сортових особливостей пива, але світлі сорти завжди сильніше, ніж темні. При охмелінні сусла, виготовленого на м'якій воді, більші втрати хмелю, ніж при виистанні жорсткої води. Хмелеві речовини повністю розчиняються в суслі: частина їх залишається в хмелевій , частина зв'язується зі звернутими білками сусла, а частина окислюється та .

В готове сусло переходить лише 30% всіх гірких речовин хмелю. Втрати гірких речовин хмелю проходять також при бродінні та . На величину втрат впливають способи внесення та тривалість кипіння його суслom.

Способи внесення його в сусло різноманітні та залежать від і кількості хмелю, а також від потрібної степені охмеління сусла. хміль в один, два, три та навіть чотири способи.

Процеси, відбуваються при кип'ятінні сусла

Фільтроване перше сусло й промивні води у сусловарильний апарат і піддають кип'ятінню й охмелінню протягом 1- годин. Метою кип'ятіння є стабілізація складу сусла й ароматизація його . Кип'ятінням досягається упарювання сусла до встановленої для кожного сорту пива , екстрагування із хмелю ароматичних і гірких речовин, інактивація ферментів, коагуляція і стерилізація сусла, а також підвищення кислотності та кольоровості сусла.

утворюють великі хлоп'я, а сушло освітлюється. Великий вплив на цей процес оказують дубильні речовини солоду та хмелю, а також рН сушла. речовини хмелю, добре розчинні в воді, володіють здатністю осаджувати білки, тому числі й неосаджувані дубильні речовини солоду.

Основним джерелом спеціальної гіркоти при охмелінні сушла є α -кислота (гумулон), при кипінні ізомеризується перетворюючись в ізогумулон; добре розчинний в , в той час як α - і β -кислоти в воді в суслі слабо розчиняються. Гірки, ароматичні та дубильні речовини хмелю, при кипінні сушла в розчин, надають суслу своєрідний гіркий смак аромат, характерний для даного сорту пива.

Дубильні речовини хмелю й повністю розчиняються в суслі й зв'язуються з його білками. З із солоду в затор попадає велика кількість різних мікроорганізмів, які їх не знищити, можуть швидко викликати псування пива. При кип'ятінні всі мікроорганізми, що втримуються в суслі, гинуть.

Невелика частина різних хмільового масла при кип'ятінні сушла видаляється з водяними парами. Але фракції хмільового масла перетворюється в нелетку речовину, що залишається в якості ароматосія.

При кип'ятінні сушла повністю знищуються ще збережені ньому в невеликій кількості ферменти. Кислотність сушла трохи підвищується, тому меланоїдини, що утворюються при кип'ятінні дають кислу реакцію, і, крім , деяку частину кислотності вносить хміль. Величина рН при повному наборі сушловарильному котлі без підкислення затору становить близько 5,5-5,, а рН гарячого охмеленого - близько 5,4-5,5.

Охмеління відбувається СО₂-екстрактом хмелю (4%) та ізомеризованим гранульованим (96%). Для охмеління сушла гранульованим хмелем встановлена установка , що складається з ємності для ізомерізації, теплообмінника для підігріву води насоса для циркуляції та перекачки суспензії у сушловарильний апарат.

Для пивного сусла з хмелем і випарювання частини води для отримання з визначеною густиною призначені сусловарильні апарати. За конструкцією ці апарати собою заварений циліндричний резервуар з паровим патрубком, сферичним дном і , що забезпечує інтенсивну кругову циркуляцію киплячого сусла. В апаратах відкритого ВСЦ-1 і ВСК-5(на 1000 чи 5000 затору) інтенсивність випарювання складає 5...6% при кипіння 1,5...2 год. При кип'ятінні сусла під 0,3...0,5 МПа в котлах ВСЦ-1, і ВСК-3 (на 1500 і 3000 кг затора досягається більш повна коагуляція білка, підвищується біологічна стійкість пива і теплопередачі.

Інтенсивна циркуляція сусла забезпечується роботою мішалки і нерівномірністю нагріву стінок і всередині котла. Так як сусло біля стінок нагрівається за рахунок більшої поверхні теплопередачі, ніж всередині, то біля стінок бульбашки пари, що витісняються більш густішою і холодною рідиною в котла. Таким чином забезпечується безперервне переміщення сусла.

Для обігріву сусловарильних , що працюють під тиском, можна виитовувати вторинну пару, що знижує гріючої пари. Найбільш простий спосіб виистання вторинної пари – випарка термокомпресією.

Технічна характеристика сусловарильного апарата ВСЦ-1,5.

1.2 Огляд літератури

1.2.1 Аналіз існуючих систем інтелектуального управління.

пивоварного виробництва завжди приділялось багато уваги, і тому практично всі мають досить високий рівень автоматизації. Особливо це стосується основних технологічних , до яких відноситься відділення випікання. Постійно проводиться модернізація технічного забезпечення, основні алгоритми управління залишаються традиційними.

З ростом інформаційної завантаженості технологічних систем, «людський фактор» і недосконалість архітектури існуючих систем до проблемної ситуації, що ставить під загрозу не тільки ефективність, і безпеку

керування технологічним процесом (ТП). Наявність відмінностей характеру в інформаційних процесах різних задач керування ТП дозволяє поліпшити систематизацію, шляхом виділення окремого класу задач, що вимагає іншої організації внутрішнього, так і загального інформаційного процесу в технологічній інформаційній системі. розв'язок даного питання дозволяє більш чітко визначити напрямки оптимізації архітектури інформаційних систем. Також існує ряд виробничих задач, для яких актуальний тільки контроль стану великих об'ємів технологічних параметрів, але і їх аналіз, одержання на основі вихідних даних певної сукупної аналітичної інформації характеру. Ключовим для даного кола задач є «спільний аналіз і «великий об'єм» технологічних даних. Саме одночасна необхідність цих двох факторів приводить до переходу відповідного інформаційного процесу в якість, що дозволяє виділити окремий підклас серед задач керування технологічними, а саме задач технологічного моніторингу.

Моніторинг

- система постійного спостереження за і процесами, що проходять в навколишньому середовищі і суспільстві, результати служать для обґрунтування управлінських рішень по забезпеченню безпеки людей та економіки.

При автоматичному контролі відбувається отримання і обробка інформації про об'єкта і зовнішніх умов для виявлення подій, що визначають управлінські. Подією може бути будь-який якісний результат: поява деталі розмірами, що виходять за допустимі межі, отке замикання, вихід температури встановлене значення, аварія обладнання та інші.

Моніторинг інтернету

- це комплекс з пошуку, аналізу, класифікації, кластеризації інформації з [Інтернету](#) за тематикою, цікавить истувача. Таким чином поняття «моніторинг Інтернету» відноситься [моніторингу](#) інтернет-ресурсів, на відміну від поняття «моніторинг мережі», відноситься до задач управління мережею.

Моніторинг Інтернету дозволяє відстежувати і за розвитком тієї або іншої події або теми. З деяких моніторинг інтернет-ресурсів став однією з ключових складових діяльності маркетингових, інформаційних агентств і служб новин.

Існують такі основні методи та :

- обробка вибраних сайтів у ручному режимі
- пошукові системи і
- новинна підписка (зокрема [RSS](#))
- спеціалізовані сервіси і програмні моніторингу Інтернету.

Ручна робота, заснована на регулярній перевірці декількох сайтів, за заданою темою, - найпростіший і на жаль, не самий ефективний. Одна людина здатна обробити впродовж доби не більше декількох сотень, якщо працюватиме без відпочинку і відвернення на інші заняття. Крім, потрібний час для обходу необхідних сторінок і збереження їх у каталогах.

Моніторинг довкілля

- комплексна науково інформаційна система регламентованих періодичних безперервних, спостережень, оцінки і прогнозу змін стану природного середовища з метою негативних змін і вироблення рекомендацій з їх усунення або ослаблення.

моніторингу довкілля є організація та функціонування системи моніторингу, оцінювання та прогнозування екологічних систем, їх елементів, біосфери, характеру впливу на них природних антропогенних факторів.

Об'єктами моніторингу довкілля залежно від рівня та мети є [довкілля](#), його елементи і джерела впливу на нього, зокрема [атмосферне повітря](#), [підземні](#) та [поверхневі](#) [води](#), [грунти](#), [відходи](#), природні процеси ([зсуви](#), [карст](#) тощо).

Основними задачами довкілля є: спостереження за станом біосфери, оцінка і прогноз стану, визначення ступеня антропогенного впливу на

довкілля, виявлення факторів і впливу. Система моніторингу довкілля будується на принципах:

1. Об'єктивності і ;
2. Систематичності спостережень за станом довкілля;
3. Багаторівневості;
4. Узгодженості та методичного забезпечення;
5. Узгодженості технічного та програмного забезпечення;
6. в оцінці екологічної інформації;
7. Оперативності проходження інформації між окремими системи;
8. Відкритості інформації для населення.

Моніторинг довкілля виник на екології, біології, географії, геології та інших природничих наук.

Моніторинг технічного об'єкта

Розробка інтелектуальних систем оцінки технічного стану систем і агрегатів полягає в розробці спеціальних алгоритмів, які допомагають обслуговуючому персоналу прийняти рішення про технічний стан машини в даний момент роботи.

Застосування неперервного аналізу, при якому машина за допомогою спеціальних пристроїв автоматично поточні умови експлуатації і дає спеціальні адаптовані рекомендації сервісному персоналу оператору, є перспективним напрямком розвитку системи технічної експлуатації.

Принцип дистанційного та забезпечує безперервний моніторинг технічного стану систем і агрегатів машини виявлення перед відмовного стану. Дистанційне діагностування являє собою процес визначення стану об'єкта діагностування на віддаленій відстані, за допомогою отримання сигналів датчиків, встановлених на машини. Виїзні системи моніторингу технічного стану машин, володіють функціями збору і передачі інформації про поточний стан, допомагають додаткові заходи для зниження ризику появи непередбаченої відмови систем і , дозволить машині не тільки неперервно

виконувати задану роботу більш тривалий, а й збільшить її експлуатаційний термін загалом.

Багато великих компаній рівня ведуть розробку систем, що дозволяють дистанційно проводити оцінку технічного та продуктивності машини, не виводячи її з робочого процесу. Так, Komatsu в кінці 90-х рр. розробила систему [VHMS](#) (Health Monitoring System) для технічно складних технологічних комплексів, які в гірничій промисловості. Компанія Caterpillar просуває на ринок техніки систему ([Vital Information Management System](#)), спрямовану на моніторинг, розрахунок і сервісне обслуговування техніки. Ця система має в своєму розпорядженні інструментів, що дозволяють розраховувати продуктивність, визначати ефективність виистання, помилки оператора, технічний стан вузлів і агрегатів, а також заздалегідь готувати необхідні частини до терміну регламентного технічного обслуговування та запобігати аварійним зупинки. Схема роботи у цих систем моніторингу технічного стану досить схожі загальним складом компонентів - це термінал або модуль, встановлений на машину, постійно фіксує інформацію з датчиків або електронних блоків управління про стан вузлів і агрегатів машини і формує діагностичні звіти, які на сервер обробки даних. На сервері проводиться обробка отриманої інформації формування звітів сервісному персоналу для прийняття рішення про технічні впливи машину.

Роботу модулів або терміналів, встановлених на машину, можна представити чином. Датчики (перетворювачі), встановлені на об'єкті діагностування, передають сигнали, які перетворюються в електричні величини і надходять в блок обробки цієї інформації і оцінки стану виробу або характеру зміни параметрів. Для всіх сигналів, які необхідно порівнювати, передбачається масив допустимих значень. Процес порівняння буває простим, коли встановлюються допустимі межі для параметра і фіксується його знаходження в межах допуску, і більш, коли застосовуються операції, що оцінюють ступінь відхилення вимірюваного параметра від, швидкість і

характер процесу зміни параметра в часі і інші характеристики. В деяких випадках, щоб оцінити технічний стан об'єкта, на подаються спеціальні тестові впливи, тобто формуються стимулюючі сигнали і направляються об'єкт діагностування для оцінки його реакції. Результати цього аналізу виистовують подальшого управління процесом діагностування. Для цього в системі автоматичного діагностування блок реєстрації одержуваних даних і логічний пристрій для прийняття рішень управління процесом діагностування.

Для підвищення достовірності одержуваних даних здійснюється самоконтроль повторного виконання окремих операцій і порівняння отриманих даних. Цей же може виконувати функції статистичної обробки даних і отримання середніх значень, та інших характеристик вимірюваних величин.

Такі схеми можуть бути реалізовані різним ступенем автоматизації, з концентрацією всіх операцій в одній системі розбивкою її на окремі блоки і установки. Останнє пов'язано з об'єкта, його розмірами, можливостями отримання даних під час роботи, необхідною перевірки та іншими факторами.

Застосування засобів технічної діагностики сприяє підвищенню роботи машин, так як контролюється їх фактичний стан, і сочення на ремонт за рахунок підвищення довговічності виробу.

Види технічного стану

Залежно від фактичних значень контрольованих параметрів видами технічного стану є

- справність чи несправність:
 - справність або *справний стан* — стан , за яким він відповідає усім вимогам нормативно-технічної та () конструкторської (проектної) документації^[2]. Переконаватися справності об'єкта необхідно після його виготовлення і ремонту;

- **несправність** *несправний стан* — технічний стан об'єкта, при якому він не відповідає б одній з вимог нормативно-технічної і (або) (проектної) документації^[2];
- **працездатність** чи **непрацездатність**
- **працездатність** — технічний стан об'єкта, при якому він може виконувати задані йому функції зі збереженням значень заданих параметрів в необхідних . Переконатися в працездатності об'єкта необхідно при його профілактиці, після транспортування зберігання;
- ***непрацездатність*** — технічний стан об'єкта, при якому значення б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської (проектної) документації;
- **правильне функціонування** чи **неправильне функціонування**:
- ***правильно функціонуючий*** — об'єкт, значення параметрів якого в поточний момент реального часу в необхідних межах;
- ***неправильно функціонуючий об'єкт*** — об'єкт, значення якого в поточний момент реального часу вийшли з необхідних меж
- **граничний стан** — стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація чи недоцільна або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне.

технічного стану об'єкта

Про зміну технічного стану об'єкта судять за діагностичних (контрольованих) параметрів, які отримують в процесі технічного . Розрізняють прямі і непрямі діагностичні (контрольовані) параметри:

- **параметр** — структурний параметр, що безпосередньо характеризує технічний стан об'єкта. прямих параметрів відносять знос, зазор у з'єднанні, люфт та .;

непрямий параметр — параметр об'єкта, що побічно характеризує його стан. До непрямих параметрів відносять [тиск](#) оливи, вміст [СО](#) у газах, [шум](#) при роботі, [вібрацію](#), [температуру](#) робочих та ін

1.2.2 ОГЛЯД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ СТАНУ

Сучасне високопродуктивне автоматизоване виробництво чутливе до різноманітних випадкових збоїв тому стану обладнання і процесів є актуальною задачею в забезпеченні стабільної роботи систем. Своєчасне виявлення можливих загроз і заміна (усунення) слабкої ланки“ дозволяє суттєво підвищити надійність процесів виробництва. Різноманітність контрольованих вимагає наявності як відповідних засобів попередньої обробки інформації, так формалізованих методів прийняття рішень за одержаною інформацією.

Процес прийняття рішень (англ. Decision-making) відіграє не менш важливу роль при розробці моніторингу. Методи прийняття рішень поєднують між собою характеристики сигналу і стан процесу. Це може бути реалізовано виистанням, як простого порогу, і більш складніших систем, які вимагають складного процесу навчання для , щоб приймати правильне рішення. Далі наводяться відомості про деякі стратегії та приклади їх застосування.

Фіксований поріг

Найлегший метод моніторингу базується встановленні *граничних порогів*(англ. Threshold), які застосовуються до . Якщо значення або характеристика сигналу перетне встановлену межу, це означатиме (ідеальному випадку), що процес/інструмент досяг певного стану (рис. 1).

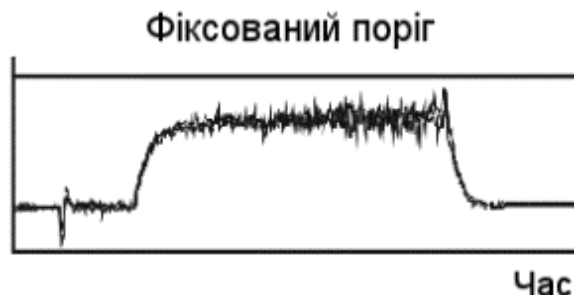


Рис. 1.1 Приклад фіксованого порогу []

Для процесу різання можна виділити кілька ключових границь:

Різання не відбувається, поломка інструменту або відсутність/брак заготовки.

- інструменту – сигнал повинен мати більші значення, ніж при різанні інструментом.
- Поломка інструменту. Під час поломки інструменту в сигналі стрибок амплітуди у порівнянні зі зношеним інструментом. Крім того тривалість досить невелика.

Залежний від часу поріг

Наступним кроком може бути тільки моніторинг амплітуди сигналу, але й час і тривалість події [2]. Такий підхід до моніторингу показує більш високу точність і діапазон виистання. Під час обробки можна виділити, наприклад, наступні події рис. 2):

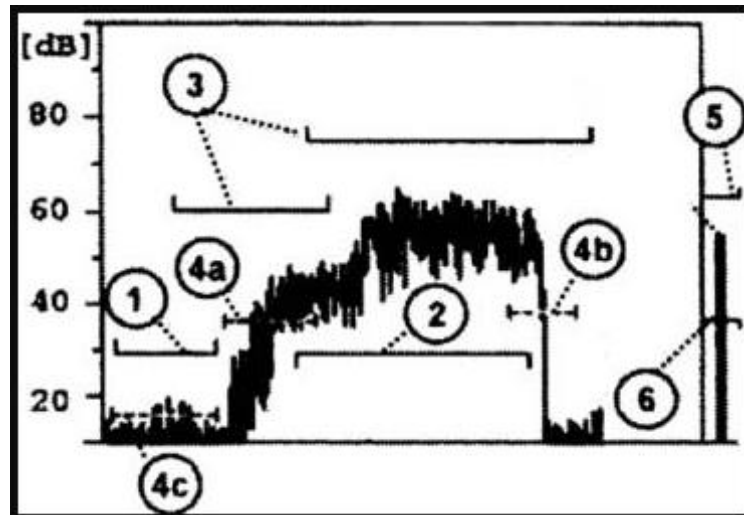


Рис. 1.2 Залежні від часу пороги []

- Перед початком різання – в даний період часу сигналу повинна бути нижче значення рівня (1). Якщо поріг – це означатиме помилку (наприклад, неправильне позиціонування заготовки).

Початок і кінець обробки – це два моменти в часі, коли сигналу перевищує певний поріг і система переходить до / виходить стану «процес різання» (4a – 4c).
· початком різання – в даний період часу амплітуда сигналу повинна

нижче значення рівня (1). Якщо сигнал перетинає поріг це означатиме помилку (наприклад, неправильне позиціонування заготовки).

· і кінець обробки – це два моменти в часі, коли сигналу перевищує певний поріг і система переходить до / виходить стану «процес різання» (4а – 4с).

Час обробки – це час, коли амплітуда сигналу завжди має бути , ніж поріг «процес різання» (2). Інакше означає, що виникла помилка (наприклад, поломка інструмента). Поріг 3) виистовується для виявлення зношеного інструменту, дефектної заготовки і т..

· Значення порогів (5) і (6) з середнім значенням сигналу всього процесу наприкінці обробки, щоб додатково стан інструменту.

Рухомі порogi

У разі, якщо значення процесу змінюються в нормальному стані процесу, можна виистовувати динамічний поріг [1]

Цей метод заснований на розрахунку рухомого середнього від сигналу, що певну адаптацію до динамічної природи процесу. Пороги формуються шляхом додавання віднімання певної величини від згладженою сигналу. Звісно отримання порогів можливе шляхом множення або ділення на певний коефіцієнт. Отриманий діапазон називається допуску [1]. Пороги послідовник успішно були для моніторингу відмова, наприклад, Зламаний інструмент, який виистовується.

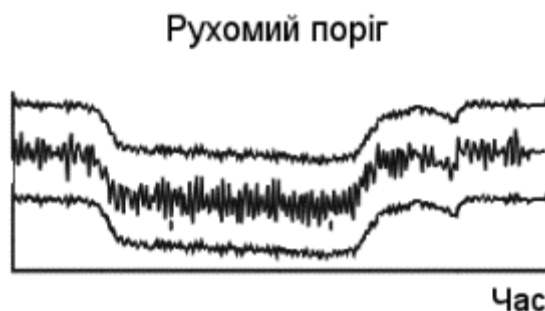


Рис. 1.3 Приклад порогу [1]

Всі вище зазначенні методи виистання порогів також бути виистані у поєднанні з інформацією наявною в системі . За рахунок виистання інформації про режими різання,а також параметри можна зробити пороги ще більш «розумнішими» [3 На рис. 3 зображено приклад рухомого порогу.

Рухомі пороги успішно в системі моніторингу процесів PROMOS Systemкомпанії Prometec [2]. Особливість системи полягає в «ледачому» розрахунку порогів, тобто вікно середнього весь час трохи відстає від актуального сигналу. Таким чином якщо виникає різкий стрибок амплітуд, перебудова порогів зупиняється і, якщо протягом певного, часу сигнал різко спадає нижче нижнього порога, то такий сигнал як поломка інструменту. Якщо після відведеного часу сигнал не опускається нижче верхнього , вважається, що має місце викришування ріжучої кромки інструменту. В іншому поріг продовжує слідувати за сигналом. Приклад трьох вище описаних подій показано рис. 4.

Оскільки технологічні умови в кожному випадку відрізняються одна від , як правило, необхідна, навчальна фаза (англ. Teach-in Phase протягом якої алгоритм збирає інформацію про процес і встановлює необхідні пороги. Більш прості імплементації имагають ручного настроювання значень рівнів. Загалом, моніторинг при різних умовах різання не є тривіальною задачею [4

Tarng та Lee (1993) [5] виистовували силу та медіану сили на зубець в поєднанні з методом , щоб визначити стан інструменту.

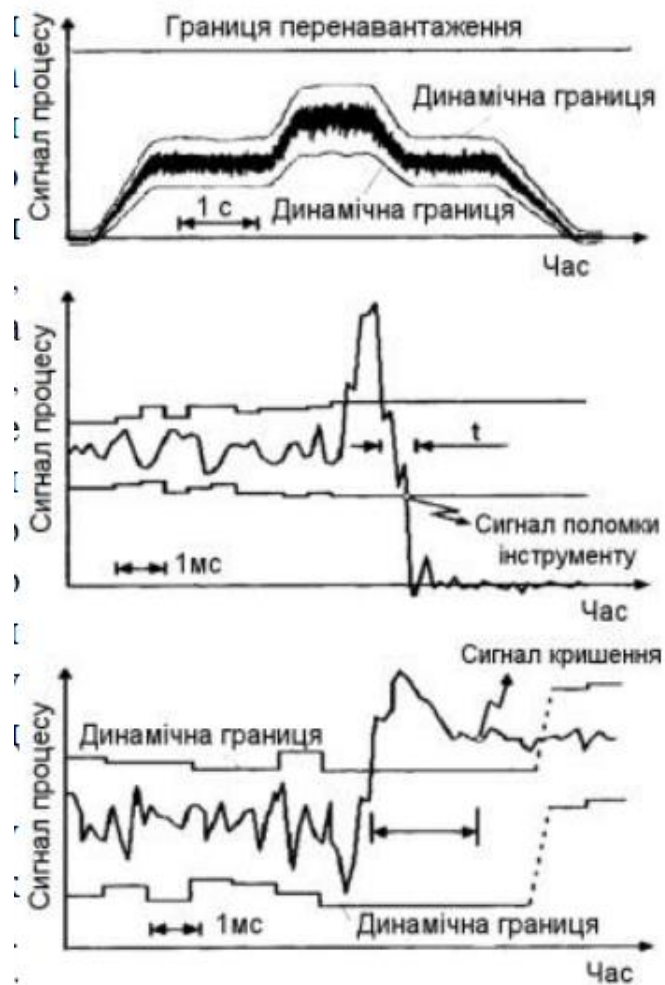


Рис. 1.4 Моніторинг з динамічними компанії Prometec [2]

Lee та інші [6] розробили систему для виявлення поломки інструменту, який заснований на синергії (англ. SensorFusion). Було визначено, що незадовго до поломки виникає стрибок сигналу АЕ (тривалістю в декілька мс) подальшим значним зниженням сили різання (рис. 5). Таким чином, сигнал АЕ виистовується в якості триггер-сигналу (сигнал, що є сигналом для запуску певного процесу/програми тощо), щоб змінити силу і підтвердити поломку. Аналогічні результати були отримані у технологічному університеті (англ. Warsaw University of Technology, WUT) [7]. Але там було зазначено, що в деяких експериментах з різанням в сигналі АЕ не було виявлено жодних змін при інструменту.

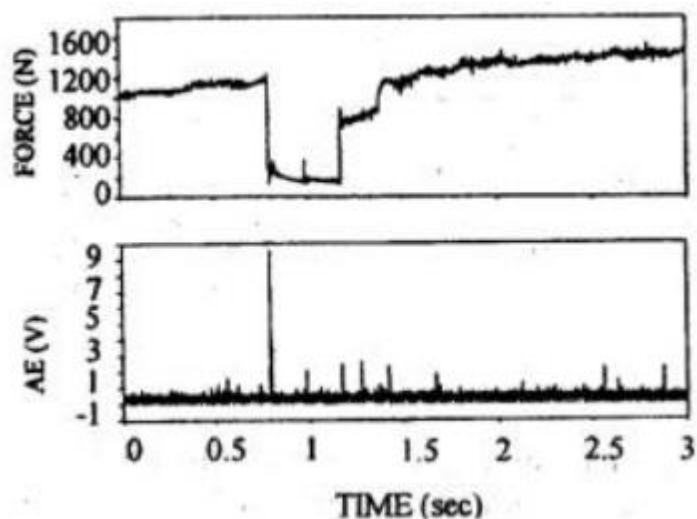


Рис. 1.5 Сила різання і АЕ перед поломкою при точінні [6]

Zorev, De Filippi та Ippolito 8] виистовували взаємозв'язок між силою і ступенем зносу. Для цього відняли сигнал нового інструменту від поточного сигналу і результуючий сигнал з порогом. Цей метод показує достатньо хороші результати до тих , поки параметри різання (подача, швидкість і глибина) залишаються .

Розпізнавання образів

Статистичне розпізнавання образів – ще один метод ідентифікації інструменту. Найпростіший і найпопулярніший алгоритм для розпізнавання образів є лінійний [9].

Цей принцип виистовується в системах моніторингу Montronix 2]. Перевагою цього методу є незалежність від умов процесу і сигналу. Зразки образів задаються в залежності від типу інструменту. Система контролює процес і здатна розпізнавати поломки протягом 10 мс.

Регресійний

Багатокритеріальний регресійний аналіз (англ. Multiple Regression Analysis) – один цікавий метод аналізу сигналів. Він виистовується для виявлення і взаємозв'язку між незалежними і залежними змінними, а також побудови відповідної . Багатокритеріальна регресійна модель може бути исна для прогнозування значення залежної (наприклад, максимальне зусилля

різання, величина зносу) через незалежні , такими як швидкість шпинделя, швидкість подачі і глибина [5

Нейронні мережі та нечітка логіка

Нейронна мережа (англ., Network, NN) являє собою математичну модель людського мозку, яка , що розрахунок розподіляється серед безлічі простих взаємопов'язаних паралельно функціонуючих обчислювальних , *нейронів*, або *вузлів*. Виистання NN робить прийняття рішень набагато точним, так як NN здатна оперувати з великою кількістю незалежних і приймати рішення на основі їх комбінації.

NN мають властивість на основі підготовлених прикладів вхідних значень і відповідних, очікуваних вихідних . Цей метод називається *навчання з вчителем* (англ. Supervised Learning Точність і ресурсоемність розрахунків цього алгоритму залежить від кількості зв'язків вхідних змінних [10-3]. Чим більше зв'язків і значень, тим точніше буде алгоритм і тим більше комп'ютерних ресурсів необхідно для прийняття рішення.

Нечітка чи «*розмита*» логіка (англ., Fuzzy Logic) також показує хорошу продуктивність в інтелектуальних виробничих . Нечіткі системи здатні оцінювати процеси з частковим описом поведінки, чого досягти при виистанні нейронних мереж.

Для досягнення більш високої продуктивності, логіку об'єднують з нейронними мережами. Це рішення вимагає менше обчислювальної і має адаптивну функцію.

Для того, щоб визнати стан інструменту його ступінь зносу при різних умовах різання, в [11 застосовувався алгоритм нейро-нечіткої мережі з виистанням кількох різних джерел (синергія сенсорів). Всі сигнали були відфільтровані для запобігання спектрів. В рамках попередньої обробки від кожного сигналу також віднімався сигнал холостого ходу, для часткового видалення шумів. Навчена система має стабільність при різних умовах різання.

Генетичні алгоритми

Генетичні алгоритми () є ще одним способом моніторингу процесів. ГА належать до частини комп'ютерної науки, що зветься «природні обчислення», де розроблюють моделі, які імітують біологічний світ. Таким чином можна вирішувати задачі за допомогою імітування дарвінівської теорії еволюції. Для цього досліджувані задають у вигляді бінарних рядків, так званих «хромосом». комп'ютер проводить оцінку випадкової «популяції» за допомогою вагової «фітнес-функції». Ця функція визначає, наскільки добре окремі вирішать задачу. Хромосоми з найбільшою вагою мають право «вижити». Для цього використовують такі генетичні оператори, як «еволюція» «мутація». В кінці генерується нові хромосоми-«потомки» [10].

1.2.3 Прогнозування в системах управління процесу

Особливе значення мають задачі передбачення та прогнозування часових рядів, яких виділяються завдання з набором певних специфічних ознак, тому варто їх класифікацію. Задачі дослідження явищ, розвиток яких пов'язаний із часом, поділити на декілька класів:

За характером основних ознак об'єкту

- прогнозування явищ, реалізації яких представлені у вигляді детермінованих часових . Такі задачі, зокрема, можна вирішити шляхом застосування методів математичного аналізу

- прогнозування явищ, реалізації яких представлені у вигляді індетермінованих часових . Вирішення цих задач традиційно здійснюється шляхом застосування методів теорії ймовірностей математичної статистики. Зокрема, реалізації таких явищ, можуть мати вигляд:

-) стаціонарного часового ряду, який характеризується однорідністю в часі, без змін характеру коливань та їх середньої амплітуди;

б) часового ряду, який характеризується певною тенденцією розвитку в часі; дослідженні нестационарних процесів можна виділити ділянки, на яких процес можна стаціонарним; вибір проміжку для формування навчальної множини в такому обирається згідно задачі прогнозування;

За числом ознак об'єкту досліджень

- одновимірна задача; явище представлене лише однією ознакою, зміни відбуваються в часі;
- багатовимірна задача; об'єкт або представлені кількома ознаками; задача прогнозування може бути розширена завдяки даних в просторі.

За часом випередження розрізняють види прогнозів:

згладжування, $R=0$;

- откотерміновий прогноз, $R= \dots 2$;
- середньотерміновий прогноз, $R= 3 \dots$;
- довготерміновий прогноз, $R= 10 \dots 15$.

Очевидно, вид прогнозу суттєво впливає на вибір засобів і методику його .

1.2.4 Загальні підходи до управління технологічним процесом за нейронних мереж

Дані про поведінку об'єкта, ознаки якого пов'язані з , представлені як результати спостережень в рівномірні відліки часу. Для моментів $t=1, 2, \dots, n$ дані спостережень набувають вигляду ряду $x(t_1), x(t_2), \dots, (t_n)$. Інформація про значення часового ряду до моменту дозволяє давати оцінки параметрів $x(t_{n+1}), (n+2), \dots, x(n+)$. Для здійснення прогнозування елементів часових рядів широко виистовують так метод "часових вікон"

В залежності від кількості ознак, що представляють рядів при формуванні множин даних, виділимо задачі двох типів.

Однопараметрична прогнозування

Нехай часовий ряд $x(t)$ задано відліками $x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n)$ в дискретні моменти часу t . Задамо ширину (кількість відліків) вхідного часового вікна m , ширину вихідного вікна p . Та вихідне вікна накладаються на дані ряду, починаючи з першого (рис. 4).

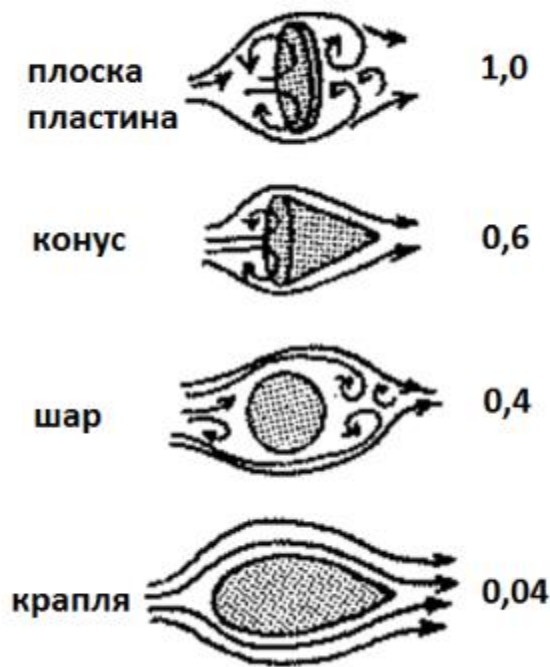


Рисунок 1.6. – Формування множин для однопараметричної задачі за методом "часових вікон"

Вхідне вікно формує для входів нейронної мережі, а вихідне, відповідно, для виходів. Подібна вхідного та вихідного векторів приймається за одну реалізацію часового ряду. Зсуві часових вікон за часовим рядом з кроком s , отримуємо i наступні реалізації.

Значення ширини вікон та кроку зміщення повинні з особливостями часового ряду, що забезпечується шляхом проведення експериментів. Нехай вікно має ширину m , вихідне вікно $p=1$, крок $s=1$. Тоді сформована множина значень для однопараметричної задачі вигляд, наведений нижче:

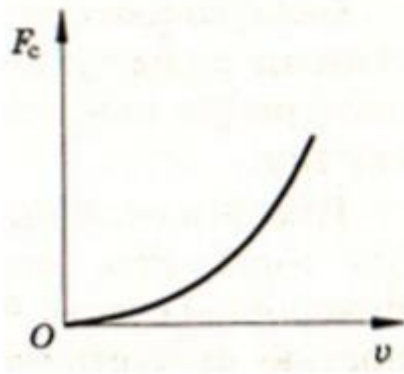


Рис.1.7. – Множина даних однопараметричної задачі

Багатопараметрична задача прогнозування

В багатопараметричних задачах прогнозування підходи розв'язання проблеми залишаються подібними (рис.8).

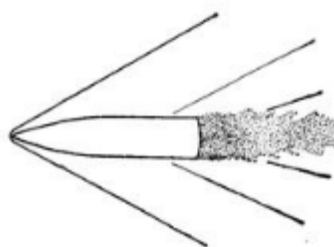
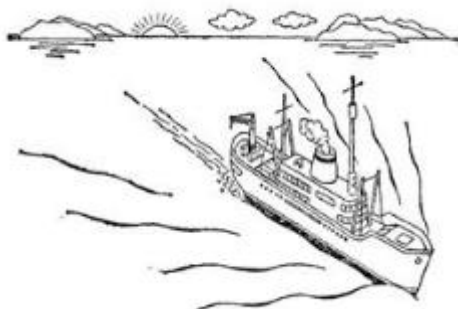


Рисунок 1.8 – Формування множин даних для багатопараметричної задачі

Нехай потрібно спрогнозувати величини $x(t)$, $y(t)$, ..., (t) . Якщо прийняти ширину вхідного вікна m , вихідного $=1$, кроку зміщення $s=1$, можна сформуванати множину наступним чином:

Рис.1.9. – Множина даних для багатопараметричної



Функціонування нейромережі здійснюється у відповідності з показаним методом часових , зберігаючи значення ширини вікон та кроку зсуву.

Конкретизація підходів до прогнозування в значній мірі залежить також від особливостей явища, що .

Однокрокове прогнозування (передбачення)

Задача однокрокового прогнозування зводиться до відображення, коли один вхідний вектор відображається у вихідний (рис.).

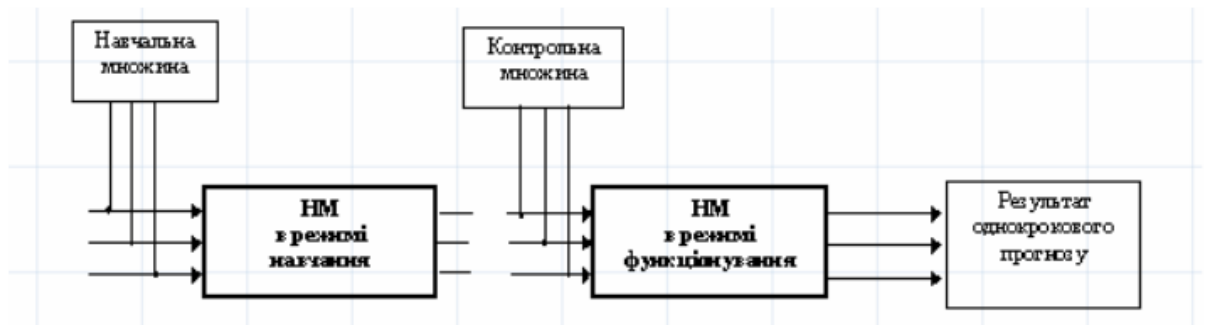


Рисунок 1.10. – Послідовність виистання неймереж для задач

У випадку однопараметричної задачі передбачення навчальна множина до моменту n , умови $m=3$, $p=1$, $s=1$, вигляд наведений в таблиці 1. Таблиця 1. – Навчальна множина однопараметричної задачі передбачення

Входи			Вихід
$x(t_1)$	$x(t_2)$	$x(t_3)$	$x(t_4)$
$x(t_2)$	$x(t_3)$	$x(t_4)$	$x(t_5)$
...
$x(t_{n-3})$	$x(t_{n-2})$	$x(t_{n-1})$	$x(t_n)$

В режимі навчання встановлюються коефіцієнти ваг , після чого стає можливим перехід до режиму функціонування. Для передбачення входи неймережі надходять значення останньої реалізації навчальної

множини $x^{(-2)}x^{(t-2)}, x^{(t-1)}x^{(t-1)}, x^{(t)}x^{(t)}$. На виході формується прогнозована величина $x^{*(t+1)}$.

Для багатопараметричної задачі передбачення на навченій нейромережі подаються

вектори $x^{(t-2)}x^{(t-2)}, y^{(t-2)}y^{(t-2)}, z^{(t-2)}z^{(t-2)}, x^{(t-1)}x^{(t-1)}, y^{(t-1)}y^{(t-1)}, z^{(t-1)}z^{(t-1)}, x^{(t)}x^{(t)}, y^{(t)}y^{(t)}, z^{(t)}z^{(t)}$. На виході нейромережі надходять передбачені величини $x^{(t+1)}, y^{*(t+1)}, z^{(t+1)}$, які відкладаються у вихідний вектор передбачених даних.

режим є однокроковим, який працює в режимі відображення (реальний прогнозований вихід). Передбачення застосовують також для моделювання дискретних, що не пов'язані з часом. Враховуючи специфіку часових рядів, такий прогнозу не завжди є доцільним, але для певних випадків отриманих ним можливо систатись.

Багатокрокове прогнозування

Багатокрокове прогнозування застосовують лише для, ознаки яких представлені у вигляді часових рядів.

Для однопараметричної задачі навчальна множина матиме вигляд наведений в табл. 3. Під час мережа налаштовує коефіцієнти ваг зв'язків і поліномів передатних функцій, які подальшому і визначають режим функціонування. Багатокрокове прогнозування часового ряду здійснюється чином (рис. 6). На входи нейромережі подається вектор значень $x^{(t-2)}x^{(t-2)}, x^{(t-1)}x^{(t-1)}, x^{(t)}x^{(t)}$. На виході формується прогнозована величина $x^{*(t+1)}$, яка визначає вектор прогнозованих виходів і одночасно до значень навчальної множини, тобто, приймається як достовірна. Далі на входи подається вектор $x^{(t-1)}x^{(t-1)}, x^{(t)}x^{(t)}, x^{*(t+1)}$ а на виході отримується $x^{*(t+2)}$ і наступні прогнозовані значення.

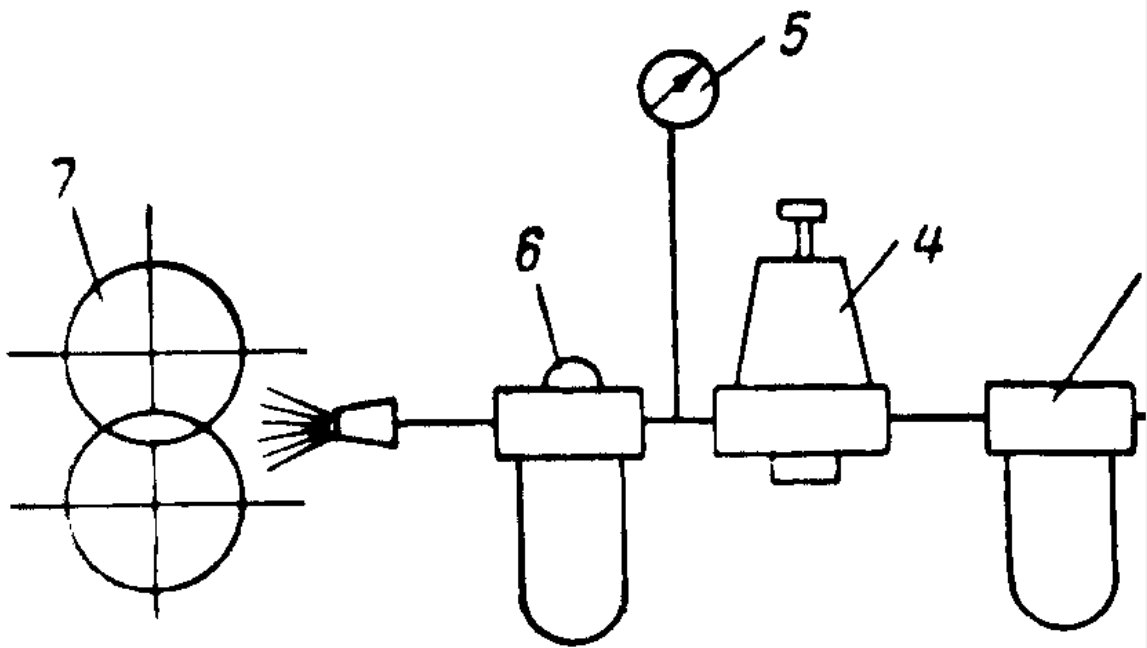


Рис.1.11. – Послідовність виистання НМ для задач багатокрокового прогнозування

Для задачі прогнозування на входи навченої неймережі подаються вектори $x^{(-2)}x^{(n-2)}$, $y^{(n-2)}y^{(n-2)}$, $z^{(n-2)}z^{(n-2)}$, $x^{(n-1)}x^{(n-1)}$, $y^{(n-1)}y^{(n-1)}$, $z^{(n-1)}z^{(n-1)}$, $x^{(n)}x^{(n)}$, $y^{(n)}y^{(n)}$, $z^{(n)}z^{(n)}$. На продукуються величини $x^{*(n+1)}$, $y^{*(n+1)}$, $z^{*(n+1)}$, які вектор вихідних значень і послідовно долучаються до значень навчальної множини. зсуві вікна на крок прогнозу вихідні дані, що були спродуковані, сприймаються як реальні і приймають участь у прогнозуванні наступного значення, тобто на входи подаємо вектор $x^{(n-1)}x^{(n-1)}$, $y^{(n-1)}y^{(n-1)}$, $z^{(n-1)}z^{(n-1)}$, $x^{(n)}x^{(n)}$, $y^{(n)}y^{(n)}$, $z^{(n)}z^{(n)}$, $x^{*(n+1)}$, $y^{*(n+1)}$, $z^{*(n+1)}$, а на виході отримуємо $x^{(n+2)}$, $y^{*(n+2)}$, $z^{(n+2)}$ і наступні прогнозовані значення.

Багатокрокове прогнозування дозволяє отко- та середньотермінові прогнози, оскільки суттєвий вплив на точність має похибки на кожному кроці прогнозування. При застосуванні довготермінового багатокрокового прогнозування характерне для багатьох прогнозуючих систем поступове затухання процесу, фазові зсуви інші спотворення картини прогнозу. Такий

тип прогнозування підходить для часових , які підпадають під означення стаціонарного процесу з невеликою випадковою складовою.

прогнозування з перенавчанням нейромережі на кожному кроці прогнозу

Швидкі неітераційні навчання дозволяють запропонувати новий тип багатокрокового прогнозу, який може бути при довготермінових прогнозах із збереженням задовільної точності прогнозування. Аналогічно з алгоритмом прогнозування на входи мережі у режимі функціонування надходить остання навчальної множини $x(tn-2)x(-2)$, $x(tn-1)xtn-1$, $x(tn)x(tn$ Прогнозоване значення виходу $x*(tn+1)xtn+1$ відкладається у векторі прогнозованих вихідних значень і якості достовірного додається до реальних значень навчальної множини. Навчальна множина на одне часове вікно. Відбувається процес перенавчання мережі на збільшеній множині, під час якого визначаються нові вагові коефіцієнти k синаптичних і поліномів передатних функцій нейронів (рис. 7).

$$\cos\theta_0 = \frac{\sigma_{\text{тр}} - \sigma_{\text{гр}}}{\sigma_{\text{гр}}}$$

де $\sigma_{\text{гр}} = \gamma_{\text{гр}} + \sigma_{\text{гр}} \cos\theta$, $\sigma_{\text{тр}} = \gamma_{\text{тр}}$

Залежно від значення крайового кута розрізняють три випадки рівноваги:

- 1) відсутність змочування ($180^\circ > \theta_0 > 90^\circ$);
- 2) погане змочування ($90^\circ > \theta_0 > 0^\circ$);
- 3) повне змочування, крапля розтікається ($\theta_0 \ll 90^\circ$).

7. – Послідовність виистання нейромережі для задач багатокрокового прогнозування з

Реалізація $x(tn-1)x(tn1)$, $x(tn)x(tn)$, $xtn+1)x*(tn+1)$, як наступного вхідного вікна подається на входи мережі в режимі функціонування. продукує нове вихідне значення $x*(tn+2)*(tn+2)$, яке відповідно також відкладається у продукованих виходів і долучається до реальних значень навчальної множини, з подальшого перенавчання мережі та встановлення поновлених коефіцієнтів

поліномів передатних функцій синаптичних зв'язків. Ітераційна процедура перенавчання поширюється до прогнозованого значення $x(tN)x^*(tN)$.

Такий підхід дозволяє при великих випередження усунути затухання прогностичних властивостей мережі за рахунок постійного ектування коефіцієнтів синаптичних зв'язків.

Відзначимо, що алгоритм багатокрокового прогнозування з перенавчанням для традиційних мереж прямого поширення з ітераційним навчанням є практично через великі часові затримки, необхідні на переналаштовування коефіцієнтів мережі.

1.2.5. Генетичні алгоритми

Генетичні успадкування — концептуальні засади генетичних алгоритмів

В загальному значенні *генетичні алгоритми (Genetic Algorithms)* — це алгоритми, інспірованих механізмами еволюції живої природи, які застосовуються, головню, до глобальної оптимізації (зокрема, задач комбінаторної оптимізації) і деякою для дейтамайнінгу, зокрема, для комбінування шаблонів з правил індукції, які відкриті до цього, навчання нейромерж, пошуку зразків у даних, відкриття у тексті тощо. Генетичні алгоритми належать нині до стандартного інструментарію дейтамайнінгу.

Ідея генетичних алгоритмів запозичена з живої природи і полягає машинній організації еволюційного процесу створення, модифікації і відбору кращих розв'язків, з того, що в процесі відтворення і модифікації розв'язків кращі них (подібно До процесу селекції в рослинництві й тваринництві можуть дати ще ліпших «нащадків»), тобто нові, прийнятніші розв'язання задачі. Щоб краще зрозуміти концептуальні засади генетичних алгоритмів, зупинимосся откому огляді механізмів природного добору і генетичного успадкування, що розглядаються еволюційній теорії зародження і розвитку життя на нашій

планеті. Ця стверджує, що кожний біологічний вид ціле спрямовано розвивається й змінюється, щоб у найкращий спосіб пристосуватися до навколишнього середовища.

Ключову роль еволюції відіграє природний добір. Його суть полягає в тому, що особи краще виживають і приносять більше потомства, ніж менш пристосовані. Цьому завдяки передаванню генетичної інформації, що називається *генетичним успадкуванням*, успадковують від батьків основні властивості. Проте слід зауважити, що сам собі природний добір ще не забезпечує розвитку біологічного виду. Дійсно, передбачити, що всі нащадки народжуються приблизно однаковими, то покоління будуть тільки за чисельністю, але не за пристосованістю. Тому дуже важливо, у який спосіб відбувається успадкування, тобто як властивості нащадка залежать властивостей батьків.

Майже в кожній клітині будь-якої тварини є хромосом, що несуть інформацію про цю тварину. Основна частина хромосоми нитка ДНК (молекула дезоксирибоза Нуклеїнової Кислоти), яка складається чотирьох видів спеціальних з'єднань (молекул) — нуклеотидів, що в певній послідовності. Нуклеотиди позначають буквами А, Т, С і G, і саме порядок їх розміщення є кодом усіх генетичних властивостей організму. Кажучи точніше, ДНК визначає, які хімічні реакції будуть відбуватися даній клітині, як вона буде розвиватися і які функції виконуватиме. Генетичний код окремого індивідуума — це просто дуже довгий рядок із чотирьох букв А, Т, С і G, а сам — це відрізок ланцюга ДНК, що відповідає за певну властивість, наприклад за колір очей, тип волосся, колір шкіри і т. д. . Різні значення генів називають *аллелями*. Вся сукупність генетичних ознак кодується за допомогою приблизно 60 тис. генів, які разом містять ніж 90 млн нуклеотидів.

У мейозі, зокрема, відбувається наступне: хромосоми соматичної клітини зближуються впритул, потім їх нитки ДНК розриваються кількох випадкових

міцях і хромосоми обмінюються своїми ідентичними ділянками. Цей забезпечує появу нових варіантів хромосом і називається *перехрещуванням хромосом* або (від англ. *crossing-over*). Кожна з хромосом, знову з'явилася, виявиться потім усередині однієї зі статевих клітин, і генетична інформація може реалізуватися в нащадках даної особи.

Другим важливим, що впливає на спадковість, є **мутації**, тобто раптові зміни організму або його частин, ознак, властивостей, які виражаються у деяких ділянках ДНК. Мутації також випадкові і можуть бути викликані зовнішніми чинниками, такими, наприклад, як радіоактивне опромінення. Якщо мутація сталася статевій клітині, то змінений ген може передатися нащадку й виявитися вигляді спадкової хвороби або в інших нових властивостях нащадка. Вважається, саме мутації є причиною появи нових біологічних видів, а кросинговер мінливість уже всередині виду (наприклад, генетичні відмінності між людьми).

Важливе місце в еволюційній теорії відводиться поняттю *популяції* як елементарній одиниці. **Популяція** — це сукупність особин певного виду організмів, здатні до вільного схрещування, населяють певну територію і деякою мірою від сусідніх популяцій. У рамках кожної популяції відбувається процес розмноження *репродукції* (*Reproduction*), що являє собою комбінацію послідовностей (strings,) у популяції для створення нової послідовності (нащадка). репродукції нащадок бере частини позицій генів від обох батьків, матиме ознак кожного із них. На рис. 9.13а) показана схема процесу репродукції, де ознаки батьків виражені хромосомою, котра складається шести генів, що мають дві алелі, позначені на схемі нулями одиницями. Нашадок отримав чотири гени від другого батька (перша, , третя і шоста позиція) і два від першого (і п'ята позиції).

У генетичних алгоритмах важливе значення мають формування початкового ряду елементів (популяції), операції кросинговера, що теорії генетичних алгоритмів частіше називають *кросовером* (*Cross-over*), *мутації* (*Mutation*).

Кросовер — це комбінування (змішування) шляхом заміни значень генів і утворення нових хромосом на їх . На рис. 1. б) наведена спрощена схема кросовера, показано, як шляхом заміни ідентичних ділянок двох батьків отримані два з новими ознаками.

Мутація — спонтанне перетворення (видозміна) (характерних особливостей) у послідовності (хромосомі). На . 2.4.1 в) показано, як у результаті мутації гена (значення 0 замінено 1) отримана нова хромосома.

Рисунок 12. Схема генеративних процесів:

а) репродукції осіб ; б) кросовера осіб популяції; в) мутації . Ці процеси можуть комбінуватися для формування гібридних операторів, операцій репродукції (відтворення) і схрещування з тим, щоб бути спроможними створювати конкуренцію популяціями.

Загальна схема генетичних алгоритмів

У концептуальному плані загальна схема алгоритмів досить проста. Спочатку генерується початкова популяція особин (індивідуумів,), тобто деякий ряд розв'язків задачі. Як правило, це робиться . Потім необхідно змодельовати розмноження всередині цієї популяції. Для цього випадково кілька пар індивідуумів, проводиться схрещування хромосом у кожній парі, а нові хромосоми поміщають у популяцію нового покоління. У генетичному алгоритмі засадний принцип природного добору: чим пристосованіший індивідуум (чим відповідне йому значення цільової функції), тим з більшою ймовірністю буде брати участь у схрещуванні.

Потім моделюються мутації в кількох вибраних особинах нового покоління, тобто змінюються деякі гени. Після цього популяція частково або повністю знищується і ми переходимо до розгляду покоління. Популяція наступного покоління в більшості реалізацій генетичних алгоритмів містить ж особин, скільки й початкова, але внаслідок відбору пристосованість (цільової функції) у ній в середньому вища. Операція доведення особин поточної популяції до початково визначеної величини називається *редукцією*. процеси відбору, схрещування і мутації повторюються вже Для цієї нової .

У кожному наступному поколінні буде спостерігатися виникнення абсолютно нових розв'язків . Серед них будуть як погані, так і кращі, але завдяки добору кількість кращих розв'язків буде зростати. Зауважимо, що в природі буває абсолютних гарантій, і навіть найпристосованіший тигр може загинути від мисливця, не залишивши потомства. Імітуючи еволюцію в комп'ютері, можна уникати небажаних подій і завжди зберігати життя кращому з індивідуумів поточно-покоління. Така методика називається «*стратегією елітизму*», коли в наступне відбираються особини з найкращими показниками.

Описана послідовність дій за реалізації алгоритмів може перетворюватися в різні програмні реалізації залежно від типу задачі і вибраних для цього підходів. Зокрема, в низці випадків вводиться інша, ніж описана вище, ієрархія базових понять, наприклад, кожний може характеризуватися низкою хромосом, котрі, у свою чергу, містять різні генів. Пояснимо на прикладі.

Нехай розглядається завдання вибору плану вкладення у вибрані наперед N інвестиційних проектів, причому потрібно визначити обсяги коштів у кожний проект так, щоб загальний їх обсяг в проекти не перевищував величину D , а вибраний критерій ефективності, рівень рентабельності інвестицій (прибуток на капітал, ROI — Return Investment), набував максимального значення. Розв'язуючи цю задачу за генетичним , вважатимемо,

що кожен індивідуум — це інвестиційний план, який містить хромосом, кожна з яких являє собою вектор із нулів та одиниць двійковий вираз обсягу вкладень у даний проект. Якщо довжина хромосоми вісьмом двійковим розрядам, то потрібне попереднє нормування всіх чисел на від 0 до 255 (усього значень 2^8). Такі називаються безперервними і уможливають подання значень довільних числових параметрів.

Мутації хромосом випадковим способом змінюють у них один біт (ген впливаючи у такий спосіб на значення параметра. Кросовер також можна стандартно, об'єднуючи частини відповідних хромосом (з однаковими номерами) індивідуумів. Особливістю цієї задачі є те, що загальний обсяг капіталу, інвестується, фіксований і дорівнює D . Очевидно, що із-за і схрещувань можна отримувати розв'язки, для реалізації яких потрібний капітал, або менший ніж D . У генетичному алгоритмі виистовується спеціальний аналізування таких розв'язків, що дає змогу враховувати обмеження типу « капітал = D » за підрахунку пристосованості індивідуума. У процесі еволюції з суттєвим порушенням зазначених обмежень «вимірають». Унаслідок дії отриманий розв'язок за сумарним капіталом може не дорівнювати точно, але близьким до заданої величини D . У процесі роботи генетичного оцінюється значення цільової функції для кожного плану і здійснюється операція для всієї популяції.

Цю саму задачу можна подати і в генетичній інтерпретації, якщо ввести умову, що кожний із інвестиційних проектів цілком приймається, або відхиляється. Тоді кожний варіант плану (хромосому можна подати у вигляді послідовності з N нулів та одиниць, , якщо на цьому місці в хромосомі стоїть одиниця, то це , що i -й проект ($i = 1, 2, \dots$, включений у план, а якщо нуль — не включений. Популяція із кількох варіантів планів. Визначення допустимості планів і оцінювання їх вибраними критеріями проводиться аналогічно.

У загальному вигляді стратегію отримання рішень допомогою генетичних алгоритмів можна реалізувати такими кроками:

- 1) популяцію;
- 2) виберіть батьків для репродукції і оператори і кросовера;
- 3) виконайте операції, щоб згенерувати проміжну індивідуумів і оцінити їхні придатності;
- 4) виберіть членів для отримання нової генерації (версії);
- 5) повторюйте 1—3, поки не буде досягнуте деяке правило зупинки.

рис. 2 показана узагальнена схема реалізації генетичного алгоритму. До його характеристик належать: розмір популяції, оператор кросовера і його ймовірність, оператор мутації і її ймовірність, оператор селекції, оператор редукції, правило критерій) зупинки процесу виконання генетичного алгоритму. Оператори селекції, кросовера, мутації редукції ще називають *генетичними операторами*.

Критерієм зупинки процесу здійснення генетичного може бути одна з трьох подій:

- сформовано задану кількість поколінь;
- популяція досягла заданої істувачем якості (, значення якості всіх особин перевищило задану порогову величину);
- деякий рівень збіжності. Тобто особини в популяції стали настільки подібними, далі їх поліпшення відсувається надзвичайно повільно, і тому продовження здійснення генетичного алгоритму стає недоцільним.

Після завершення роботи генетичного алгоритму з популяції вибирається та особина, яка дає максимальне (або мінімальне значення цільової функції і, отже, є результатом здійснення генетичного алгоритму. рахунок того, що кінцева популяція краща, ніж початкова, отриманий результат собою поліпшене рішення.

Доступне програмне забезпечення генетичних алгоритмів

Генетичні алгоритми можна застосовувати в різних галузях. їх успішно виистовують для розв'язування великих і економічно важливих задач у бізнесі і в інженерних . З їх допомогою були розроблені промислові проектні рішення, що уможливили економію витрат. Фінансові компанії широко виистовують ці засоби у разі розвитку фінансових ринків для управління пакетами цінних паперів. Нарівні з методами генетичні алгоритми, зазвичай, виистовуються для оцінювання значень безперервних параметрів великих розмірностей, для розв'язування комбінаторних задач, для задач з оптимізації, містять одночасно безперервні і дискретні параметри. Іншою галуззю їх застосування виистання в системах добування нових знань із великих баз даних, і навчання стохастичних мереж, навчання нейронних мереж, оцінювання параметрів у багатовимірному статистичного аналізу, отримання початкових даних для виконання інших алгоритмів і оптимізації. Все це зумовило зростання заінтересованості фірм-розробників комерційного забезпечення стосовно генетичних алгоритмів, що в кінцевому результаті привело до на ринку багатьох програмних продуктів такого виду.

Незважаючи на те, розв'язання конкретної оптимізаційної задачі часто потребує побудови генетичного алгоритму з значеннями параметрів, низка базових властивостей цих алгоритмів залишається постійною за абсолютно різних задач. Тому здебільшого для реалізації конкретного генетичного алгоритму потрібно створювати окремий програмний продукт.

Опишемо кілька прикладів програмного забезпечення, дає змогу реалізовувати широкий набір генетичних алгоритмів, які можна застосовувати розв'язування найрізноманітніших задач. Змінними параметрами генетичних алгоритмів у таких додатках, є різні значення ймовірностей, розмір популяції і низка специфічних властивостей. Проте реалізація генетичних операторів, як правило, єдина для всіх алгоритмів прихована від істувача.

Пакет Evolver 4.0 компанії PalisadeCorp Пакет Evolver являє собою доповнення до програми MS Excel версій 5. і 7.0. При цьому Excel виистовується як засіб опису даних алгоритму і розрахунків у процесі його виконання. У процесі Evolver додає в Excel додаткову панель інструментів, яка забезпечує доступ пакета. Якщо Evolver не запущений для виконання, то панель інструментів відображається. У разі запуску Evolver додаток Excel запускається автоматично.

Пакет 1.0 компанії Ward System Group. Пакет GeneHunter багато схожий з пакетом Evolver. Він також є надбудовою над MS версій 5.0 і 7.0 і запускається з меню Сервіс». Цей пакет русифікований і має низку додаткових налаштувань для алгоритмів: включення стратегій елітизму й різноманітності. Поля вікна GeneHunter такі самі як і в Evolver. Однак його вікно має відмінностей. Для установки параметрів алгоритму служить кнопка «Параметри...». генетичного алгоритму не зберігаються автоматично з файлом Excel. Для збереження служить кнопка «Модель», після натиснення на яку з'являється діалогове вікно.

Пакет Genetic Training Option (GTO) компанії Scientific Software. Пакет GTO є додатковою утилітою, що поставляється нейропакета BrainMaker виробництва компанії «California Scientific Software». Він як для побудови нейронних мереж, так і для поліпшення створеної допомогою BrainMaker мережі. Але в обох випадках окремо від BrainMaker не може.

Генетичні алгоритми складні для створення, але прості в — потребують від істувача тільки формалізації задачі й формування початкових . Така ситуація багато в чому сприяє розширенню галузей застосування генетичних .

1.2.6 Використання нечіткої логіки в системах автоматичного управління

рівень розвитку промисловості потребує комплексного підходу при розробці САУ технічними об'єктами. обумовлено, з одного боку, необхідністю підвищення якості управління при мінімальних на створення та експлуатацію систем, з іншого боку - ускладненням структури об'єкта , функцій, виконуваних ним, і, як наслідок, збільшенням факторів невизначеності, які враховувати для управління об'єктом.

У теорії автоматичного управління існує досить методів, що дозволяють оптимізувати роботу систем по тим чи іншим якості при виконанні ряду обмежень.

Математичний апарат, виистовуваний у традиційних автоматичного управління, не завжди повною мірою може задовольнити потреб сучасного . Тому останнім часом знаходять широке поширення так звані "м'які обчислення основний принцип яких полягає у забезпеченні прийняттого (не обов'язково) якості управління в умовах невизначеності при відносно невисокому рівні ресурсів (вартісних, часових, обчислювальних і т. п.). До м'яких в даний час відносять такі інформаційні технології, як експертні системи нейронні мережі, нечіткі системи, генетичні алгоритми і ряд інших. В основі лежить спроба деякої формалізації діяльності головного мозку людини і живих організмів.

Розглянемо ряд аспектів виистання нечіткої логіки при управлінні (технічними об'єктами). Побудова нечітких систем заснована на імітації людини-оператора або ОПР за допомогою ЕОМ. Дійсно, людині властиво не кількісними показниками, а якісними, але слід враховувати, що ці поняття носять, по суті, нечіткий характер. При цьому

виистовуються лінгвістичні змінні, описують вхідну ситуацію та управляючі на якісному рівні [1 (наприклад, «Витрата ксантогената» - «Трохи зменшити», Температура» - «Середня», «Рівень пульпи» - «Не »). Ці лінгвістичні змінні задаються на деякій кількісній шкалою, за якої визначаються ступеня відповідності даних аналізованим поняттям. Для цього виистовуються приналежності, що приймають значення від 0 до 1. Можливі значення змінних називаються термами (наприклад, для лінгвістичної змінної - «Рівень пульпи термами є «Знизити», «Підвищити», «Не »). Крім того, задається набір правил, що ставлять у відповідність ситуації певне керуючий вплив. Ці правила зазвичай мають вигляд « ..., то ...» і формуються за допомогою експерта або групи . Однак у багатьох випадках експертам не вдається ухвалити однозначне рішення необхідний вплив на об'єкт при сформованій ситуації. Наприклад, якщо неузгодженість уставкою і виходом об'єкта негативно, а його похідна позитивна, навіть фахівцеві буває важко відповісти, яким має бути керуючий вплив. Тому доцільним кожного правила «Якщо ..., то ...» також ставити відповідність деяку величину з інтервалу від 0 до 1, що ступінь упевненості в заході, що вживаються. Таким чином, формується чітка між простором передумов і простором висновків [2].

Після процедур, виконуваних експертами, вступає в дію механізм нечіткого логічного висновку, ході якого здійснюється композиція нечіткої множини [3]. Композицію представити як аналог множення вектор-рядки на матрицю, тільки замість множення виистовується розширене уявлення логічної операції I, а замість операції - розширене АБО. У результаті визначається нечітке безліч керуючих впливів. Останнім алгоритму нечіткого управління є дефаззифікації (від англ. Слова «» - «нечіткий») - процес перекладу нечітких даних у фізичні керуючі величини.

Звичайно як розширень операцій I і АБО операції взяття мінімуму і максимуму відповідно, тобто виистовують максмінний логічний . Однак

існують і інші точки зору щодо вибору логічного базису. Той чи інший логічний базис задається апіорі. Найбільш поширеними є, алгебраїчний і обмежений базиси.

Як було сказано вище, чітка відповідність ступінь упевненості ОПР, що виконує дану дію в ситуації, що. Графік нечіткого відповідності може бути представлений у вигляді матриці. Так, якщо вхідні X і вихідна Y змінні мають однакові терм- $T_x = T_y = \{\text{«Негативно»}, \text{« нуля»}, \text{«Позитивно»}\}$, а графік нечіткого відповідності має:

$$R = \begin{bmatrix} 0,9 & 0,3 & 0 \\ 0,3 & 0,8 & 0,3 \\ 0 & 0,3 & 0,9 \end{bmatrix}$$

то система правил нечіткого висновку має наступний вигляд

- Якщо X «Негативно», то Y - «Негативно зі ступенем впевненості 0,9, «Близько нуля» - зі впевненості 0,3;
- Якщо X «Близько нуля то Y «Негативно» зі ступенем впевненості 0,3, Близько нуля» зі ступенем впевненості 0,8, «Позитивно» ступенем впевненості 0,3;
- Якщо X «Позитивно то Y «Близько нуля» зі ступенем впевненості 0,, «Позитивно» зі ступенем впевненості 0,9. Фактично механізм логічного висновку представляє деякий нелінійне перетворення.

В якості відмінностей в статичних характеристиках нечіткого регулятора при виборі різних логічних для одновимірного випадку розглянемо залежності, зображені на малюнках 1 ... додатка А. Графік нечіткого відповідності має вигляд

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Такий нечіткого відповідності означає, що експерт, чії знання були виістані при НР, міг висловити свою думку в такий спосіб: « впевнений, що, якщо X позитивно, то Y повинно бути позитивно , якщо X негативно, то Y повинно бути негативно , але якщо близько до нуля, то Y може бути як близьким до , так і негативним, так і позитивним - напевно, це залежить від неврахованих умов (наприклад, від похідної X за часом) Наведені приклади достатньо наочно демонструють відмінності властивостей НР при виборі чи іншого логічного базису.

Так, наприклад, алгебраїчний базис більш лінійну статичну характеристику. З одного боку, ця властивість є , оскільки розробнику систем управління завжди зручніше мати справу з лінійними . З іншого боку, лінійну залежність легко реалізувати, не вдаючись до логіки. Іншими словами, якщо розробник системи управління вважає, що залежність входом і виходом системи повинна бути близька до лінійної і на тому, що система повинна будуватися на основі теорії нечітких , то можна порекомендувати йому виістовувати саме алгебраїчний базис.

базис генерує характеристику, яку можна апроксимувати типової нелінійністю «зона + насичення». Подібна характеристика є достатньо надійною, оскільки «» не дає системі йти в рознос, обмежуючи нестійкий режим , а «нечутливість» стабілізує систему в режимі, близькому до . Такий вид характеристики в повній мірі задовольняє концепції м'яких .

Найбільш цікавим є обмежений базис, оскільки зміна графіка нечіткого у цьому випадку може якісно вплинути на характеристики системи. Наочним тому служить залежність, зображена на рис. 3. Як видно цього рисунка, статична характеристика має дві ділянки, де коефіцієнт передачі , тобто при попаданні на ці ділянки система втрачає стійкість (на те, що всі проміжні операції на перший погляд здаються). Як показав аналіз ця немонотонність обумовлена способом дефаззифікації

Таким чином, доцільно при побудові нечітких систем управління ґрунтуватися не знаннями експерта, але також базовими поняттями теорії автоматичного управління. Дати рекомендації щодо вибору того чи іншого базису не представляється можливим - залежить від специфіки керованого об'єкта. Аналіз роботи нечітких САУ виявити такі основні фактори, що впливають на якість управління: кількість термів вхідних і вихідних змінних;

- вид функцій приналежності нечітких, складових терм-множини лінгвістичних змінних;
- характер нечіткого відповідності між передумов і простором висновків;
- спосіб дефазифікації;
- вибір логічного .

Слід зауважити, що в багатьох публікаціях на підставі обмежених даних робиться висновок про те, що нечіткі алгоритми забезпечують більш ефективність у порівнянні з класичними. Це далеко не завжди справедливо. кожному конкретному випадку необхідно зіставляти необхідну якість управління з розташованими. Поява теорії нечітких множин та алгоритмів управління на її основі, в першу чергу, появою завдань, для вирішення яких традиційного математичного просто не існує. Ефективність виистання м'яких обчислень вельми висока. Про це можна судити за численними публікаціями, присвяченим цій темі. Однак ефективність помітно зростає, якщо поряд з м'якими обчисленнями застосовувати традиційні теорії автоматичного управління, випробувані протягом десятиліть і мають під собою жорстку математичну основу.

1.2.7 Нечітка логіка в з ПД регулюванням

Для управління дискретними подіями зазвичай служить багатоступенева, реалізована на програмованих логічних контролерах (ПЛК). Для безперервного

застосовують релейні (двопозиційні) або ПІД-регулятори. Останні працюють, коли керований об'єкт знаходиться в стійкому режимі. У ситуаціях же перешкод, зміни параметрів у часі або наявності запізнювання традиційні регулятори не впоратися зі своїм завданням, оскільки вихідне для них припущення лінійність об'єкта вже не діє. У подібних випадках заміна ПІД-регуляторів регуляторами на нечіткій логіці часто виявляється більш вигідною, ніж використання звичних, але ускладнених регуляторів стану або застосування адаптивного регулятора.

Це, однак, не єдина область, де знаходяться застосування регуляторів, що базуються на нечіткій логіці. Її основний потенціал в галузі автоматизації реалізується в можливостях безпосереднього конструювання багатозв'язних регуляторів. Зазвичай з однієї змінної цілком справляється релейний або ПІД-регулятор. Однак установки безлічі одноконтурних регуляторів доводиться задавати вручну. Оператори аналізують умови функціонування і задають установки регулятору з метою його оптимізації. Цей процес диспетчерським управлінням і охоплює безліч змінних. На жаль, релейні і ПІД-регулятори мають справу лише з однією змінною, тому необхідно безліч контурів управління, які не можуть «спілкуватися» один з одним. У тих випадках, коли необхідно враховувати взаємозв'язок фізичних величин (об'єкта), доводиться будувати повну математичну модель (ММ), що дозволяє знайти рішення.

У промисловій автоматизації цьому тривалість розробки ММ, необхідність введення спеціальних настроювальних параметрів для подальшої оптимізації регулятора через істотні спрощень при побудові більшості ММ і складність цих параметрів (оскільки оптимізація об'єкта в одному режимі роботи погіршує її роботу в інших режимах). Крім того, більшість регуляторів не мають достатньої підготовки для побудови суворої математичної моделі (ММ). Результатом роботи релейний і ПІД-регулятор управляє окремою змінною об'єкта, а диспетчерське управління здійснюють оператори.

Нечітка логіка надає високоефективне вирішення проблеми. Вона дозволяє розробляти багатозв'язних регулятори з диспетчерськими функціями не ММ, а на підставі експериментальних даних і досвіду операторів. Таке характерне для випадків, подібних, наприклад, регулювання декількох температурних зон у печі управлінням дозуванням флотаційних реагентів. Промислове застосування нечіткої логіки в 80 - х роках, перш за все в Європі і . Коли з'ясувалося, що достоїнства нечіткої логіки можна виистовувати повною мірою у поєднанні з традиційними способами регулювання, почався випуск продуктів, що технології нечіткої логіки в апаратуру і програмне забезпечення промислової автоматизації

1.2.8 СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ

Прийняття у проблемно-орієнтованих інформаційних системах та системах керування здійснюється в апріорної невизначеності, обумовленої неточністю або неповнотою вхідних даних, стохастичною природою впливів, відсутністю адекватної математичної моделі функціонування, нечіткістю мети, людським фактором [1 – 3] та ін. Невизначеність системи призводить до зростання від прийняття неефективних рішень, результатом чого можуть бути негативні економічні, та соціальні наслідки.

Невизначеності у системах прийняття рішень компенсують за різноманітних методів штучного інтелекту. Для ефективного прийняття рішень при невизначеності функціонування системи застосовують методи на основі правил нечіткої логіки. Такі ґрунтуються на нечітких множинах і виистовують лінгвістичні величини і висловлювання опису стратегій прийняття рішень [4 – 6].

Методи множин особливо існують за відсутності точної математичної моделі функціонування системи. нечітких множин дає можливість застосувати для прийняття рішень неточні та експертні знання про предметну область без формалізації їх у вигляді математичних моделей.

З виистанням теорії нечітких множин вирішуються питання узгодження критеріїв прийняття рішень, створення логічних регуляторів систем. Нечіткі множини дають застосовувати лінгвістичний опис складних процесів, встановлювати нечіткі відношення між поняттями, поведінку системи, формувати множину альтернативних дій, виконувати формальний опис нечітких прийняття рішень.

Методи теорії нечітких множин є зручним засобом проектування у людино-машинних системах. На основі нечіткого логічного виведення будуються керування, подання знань, підтримки прийняття рішень, апроксимації, структурної та параметричної, розпізнавання образів, оптимізації. Нечітка логіка знаходить застосування у побутовій електроніці, різноманітних експертних системах. Нечіткі експертні системи для підтримки прийняття рішень широке застосування у військовій справі, медицині та економіці. З їх здійснюють бізнес-прогнозування, оцінювання ризиків та прибутковості інвестиційних проектів. На нечіткої логіки досліджують глобальні політичні рішення та моделюють кризові ситуації [7, 8].

Важливим застосуванням теорії нечітких множин є контролери нечіткої, які виистовуються у різноманітних системах керування, зокрема у побутових приладах. моделі для опису системи такі контролери виистовують інтегровані знання експертів, за структурою подання наближаються до розмовної мови і описуються за лінгвістичних змінних та нечітких множин [9 – 12].

структура fuzzy-контролера містить у своєму складі такі складові: фазифікації; база знань; блок рішень; блок дефазифікації. фазифікації перетворює чіткі величини, виміряні на виході об'єкта керування, на величини, описані лінгвістичними змінними у базі знань. Блок рішень виистовує умовні (if – then) правила, закладені у базі, для перетворення нечітких вхідних даних на необхідні керуючі впливи, що також нечіткий характер.

Блок дефазифікації перетворює нечіткі дані з виходу рішень на чітку величину, яка подається на виконавчий пристрій для об'єктом.

З огляду на широке поширення систем штучного інтелекту з нечіткою логікою, розроблення ефективних систем прийняття рішень на їх основі актуальною науковопрактичною проблемою.

Перспектива застосування нечіткої логіки полягає у розробленні методів штучного інтелекту, до яких можна віднести нечіткі штучні нейронні , адаптивне поповнення баз нечітких правил, підтримка нечітких запитів до баз , побудова нечітких когнітивних карт, нечіткі графи, нечіткі мережі Петрі, нечіткі прийняття рішень, нечітка кластеризація та ін. [13 – 15

Метою роботи є методологічне узагальнення нечіткого логічного виведення як базового побудови самонавчальних систем з адаптивними правилами прийняття рішень.

Нечіткі множини

Нехай $X \in R^1$ – простір значень вхідних параметрів системи. Тоді або розмита множина (fuzzy set) A визначається на X у вигляді сукупності впорядкованих пар $(x, \mu_A(x))$:

$$A = \{x, \mu_A(x) | x \in X, 0 \leq \mu_A(x) \leq 1\},$$

де $\mu_A(x)$ – функція належності кожного x множині A .

дискретного носія нечітка множина позначається у вигляді:

$$A = \{x_1 / \mu_A(x_1), x_2 / \mu_A(x_2), \dots, x_m / \mu_A(x_m)\}.$$

Функція $\mu_A(x)$ ставить у відповідність кожному x дійсне число з відрізка $[0,1]$. Найбільшого поширення гауссова, сигмоїдальна, поліноміальна, триангулярна та трапецієподібна функції належності. Конкретний вигляд визначається потребами досліджуваної предметної області. Загальна форма функції належності задається вигляді трапеції:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \max(0, (x_4 - x)/(x_4 - x_3)), & x > x_3 \\ \max(0, (x - x_1)/(x_2 - x_1)), & x < x_2 \\ 1, & x \geq x_2 \text{ and } x \leq x_3 \end{cases}$$

де $x_1 < x_2 < x_3 < x_4$.

Частковим варіантом є триангулярна належності, яка набуває значення 1 тільки в одній точці і нечітке число.

Нечіткі змінні

У прикладних дослідженнях з проблем, в технічних науках, медицині, соціології, економіці, психології тощо широко виистовуються оцінки, які формулюються у термінах природної мови. З цією метою нечіткі лінгвістичні змінні. Нечітка лінгвістична змінна $X\%$ (наприклад,) задається набором термів, які позначають якісні ознаки станів системи наприклад, „низький”, „середній”, „високий”). Нехай $\%$

визначається m лінгвістичними термами: $\tilde{X} = \{A_j \mid j = 1..m\}$

Тоді лінгвістична змінна $\%$ є нечітким образом носія X . Кожен із термів є

множиною $A_j = \{x, \mu_{A_j}(x) \mid x \in X, 0 \leq \mu_{A_j}(x) \leq 1\}$

Функції належності $\mu_{A_j}(x)$, $j = 1..m$ однієї лінгвістичної змінної $X\%$

визначаються в одному

просторі X .

1.2.9 Вибір методу прогнозування

Прийняття рішень проблемно-орієнтованих інформаційних системах та системах керування здійснюється в умовах невизначеності, обумовленої неточністю або неповнотою вхідних даних, стохастичною природою зовнішніх

, відсутністю адекватної математичної моделі функціонування, нечіткістю мети, людським фактором [– 3] та ін. Невизначеність системи призводить до зростання від прийняття неефективних рішень, результатом чого можуть бути негативні економічні, та соціальні наслідки. Невизначеності у системах прийняття рішень компенсують за різноманітних методів штучного інтелекту. Для ефективного прийняття рішень при невизначеності функціонування системи застосовують методи на основі правил нечіткої логіки. Такі ґрунтуються на нечітких множинах і виистовують лінгвістичні величини і висловлювання опису стратегій прийняття рішень [4 – 6]. Методи множин особливо існують за відсутності точної математичної моделі функціонування системи. нечітких множин дає можливість застосувати для прийняття рішень неточні та експертні знання про предметну область без формалізації їх у вигляді математичних моделей. З виистанням теорії нечітких множин вирішуються питання узгодження критеріїв прийняття рішень, створення логічних регуляторів систем. Нечіткі множини дають застосовувати лінгвістичний опис складних процесів, встановлювати нечіткі відношення між поняттями, поведінку системи, формувати множину альтернативних дій, виконувати формальний опис нечітких прийняття рішень. Методи теорії нечітких множин є зручним засобом проектування у людиномашинних системах. На основі нечіткого логічного виведення будуються системи , подання знань, підтримки прийняття рішень, апроксимації, структурної та параметричної ідентифікації, образів, оптимізації. Нечітка логіка знаходить застосування у побутовій електроніці, діагностиці, експертних системах. Нечіткі експертні системи для підтримки прийняття рішень знаходять застосування у військовій справі, медицині та економіці. З їх допомогою бізнес-прогнозування, оцінювання ризиків та прибутковості інвестиційних проектів. На основі логіки досліджують глобальні політичні рішення та моделюють кризові ситуації [, 8]. Важливим застосуванням теорії нечітких множин є контролери нечіткої , які виистовуються у різноманітних системах

керування, зокрема у побутових приладах. математичної моделі для опису системи такі контролери виистовують інтегровані знання, які за структурою подання наближаються до розмовної мови і описуються допомогою лінгвістичних змінних та нечітких множин [9 – 12]. Загальна структура fuzzy-контролера містить у своєму складі такі складові: блок фазифікації; база знань; блок рішень; блок дефазифікації. Блок фазифікації перетворює чіткі величини, виміряні на виході об'єкта керування, на нечіткі величини, описані лінгвістичними змінними у базі знань. Блок рішень – нечіткі умовні (if – then) правила, закладені у базу знань, для перетворення нечітких вхідних даних на необхідні керуючі впливи, мають також нечіткий характер. Блок дефазифікації перетворює нечіткі дані з блоку рішень на чітку величину, яка подається на виконавчий пристрій керування об'єктом. З огляду на широке поширення систем штучного інтелекту інтегрованою нечіткою логікою, розроблення ефективних систем прийняття рішень на їх основі є актуальною науково-практичною проблемою. Перспектива застосування нечіткої логіки полягає у розробленні гібридних методів штучного інтелекту, до яких можна віднести нечіткі нейронні мережі, адаптивне поповнення баз нечітких правил, підтримка нечітких запитів до баз даних, побудова нечітких когнітивних карт, нечіткі графи, нечіткі мережі, нечіткі дерева прийняття рішень, нечітка кластеризація та ін. [13 – 15]. Метою роботи є методологічне узагальнення нечіткого логічного виведення базового етапу побудови самонавчальних систем з адаптивними правилами прийняття рішень.

1.3 Постановка задачі роботи

Метапроект – є підвищення ефективності суслівничого відділення пивзаводу за рахунок удосконалення систем автоматизації шляхом виистання діагностики і прогнозування, впровадження підсистеми технологічного моніторингу повинно позитивно вплинути на подальшу роботу та якість продукції.

Актуальність роботи полягає в необхідності приладів вимірювання рівня, температури, витрати, концентрації, тиску, для прогнозування позаштатних, і на основі отриманих даних прогнозувати подальший розвиток подій, або на їх подальший розвиток. Без систем автоматизації на даний момент обходиться жодний технологічний процес виробництва, тому прогнозування та аналіз ситуацій виробництві суттєво впливає на якість кінцевої продукції, та зменшить витрати.

Якщо датчик вийшов з ладу, то система діагностики на протязі часу з'ясує що зміна значення датчика відбувається кожні 2-5 на значення 7-10 градусів, якщо цього не відбувається на більше 5 хв, то система фіксує про ймовірне хибне значення, на протязі ще 5 хв. значення не змінюється, то система сигнал про необхідність перевірки приладу або заміни.

Новизна даної роботи в застосуванні методів нечіткої логіки в системі підтримки прийняття рішень, застосуванні для оперативної діагностики ТЗА технологічного процесу фільтрації затору.

Мета дослідження розробка інтелектуально системи оперативної діагностики ТЗА технологічного процесу фільтрації затору, діагностує правильність вимірів та їх загальну справність в процесі виробництва.

дослідження є технологічний процес фільтрації затору.

дослідження це методологія діагностування помилок та несправностей на основі карт, та прогнозування поведінки системи на основі нечіткої логіки.

Практичне значення в застосуванні даної системи для технологічного процесу фільтрації затору з економією витрати палива, та контролю за рівнем вологості і температури зоні випічки, для уникнення низької якості кінцевого продукту.

Для досягнення дослідження необхідно виконати наступні завдання:

1. Дослідження методів діагностики ТЗА основі наукових підходів.
2. Розробка проекту інтелектуальної системи керування, що буде методи діагностики з використанням методології SysML.

Розділ 2 – Загальносистемні рішення

2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом

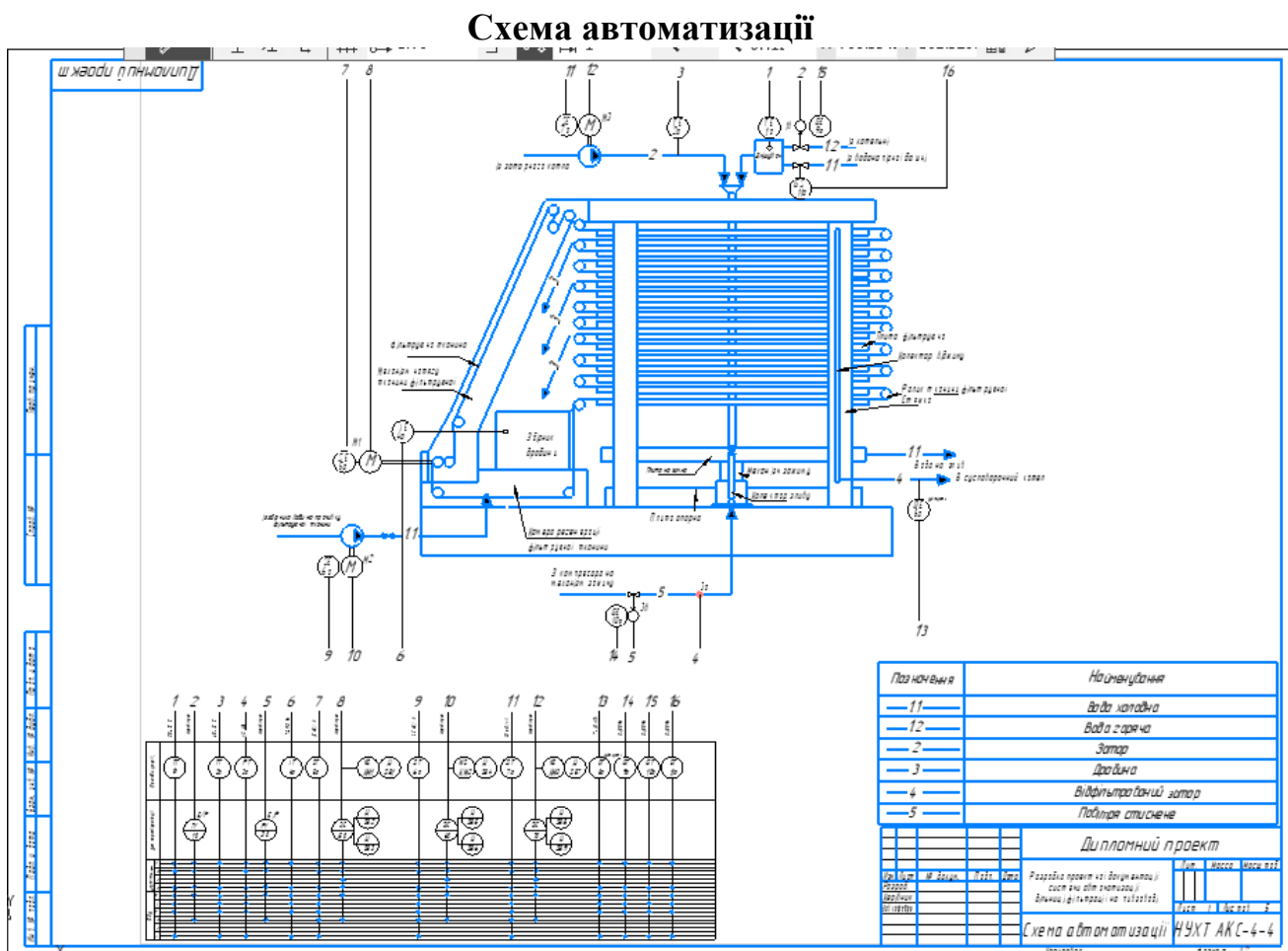


Рис.2.1 Функціональна схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації (ФСА) призначена визначення основних контурів контролю і регулювання основних технологічних параметрів.

Система процесами в фільтр-пресі забезпечує ефективну роботу установки, її високу, та відділення дробини від затору, що забезпечує якість суслу, і наслідок кінцевого продукту.

Схема автоматизації фільтр-пресу складається з контурів, сигналізації, регулювання тиску, температури, рівня.

Основними робочими елементами фільтр-преса рис.1) є фільтруючі плити (кількість плит може бути і 12 в залежності від типу преса), розташовані між плитами - верхньої і нижньої. Механізм затиску плит розташовується під

нижньою . Він забезпечує затиск плит протягом 30-60 с. Фільтрувальна тканина довжиною 17-50 і шириною 0,7-1,2 м проходить між фільтруючими плитами, огинаючи ролики. Загальна поверхня фільтрації 2,-2,6 м². Натяг стрічки здійснюється натяжним пристосуванням, встановленим на плиті, а її напрямок - роликами. Фільтрувальна тканина, пройшовши привід пересування , що приводиться в дію електродвигуном, надходить на очистку та миття (регенерацію) в камеру, обладнану шкребками і форсунками. Фіксоване положення тканини відношенню до плит забезпечується напрямним пристроєм . Тривалість заміни тканини 15- хв.

При стислих плитах суспензія надходить по трубопроводу під тиском 1,5 МПа в колектори подачі, на виході яких встановлено відкривається клапан. Привід пересування тканини, камера регенерації і опорна плита на загальній рамі. Після заповнення преса суспензією тверда частина маси у вигляді тонкого шару (тривалість утворення шару 1,5) на фільтрувальній тканині, а фільтрат, пройшовши через тканину і сито, надходить у колектор. Тиск віджиму діафрагми до 1,2 . Розвантаження осаду проводиться після припинення подачі суспензії та розкриття фільтр-. Фільтрувальна тканина, приведена в рух приводом пересування тканини, виносить шар завтовшки до 35 мм на обидві сторони фільтр-преса, де знімається шкребками і надходить на стрічкові конвеєри , розташовані по сторонах -преса.

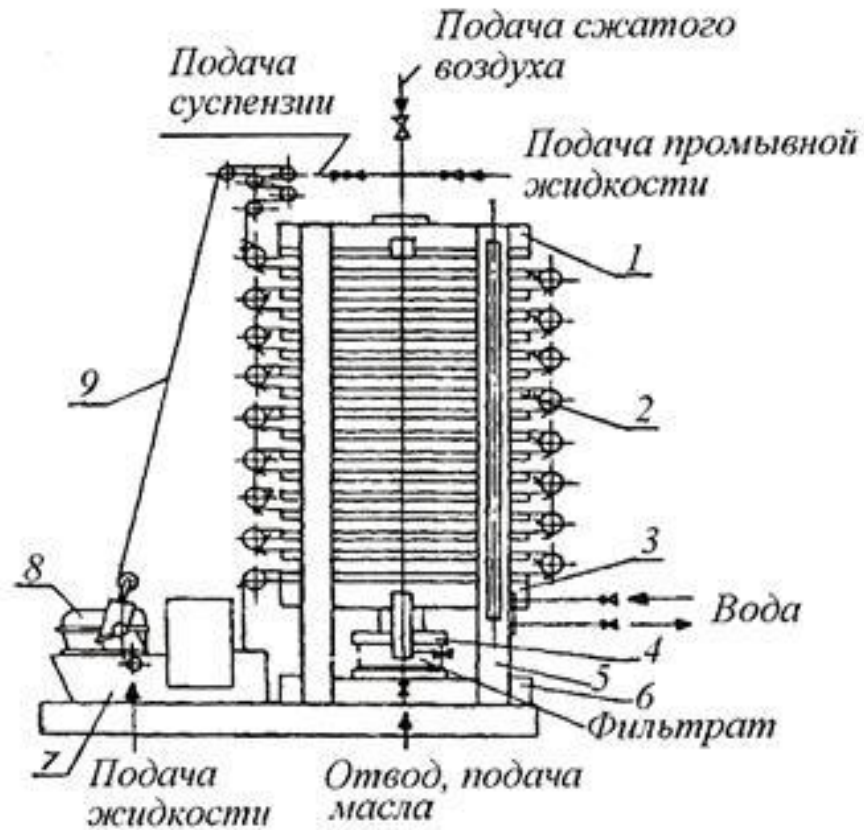


Рис.1.2 Загальний вигляд фільтр-преса

1 - опорна ; 2 - фільтруюча плита, 3 – плита натиску, 4 - механізм ; 5 - стяжка;
6 - опорна плита; 7 - камера тканини; 8 - механізм пересування тканини; 9 -
фільтруюча тканина.

Регулювання тиску відбувається в трубопроводі подачі повітря в апарат для плит для фільтрування. Вимірювання тиску здійснюється за допомогою манометра Danfoss 3000 (3а) вихідний сигнал з яких в межах -20 мА поступає на модуль аналогових входів МПК, опрацьовується в процесорі, порівнюється із заданим значенням, і якщо є розузгодження, то вихідному модулі контролера формується управляючий сигнал 4-20 мА, на з МПК сигнал поступає на електро-пневмоперетворювач YokogawaPK200 (), сигнал 4-20 мА перетворюється в уніфікований пневматичний сигнал -100 КПа, з нього пневматичний сигнал на пневмоклапан YokogawaVP200 3в), встановлений на

трубопроводі подачі повітря в систему, який змінює поворотного регулюючого органу в межах 0...100%.

Температура

Температури відбувається в змішувачі води. Вимірювання здійснюємо термометром опору Honeywell (1а), сигнал 4..20 мА поступає на , на виході з МПК сигнал поступає на електро-пневмоперетворювач Yokogawa (1б), а з нього пневматичний сигнал на пневмоклапан VP200 (1в), встановлений на трубопроводі подачі холодної води, змінює положення поворотного регулюючого органу в межах 0...100

Проводиться індикація температури затору перед подачею в апарат. Вимірювання за допомогою термометром опору SitransTF2 (2а), сигнал ..20 мА надходить на екран оператору.

Рівень

Здійснюється індикація в збірнику дробини. При її переповненні, ємність вигружають у проміжну . Вимірювання здійснюємо радарно-хвильовим рівнеміром rosemount 3300 (4а), 4..20 мА надходить на екран оператору.

Швидкість обертів двигуна

Від швидкості промивання стрічки конвеєра, швидкості подачі затору в , та кількості води, поданої на промивку стрічки залежить якість затору швидкість роботи відділення. Тому перед початком роботи оператор задає швидкість стрічки шляхом зміни завдання для частотного перетворювача. Вимірювання швидкості руху проводиться через вимірювання кіот кості обертів валу двигуна. Кількість обертів індукційний датчик АН36М (5а-7а), вимірюючи кількість обертів хвилину він егує за посередництвом частотного перетворювача 5б швидкість руху .

Шляхом регулювання швидкості обертання валу двигуна регулюють подачу затору та в апарат. Вимірювання витрати затору проводиться через вимірювання кіот кості валу двигуна. Кількість обертів вимірює індукційний

датчик АН36М (5а-), вимірюючи кількість обертів за хвилину він егує за посередництвом перетворювача 5б кількість затору що подається в апарат. Аналогічно регулюється води на промивку в апарат.

Положення регулюючих органів

Вимірювання положення клапана здійснюється за допомогою датчика положення РО Samson 4748 (-11а). Сигнал 4..20 мА надходить на модуль входів. і на екран оператору.

Мутність розчину

Мутність кінцевого відфільтрованого вимірюється інфрачервонти датчиком ІТМ-3 (8а). Сигнал 420 мА надходить на модуль аналогових входів. і на екран оператору.

приладів та засобів автоматизації

№ Поз-иції за схемою	і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
1а,2а	Термометр Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50180 °С, Клас точності-0,25.	VF00	Шт.	2	Honey wall
3а	Манометр показувальний Верхня вимірювання – 1.6 МПа. Клас точності -0,25. сигнал: 4...20 мА	MBS 300	.	1	Danfoss
4а	Принцип дії з тимчасовим дозволом (TDR) Базові умови Одинарний зонд виконання, вода при температурі 25 ° С Випромінювана потужність Номінальна мкВт, максимальна 45 мВт Споживана потужність <50 мВт в режимі роботи Час запуску <40 з Діапазон вимірювань Від ,1 до 50 м Вихідний сигнал 4-20 мА / , Foundation Fieldbus, Modbus	3300	%	1	
5а-7а	Швидкість обертання: Макс. 500 Вага: Близько 0,05 кг (без кабелю) захисту: IP54, IP65. Діапазон робочих температур: -20...+	АН36М	Об/хв	3	Пром прибо р

№ Поз- иці за схемою	і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниц я вимірю вання	Кільк сть, шт.	Примі тка
	Матеріал вала: сплав Cu-Zn Матеріал пус: цинковий Матеріал оболонки кабелю: PUR Напруга живлення: 24 В 20%, постійний струм Аналоговий вихід: MWU 0 ... В Струм навантаження: макс. 5 мА Аналоговий вихід: 4 ... 20 мА				
8а	Інфрачервоний датчик Температурні діапазони навколишні умови: -10 ... + 60 °, 0 ... 100 ° С, до 140 ° С / . 30 хвилин Робочий тиск макс. 16 бар Клас захисту: 69 К (з нарізним сполученням PG при виистанні відповідного) Вимірювальний діапазон регульований: 0 ... 10/2050/100/200% TU, за замовчуванням: 0 100% TU Відтворюваність показань: ≤ 1% від кінцевого значення Точність показань: ± 2% TU * спрацювання загасання сигналу (t90) налаштовується 0, 1, 3, , 13, 25 сек, за замовчуванням: 6 сек Електричне підключення різьбовій роз'єм для кабелю, кабельний роз'єм Виходи аналоговий: 4 20 мА	ITM-3	TU	1	
9а-11а	Датчик положення РО Вихідний сигнал -дротовий, 4 ... 20 мА Напруга живлення 2-провідне харчування В Діапазон спрацювання відхилення: ≤ 0,1% Діапазони ходу Min / max 1 Монтаж на позиціонери 4763/: 7 ... 60 мм 2 Важіль I: 7 60 мм Важіль II:> 60 ... 103 мм на вимогу до 120 мм) Матеріали пус: алюмінієве литво тиском з синтетичним покриттям. Зовнішні частини: WN1.4571, чорнений	4748	%	3	Sams on
, 3б	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20	PK200	Шт.	2	Yoko gawa

№ Поз- иції за схемою	і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниц я вимірю вання	Кільк сть, шт.	Примі тка
	Вих. сиг. 20-100 кПа. Номінальний тиск повітря живлення: КПа				
1в, 3в	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 76,2 ... 304,8 мм. Тиск умовний: 2 ... 5 МПа	VP200	Шт.	2	Yoko gawa
5б-7б	Перетворювач частоти Lenze 820SMD Аналоговий вхід (0-10В, 0-20mA, 4-20mA); Напруга живлення: 180...264 VAC; Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° С;	8200 SMD	Шт.	3	Lenze
SB1- SB6	Вимикач кнопочний для комутації електричних ланцюгів керування змінного струму частотою 50 і 60 Гц напругою до 660 В і постійного струму напругою до 440 В.	BK14-21		6	ООО "При мтек"

2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються

Враховуючи, що розробляється є надбудовою до типової АСУ ТП або АСУ виробництва за «не руйнування нижнього рівня» відповідно до IPDI, перелік та задач ІСК виконується для автоматизованої та інтелектуальної складової.

Функції розробляються на основі цілі створення системи шляхом декомпозиції. Далі кожна може бути поділена на низку задач та підзадач. Рекомендується розробити функції для АСУ ТП, а потім переходити до функцій ІСК.

2.2.1 Перелік функцій та задач АСУ ТП та

Параметр контролю	Оптимальне значення	Допустимі відхилення	Аварійні	Функції системи контролю і сигналізації			
				Вид контролю	Вид інформації	звукова	світлова
Температура промивної води, °С	40	+5 -5	+10 -10	неперервний		-	+
Рівень збірника дробини, %	65	+10 -10	+20	неперервний		-	+
Тиск стисненого повітря, МПа	1,5	+0,2 -0,2	+0,3 -0,3	неперервний		-	+
Температура затору, °С	25	+5 -5	+10 -10	неперервний		-	+
Витрата затору в апарат	120	+5 -5	+10 -10	неперервний		-	+

Позначення	Найменування функції/задачі	Закон/алгоритм	Період	Примітка
TC1	Регулятор температури води змішувачі в	МРС-алгоритм	1 с	У складі TC1
PC2	Тиск трубопроводі подачі повітря фільтр-прес в	МРС-алгоритм	1 с	У складі TC2
SC3	Швидкість обертів вала двигуна М1 конвеєра	МРС-алгоритм	1 с	У складі TC3
SC4	Швидкість обертів вала двигуна М2 насоса подачі води в апарат	МРС-алгоритм	1 с	У складі PT4
SC5	Швидкість обертів вала двигуна М3 насоса подачі води в апарат	МРС-алгоритм	1 с	У складі PT5

2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram)

Системна інженерія та індустрія програмного забезпечення використовують цей метод для формалізації зацікавлених сторін, які будуть реалізовуватися як функціональні можливості та обмеження, задовольняються поставленою системою.

Для зацікавлених сторін вимоги є засобом для відповідності рішення (тобто наданої системи) переліку вимог.

Вимоги бути формалізовані та організовані, наприклад, шляхом відокремлення функціоналу від технічних. Цього можна досягти за допомогою електронної таблиці Excel або за спеціального інструменту, такого як DOORS або EA. Ці засоби мають в тому, що дозволяють користувачам повністю керувати та контролювати вимоги. Підхід використовує вимоги через асоціації залежностей з елементами моделі, такими як use cases, blocks, або test cases, встановлюючи

простежуваність моделі. Зокрема асоціації з елементами моделі (наприклад, у use cases може асоціація реалізована з однією або кількома вимогами).

Отже, SysML візуальне та графічне зображення текстових вимог, спеціалізованих асоціацій між собою з іншими елементами моделі та способом управління ними в структурованому ієрархічному середовищі.

SysML визначає нові типи асоціацій (стереотипні залежності

- Derive (успадковування): одна або декілька вимог, що впливають вимоги;
- Satisfy (забезпечують, задовольняють): один або кілька елементів виконують вимогу;
- Verify (перевірка): один або модельних елементів, наприклад тестова система, перевіряє виконання вимог;
- Refine уточнення): один або кілька модельних елементів, наприклад use case, додатково вимогу;
- Copy (перенесення): один або кілька модельних системи переноситься на інший елемент;
- Trace (прослідковування): або кілька модельних елементів системи відсліджуються на інші елементи.

SysML нові типи коментарів, вводячи стереотипи, дозволяючи зв'язувати пояснення з асоціаціями елементами моделі:

- Problem (проблема): коментар, опис якого виявлену проблему або потребу, після недоліку, обмеження або відмови одного декількох елементів моделі;
- Rationale (обґрунтування): коментар який причину чи обґрунтування рішення, пов'язаного з асоціацією чи елементом.

На вимог показуються лише функціональні вимоги ІСК та АСУ, що пов'язані нею. Вимоги за іншими видами забезпечення не вказуються, так як вказані в технічному завданні.

Діаграма вимог для інтелектуального регулятора температури на рис. 2.2.1

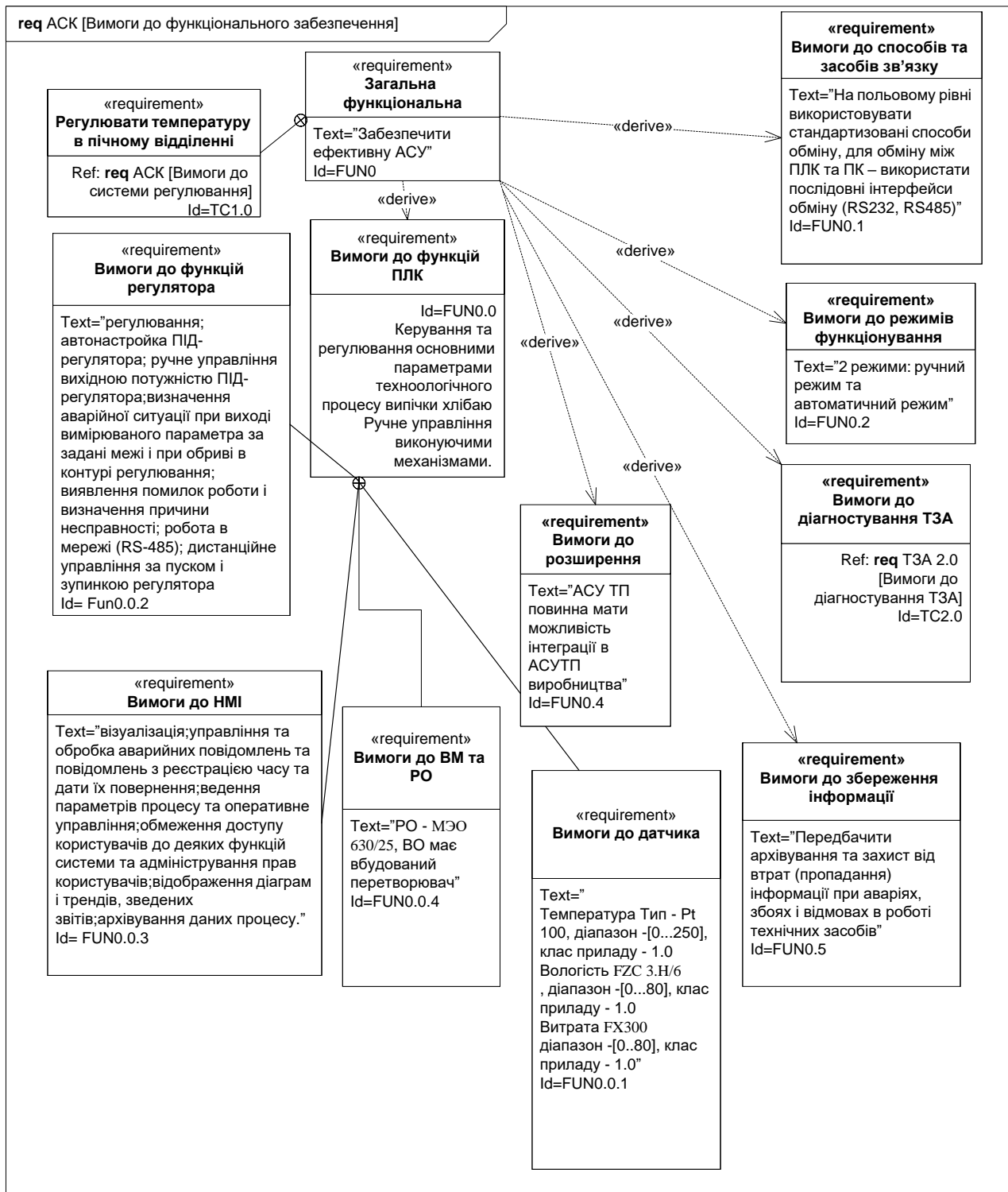


Рис. 2.2.2. Diagram для АСК процесу фільтрації затору

2.4. Визначення функцій (UseCasediagram)

Жодна грамотно побудована система не в ізоляції: вона взаємодіє з дійовими особами (людьми системами), які виистовують її для досягнення певної мети, чекаючи неї певної поведінки. Діаграма варіантів виистання специфікує очікувану поведінку суб'єкта системи або її частини), – вона описує послідовності дій, включаючи варіанти, які суб'єкт здійснює для досягнення дійовою особою певного результату.

виистання застосовуються для вираження необхідного поводження системи без опису реалізації поведінки. Вони дозволяють розробникам, кінцевим истувачам і експертам в предметній досягти взаєморозуміння, а крім того, допомагають упевнитися в правильності архітектурних і перевіряти систему по ходу її розробки. Крім того, так ця діаграма аналогічна UML, тому вона застосовуються для того, щоб створену систему, підсистему, щоб истувач міг зрозуміти, як застосовувати цей , а розробник – як реалізувати його.

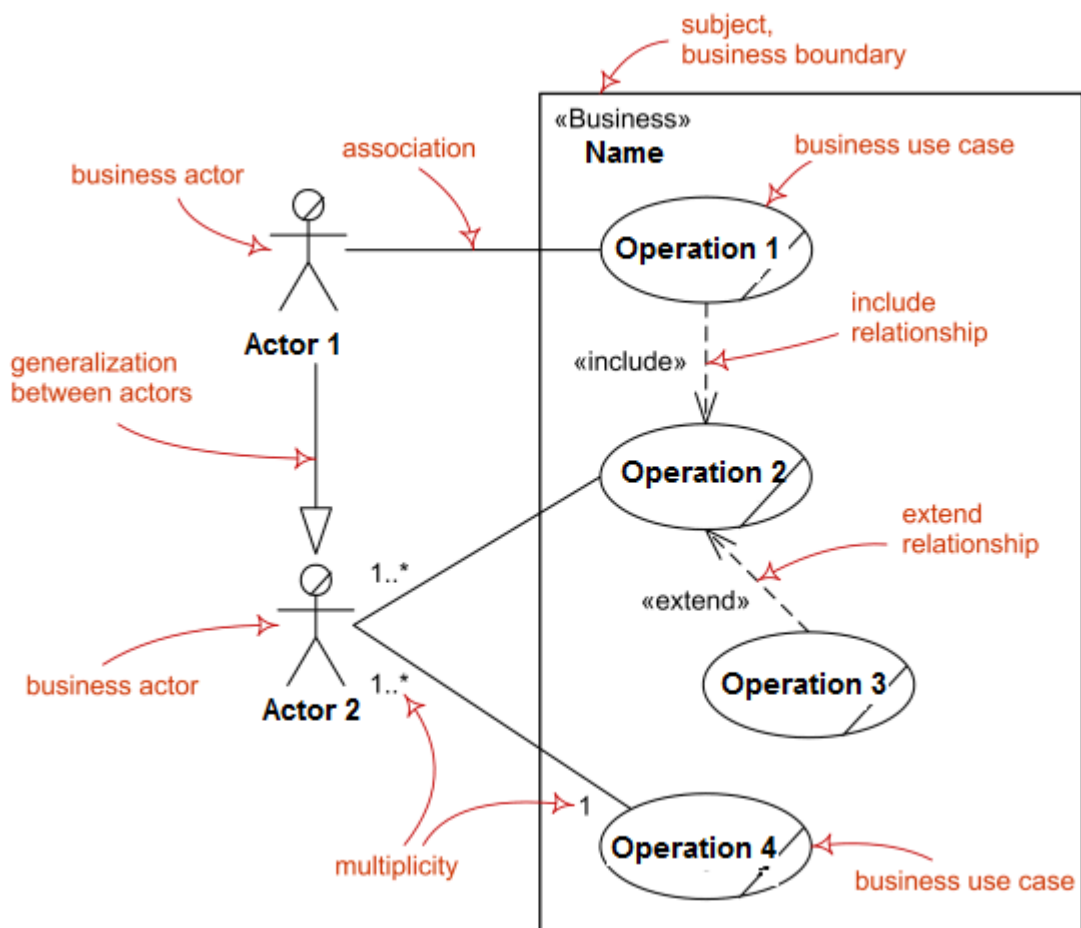


Рис. 2.4.. Основні елементи Use Case diagram

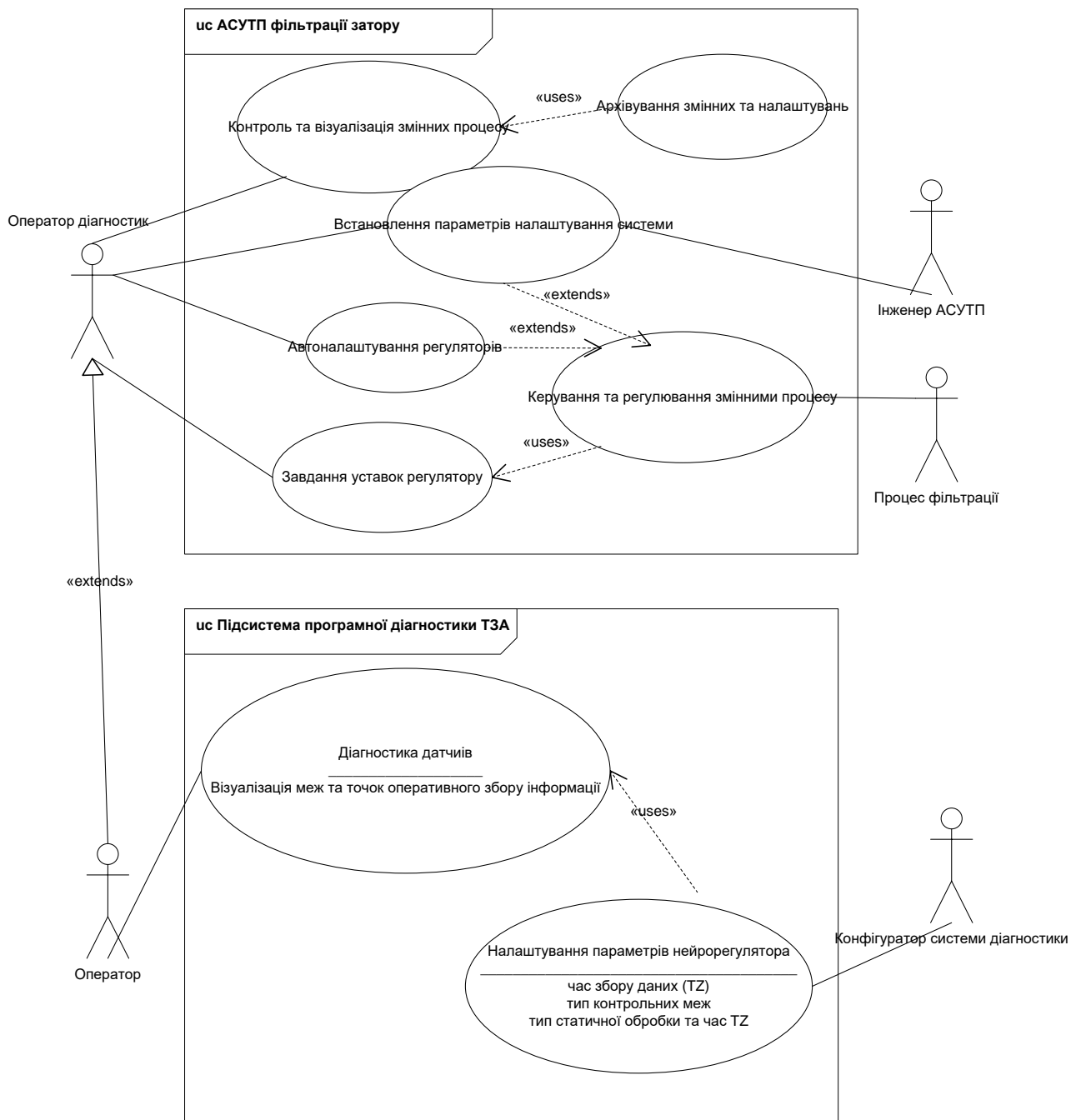


Рис. 2.4.2 UseCasediagram для підсистем АСУТП та діагностики ТЗА

2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи.

BDDBlockDefinitionDiagram) – діаграма визначення блоків надає блокове подання, тобто основного блоку, поряд з ієрархією його складових блоків. BDD включає блоки будь-якого типу, включаючи програмне забезпечення, обладнання тощо. З UML2, BDD SysML переосмислює схему класів, замінюючи класи блоками вводячи порти потоків. При проектуванні ІСК рекомендується розробляти три BDD для технологічної, технічної та інтелектуальної (інформаційної) складових.

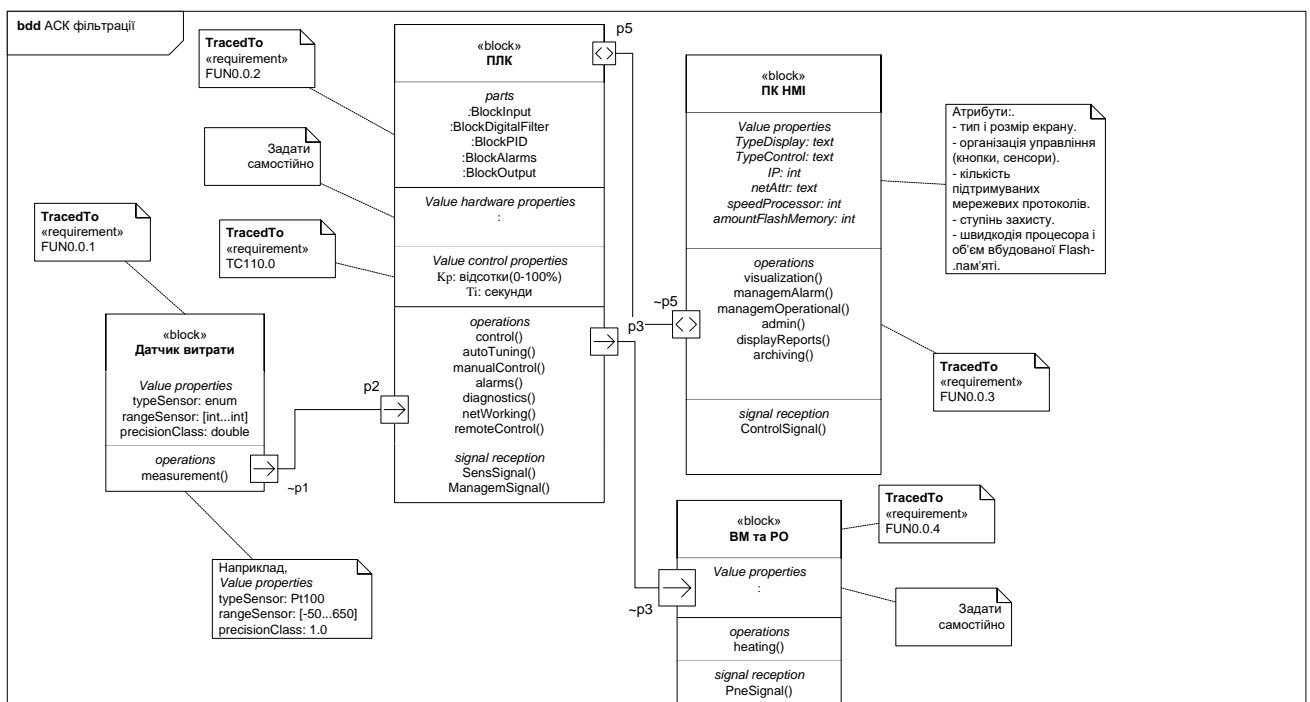


Рис. 5.1 BDD діаграма для АСК та ІАСК процесу фільтрування

Частина нижніх блоків фізично належать до блоку ("має" співвідношення), оскільки асоціації, виистані на схемі, композицією або "сильною" агрегацією, що представлена стрілкою з суцільним ромбом. Блоки є частиною основного блоку, але фізично не належать до, тому називається посиланням, а асоціація представлена відкритим ромбом (проста). Порт потоку (flow port) – це нове від

SysML. Порти потоку представляють те, що може пройти через (в /із), наприклад інформаційні дані, матеріальні потоки енергія.

2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК

2.6.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (State Machine diagram, diagram)

Моделювання поведінки системи окреслює входи, виходи, послідовності та для координації підсистем. Дані діаграми забезпечують гнучкі посилання на блоки, володіють такою поведінкою.

Діаграма машинного (планувального) стану State (State chart) diagram виистовуються як у UML2, тобто дають спосіб визначити життєвий цикл блоків BDD, якому повинні відповідати екземпляри. Життєвий цикл визначає всі можливі стани для блоку, події умови, що визначають переходи стану.

Тільки складні блоки або важливі точки зору системи, які крім того залежать від багатьох станів, мати State Machine diagram. Усі визначення цієї діаграми, що виистовуються UML, також застосовуються до SysML: події, засоби захисту / , ефекти, переходи, складені стани, області тощо.

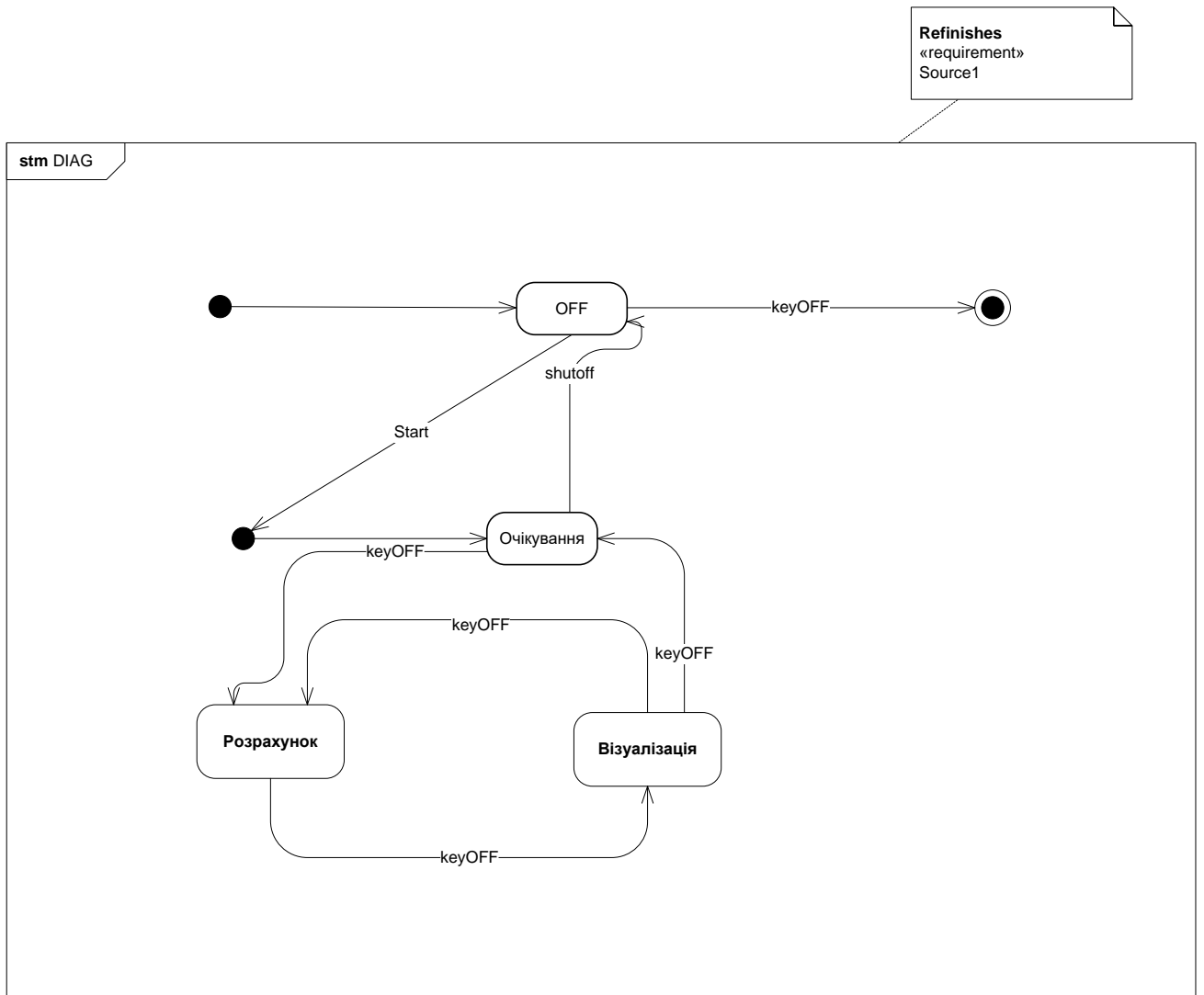
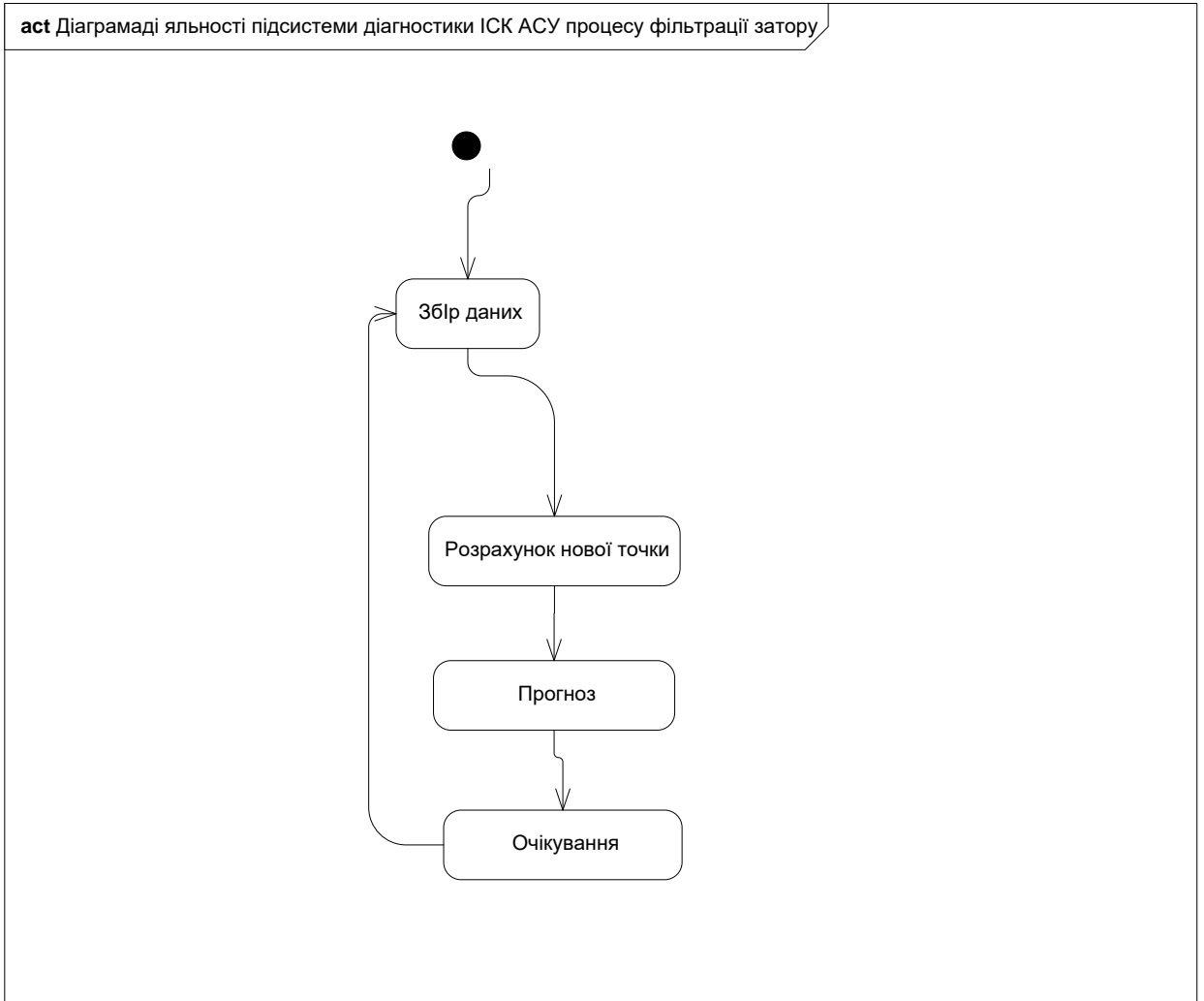


Рис. 2.6..1 Приклад StateMachinediagram для процесу фільтрації затору



. 2.6.1.2 Діаграма активності для підсистеми моніторингу АСУ фільтрації затору Activitydiagram

2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації (Sequence diagram)

Діаграма послідовності показує інформацію про взаємодію на часовій послідовності. Діаграма має два виміри: вертикальну вісь, представляє час і горизонтальну вісь, що представляє об'єкти-учасники. Вісь може бути фактичною опорною точкою, розміщуючи позначки часу як текстові. Горизонтальне впорядкування об'єктів не є важливим для операції, і ви їх переставити за необхідності.

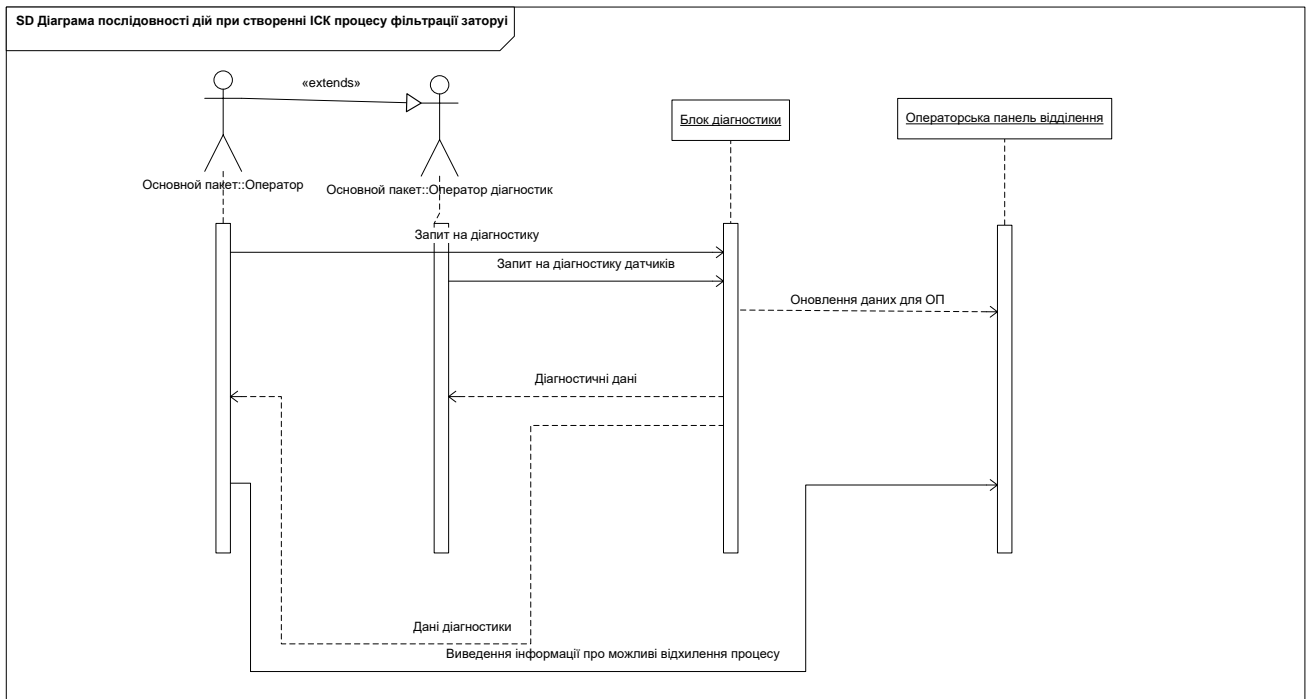


Рис. 2.6.2.1 Sequence diagram процесу фільтрації затору

Розділ 3 – Розробка та програмного забезпечення ІСК

3.1 Принцип побудови нейрорегулятора NN Controller

Синтез нейрорегулятора для електромеханічної системи з пружними зв'язками виконано виис-танням пакет прикладних програм Neural Network Toolbox системи MATLAB. моделі сис-тем управління з нейромережевими регуляторами розміщені в спеціальному Control Systems набору блоків Neural Network Blockset. У MATLAB реалізовані нейрорегулятори: регулятор на основі моделі авторегресії зі змінним – NARMA-L2 Controller, регулятор на основі еталон-ної моделі Model Reference Controller і регулятора з прогнозом NN Predictive Controller. управління на основі моделі авторегресії зі змінним середнім регулятор являє досить просту реконструк-цію нейромережевої моделі керованого об'єкта, отриманої на автономної ідентифікації. Регу-лятор NARMA-L2 Controller вимагає найменшого обсягу . Недолік методу полягає в тому, що модель об'єкта повинна бути в канонічній формі простору стану, якій відповідає супроводжу-юча матриця, може призводити до обчислюваль-них погрішностей.

При управлінні на основі моделі регу-лятор – це нейронна мережа, яка навчена управляти так, щоб він відстежував поведінку еталон-ної моделі. При цьому керованого об'єкта активно виистовується при налаштуванні параме-трів самого регулятора. побудові нейрорегулято-ра Model Reference Controller спочатку виконується ідентифікація об'єкта , а потім проводиться синтез закону управління. Необхідний обсяг обчи- для цього регулятора можна порівняти з попе-реднім. Однак архітектура з еталонною моделлю вимагає навчання нейронної мережі об'єкта управління і мережі регулятора. При цьо-му навчання регулятора виявляється достатньо скла-, оскільки засноване на динамічному варіанті методу зворотного розповсюдження помилки.

Регулятор прогнозом NN Predictive Controller виистовує модель об'єкта управління у вигляді мережі для того, щоб передбачати його майбутню поведінку. Алгоритм оптимізації -лює управляючі сигнали, які мінімізують різницю між бажаними і дійсними сигналу на виході моделі і таким чином

оптимізує поведінку об'єкта заданому інтервалі часу. Побудова моделі об'єкта управління виконується автономно з нейронної мережі, регулятор навчається в групово-му режимі з виистанням з алгоритмів навчання. Регулятор вимагає значного обсягу обчислень, оскільки розрахунку оптимального закону управління оптимізація виконується на кожному такті.

Як показали дослідження, ні за яких параметрів нейрорегуляторів NARMA-L2 і Model Reference Controller не вдалося отримати задовільні динамічні характеристики, що розглядається в даній роботі. Ефективним є регулятор з зом NN Predictive Controller, тому розглянемо його більш детально.

Проектування складається з двох етапів: етап ідентифікації об'єкту управління нейрорегулятора етапу синтезу закону управління. На етапі ідентифікації розробляється модель об'єкту вигляді нейронної мережі, яка на етапі синтезу виистовується для синтезу.

Схема підсистеми ідентифікації показана на рис. 1. Вона включає модель управління у вигляді нейронної мережі, яка повинна бути навчена в режимі так, щоб мінімізувати помилку між реакціями об'єкта і $e = y - y_n$ на послідовність пробних сигналів u .

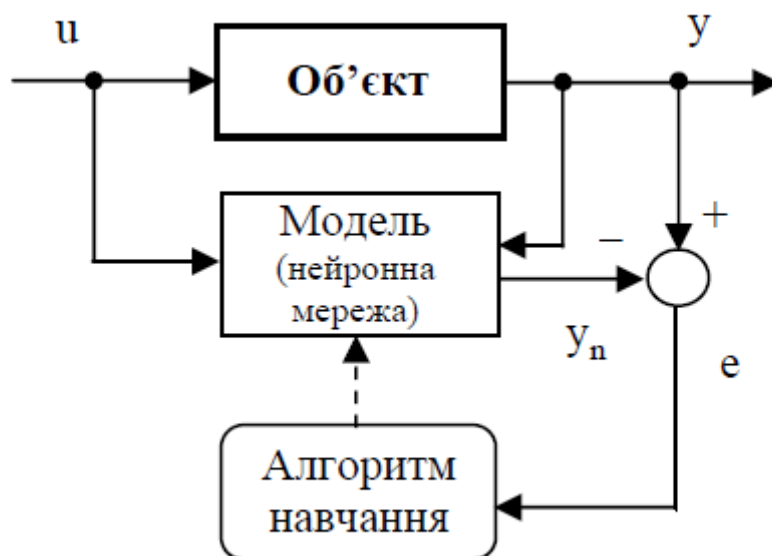


Рис. 1. Схема підсистеми ідентифікації

У даній алгоритму нейронна мережа повинна бути налаштована для моделювання входу виходу об'єкта регулювання. Для цієї мети доцільно виистовувати нейронну мережу типу багатозаровий перцептрон (БП), яка відрізняється універсальною здатністю при моделюванні різних об'єктів регулювання. БП в даний час найбільш повно теоретично досліджена мережа. Існуючі теореми стверджують, БП за умови достатньої кількості нейронів може відобразити практично будь-яку взаємозв'язку. Нейронна мережа регулятора об'єкта управління представлена на рис. 2. має 2 шари нейронів і виистовує лінії затримки (ЛЗ) щоб запам'ятати попередні значення входів і виходів об'єкта з метою майбутнього значення виходу. Функція активації нейронів прихованого шару – гіперболічна функція, вихідного нейрона – лінійна.

Налаштування параметрів цієї мережі виконується автономно методом групового навчання, виистовуючи дані, отримані при випробуваннях реального об'єкта. Для навчання мережі може бути виистаний будь-який з навчальних алгоритмів для нейронних мереж. У даній роботі виистаний алгоритм Левенберга-Марквардта, є одним з найбільш ефективних. Даний метод має найшвидшу збіжність і забезпечує високу точність навчання. У ППП Neural Network Toolbox даний алгоритм реалізований у вигляді М-функції `trainlm`.

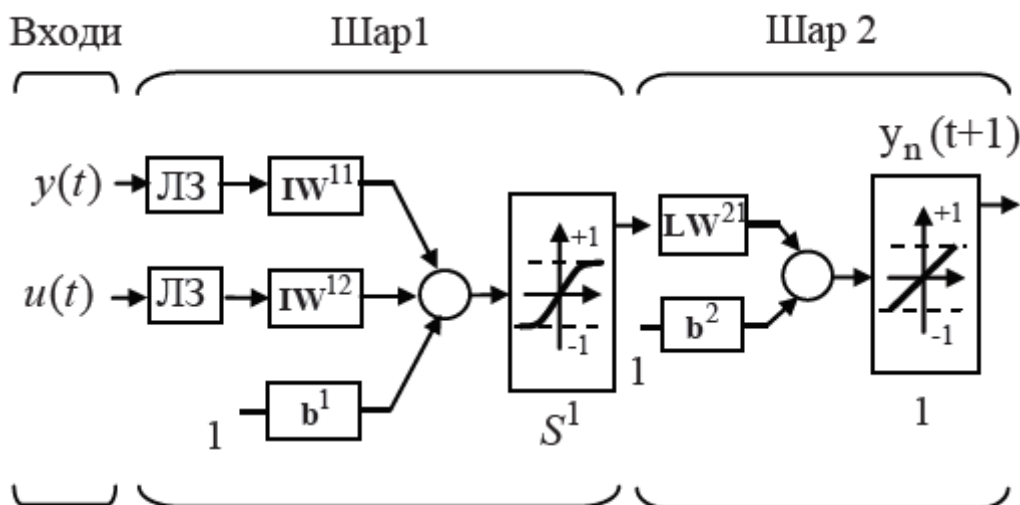


Рис. 2. Нейронна мережа регулятора керованого об'єкта

Як зазначалося, з прогнозом виистовує принцип горизонту, що віддаляється, коли неймережева керованого об'єкта передбачає реакцію об'єкта на певному інтервалі часу в -ньому. Передбачення виистовується програмою чисельної оптимізації для того, щоб обчислити сигнал, який мінімізує критерій якості

$$J = \sum_{j=N_1}^{N_2} [y_r(t+j) - y_m(t+j)]^2 + \rho \sum_{j=1}^{N_4} [u'(t+j-1) - u'(t+j-2)]^2,$$

де константи $1N$, $2N$ $4N$ задають межі, всередині яких обчислюються помилки стеження і -жність керуючого сигналу. Змінна описує пробний керуючий сигнал; очікувана, а -дійсна реакція моделі системи, що розглядається. -чина визначає внесок, який вносить потужність управління в критерій якості.

Структурна схема на рис. 3 ілюструє процес управління з прогнозом. складається з неймережевої моделі керованого об'єкта і блоку оптимізації. Блок визначає значення, які мінімізують критерій якості управління, а відповідний сигнал управляє процесом.

3.2 Виистання моделі неймережевого регулятора рішення задач для керування витратою сула на фільтрування

При синтезі NN Predictive Controller виистовуються файли, розміщені в каталозі toolbox// nncontrol системи Simulink, які можна розбити на три групи функції одновимірної оптимізації, моделі Simulink, допоміжні функції: Sfunxy2 - функція виведення графіків; Nncontrolutil □ підтримка, що забезпечує можливість до приватних функцій з системи Simulink; Nnident.m функція, при

ідентифікації об'єкту, знаходиться в каталозі private і забезпечує графічний інтерфейс -ча, генерацію навчальної вибірки, створення і тренування мережі.

На . 4 показана структурна схема пропонованої нейромережевої системи управління двомасо- електромеханічною системою, розроблена в Simulink. Ця структура включає блок керованого (Subsystem) і блок регулятора NN Predictive Controller, а блоки генерації еталонного ступінчатого сигналу з випадковою амплітудою Random , блок побудови графіків.

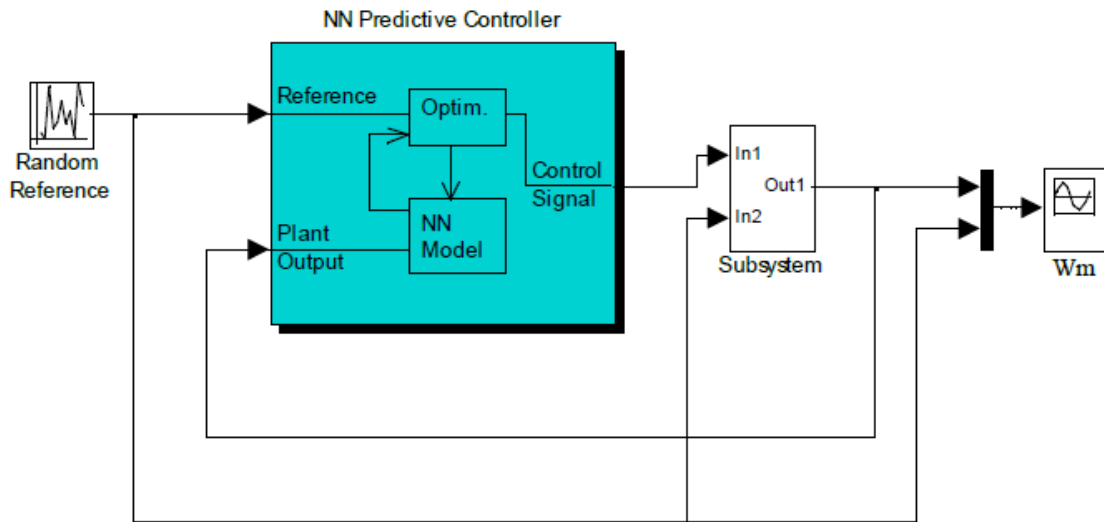


Рис. 4. Схема моделі системи управління з нейрорегулятором NN Predictive Controller

3.3. Формування керувального діяння виистанням нейромережевого регулятора

Схема моделі об'єкту управління приведена на рис. .3.1. Схема складена відповідно до рівнянь динаміки двомасової системи витрати, що має структуру з підсумовуючим підсилювачем, на вході якого сигнали завдання і сигнали зворотних зв'язків. В системі реалізовані наступні зв'язки: жорсткий зворотний зв'язок за температурою, гнучкий зворотний зв'язок струму і зворотний зв'язок по струму з відсіченням. На схемі рис. 5 не враховано зворотний зв'язок по струму з відсіченням, він не бере участь в робочих режимах. У якості привідного застосовано асинхронний двигун незалежного збудження.

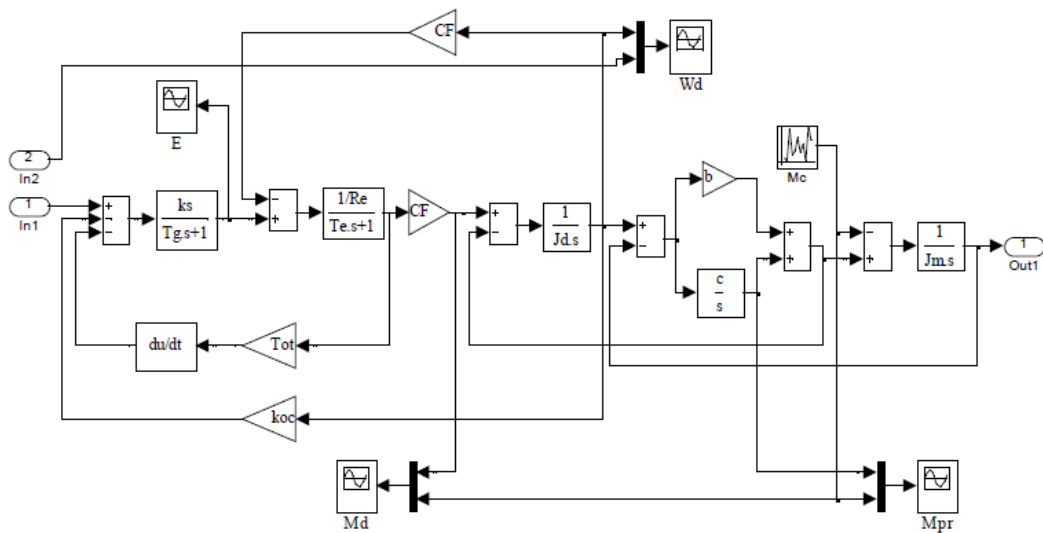


Рис. 5. Схема моделі об'єкту управління (Subsystem)

Рис. 3.3.1 управління витратою сула в фільтр пресі.

3.3.1 Розробка системи керування. Обґрунтування методу та режиму навчання регулятора

Розглядається система витратою в фільтрі сула за допомогою нейроконтролера із виистанням моделі авторегресивного ковзаючого середнього для ідентифікації і управління електроприводом як динамічною .

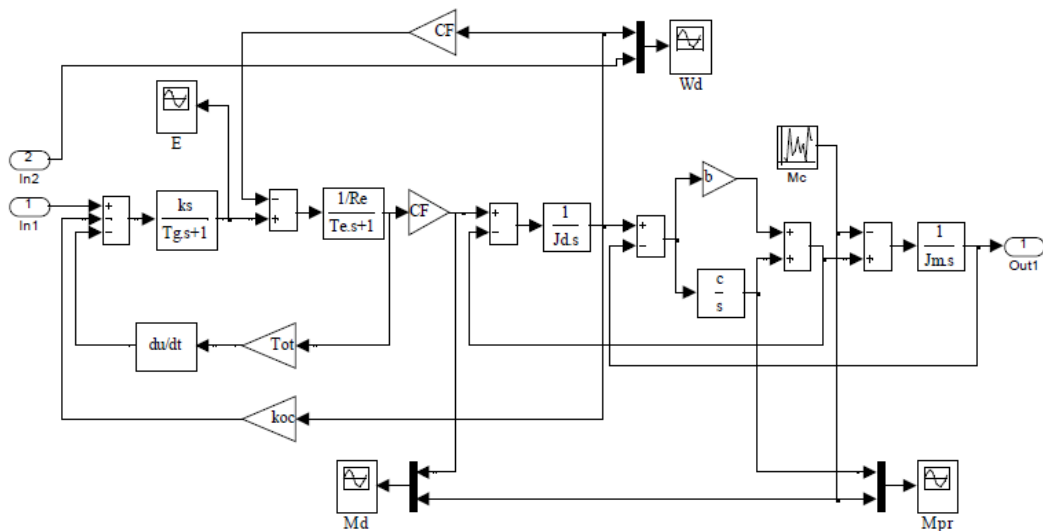


Рис. 5. Схема моделі об'єкту управління (Subsystem)

Рис. 3.3.1.1 Структурна схема контуру регулювання розтрубного пристрою.

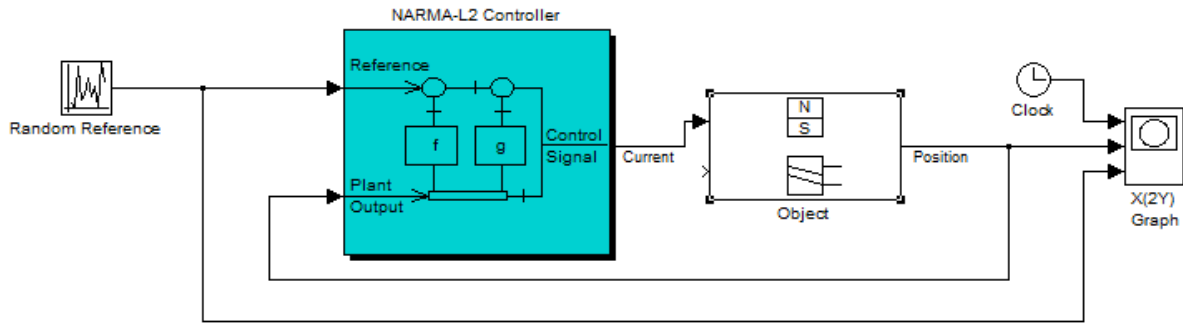


Рис. 3.3.1.2 Структурна схема управління контуром температури розрубного пристрою з допомогою нейроконтролера.

Структурна системи управління температури з нейроконтролером NARMA-L2 зображена на рис

При застосуванні NARMA-L2 з виистанням управління із лінеаризованим зворотнім перший етап полягає в ідентифікації параметрів об'єкту управління. Навчання нейронної здійснюється з виистанням прогнозованої зміни динаміки об'єкту. Також, на першому визначається структура моделі нейроконтролера [3]. В нейроконтролері застосовується стандартна модель для узагальненого представлення нелінійних дискретних систем – це із виистанням нелінійної авторегресії із ковзаючим середнім (NARMA):

етапі ідентифікації об'єкту, можна тренувати нейронну мережу апроксимуючи нелінійну функцію . Для того, щоб вихід системи мав вигляд деякої заданої траєкторії $(k + d) = yr(k+)$, наступний етап буде полягати у розробці нелінійного контролера виду

$$u(k) = G[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), y_r(k+d), u(k-1), \dots, u(k-m+1)]. \quad (2)$$

Проблема з виистанням цього контролера в тім, що при нейронної мережі для створення функції G з метою мінімізації квадратичної , необхідно виистовувати динаміку зворотнього росповсюдження. Це призведе до уповільнення процесу . Одне з рішень полягає у виистанні наближених моделей для представлення управління. Виходячи з цього нейроконтролер, що виистовується для управління засновується наближеної моделі NARMA-L2.

$$y(k+d) = f[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k-1), \dots, u(k-m+1)] + g[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k-1), \dots, u(k-m+1)] \cdot u(k). \quad (3)$$

Виистання цього рівняння безпосередньо може проблеми при реалізації, тому необхідно визначити управляючий вхід $u()$, який відповідає виходу $y(k)$ для однакового часу. Таким чином, замість алгоритму, що описується (4), алгоритм який відповідає:

$$y(k+d) = f[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-m+1)] + g[y(k), \dots, y(k-n+1), u(k), \dots, u(k-m+1)] \cdot u(k+1), \quad (5)$$

де $d > 2$.

На наступному рисунку представлена структура мережі:

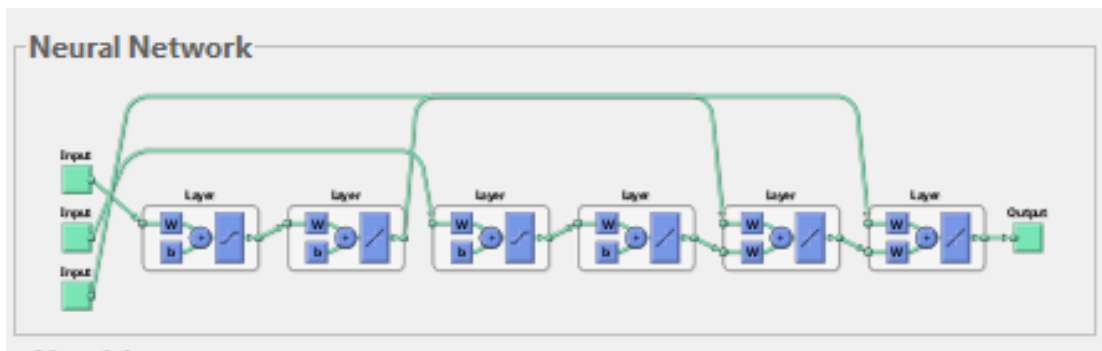


Рис. 3.3.1.3. Структурна схема мережі

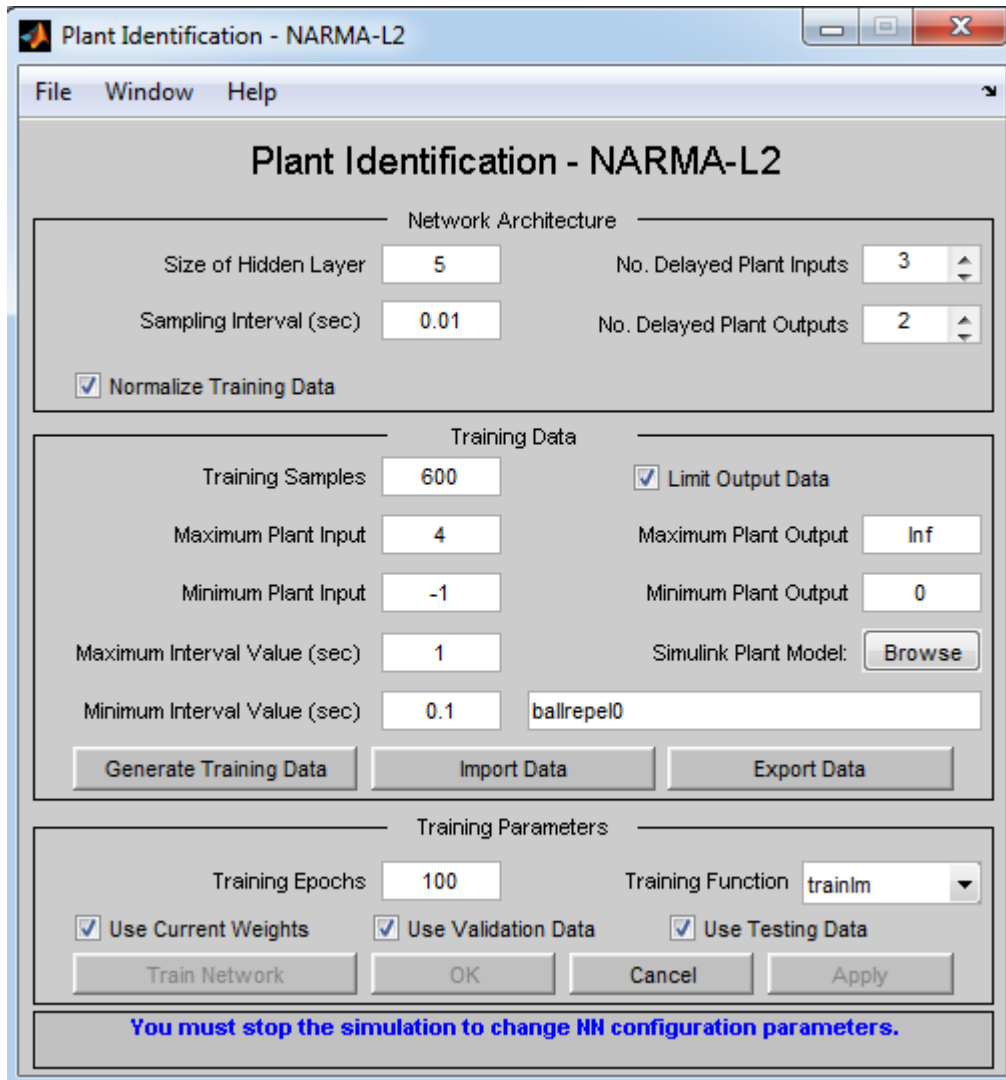


Рис. 3.3.1.4 Вікно процедури ідентифікації.

параметрів для формування структури нейронної мережі наступний:

1. **Size of Hidden Layer** – 5 – кількість нейронів у прихованому ;
2. **No. Delayed Plant Inputs** – 3 – число затримки для вхідного шару нейронів;
3. **No. Delayed Plant** – 2 – число ліній затримки для вихідного шару нейронів
4. **Sampling Interval (sec)** – 0.01 – дискретності між двома послідовними моментами відліку даних;
5. **Normalize Data** – встановлення нормування для приведення даних навчання до діапазону [0 1].

Набір елементів управління, для завдання характеристик навчальної послідовності нейронної наступний:

1. **Training Samples – 1000** – число точок для отримання навчальної послідовності у вигляді пар значень вхід-вихід управляемого процесу, який визначається моделлю **Simulink**;
2. **Maximum Plant – 4** – максимальне значення вхідного сигналу;
3. **Minimum Input – -4** – мінімальне значення вхідного сигналу;
4. **Interval Value (sec) – 2** – максимальний інтервал, в секундах;
5. **Minimum Interval Value (sec) 0.1** – мінімальний інтервал ідентифікації, в секундах;
6. **Output Data** – встановлює обмеження значень вихідного сигналу;
7. **Plant Model** – для завдання моделі управляемого процесу, що має входу і виходу і зберігається у файлі ***.mdl**, вибір проводиться за допомогою **Browse**, де вводиться ім'я моделі.
8. **Training – 200** – кількість циклів навчання;
9. **TrainingFunction** задає функцію навчання;
10. **UseCurrentWeights**– встановлює поточних вагових коефіцієнтів нейронної мережі;
11. **UseValidationData** встановлює виистання контрольної множини в об'ємі **25 %** від навчальної ;
12. **UseTestingData**– встановлює виистання тестової множини об'ємі **25%** від навчальної множини. При синтезі системи управління ТРН-АД було проведено тренування нейронної мережі. Результати тренування показані рисунках:

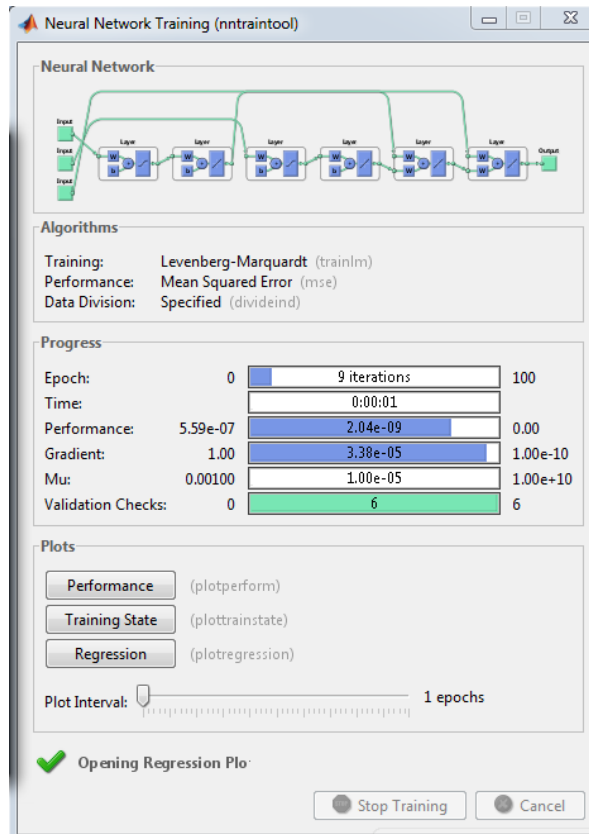


Рис. 3.3.1.5. Головне меню нейронної мережі та дані навчання

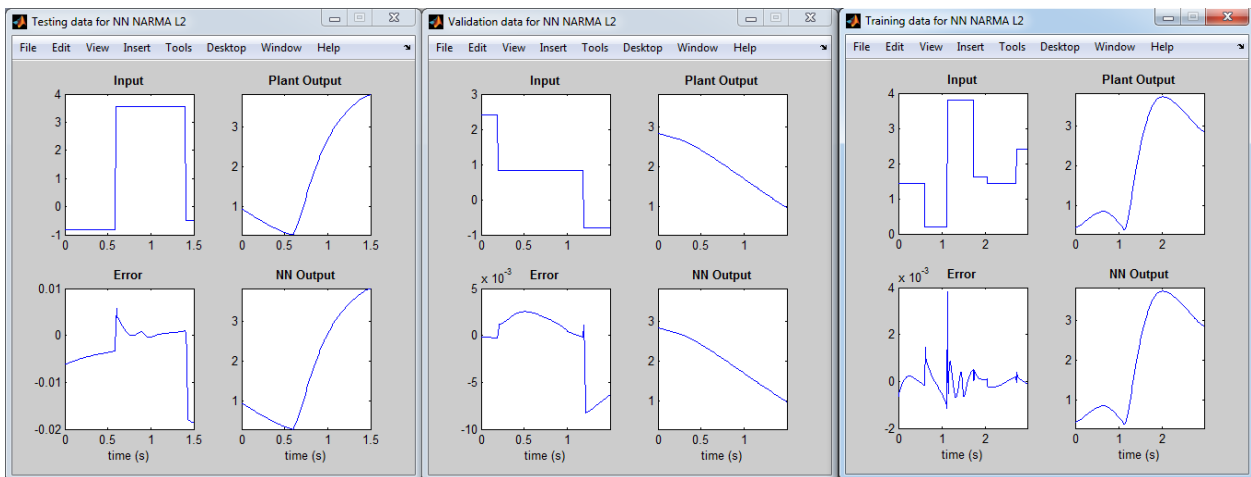


Рис. 3.3.1. Графіки вхідного і вихідного сигналів об'єкта управління

Графіки перехідних процесів, були зняті при моделюванні в середовищі MatLab
приведені на рисунках

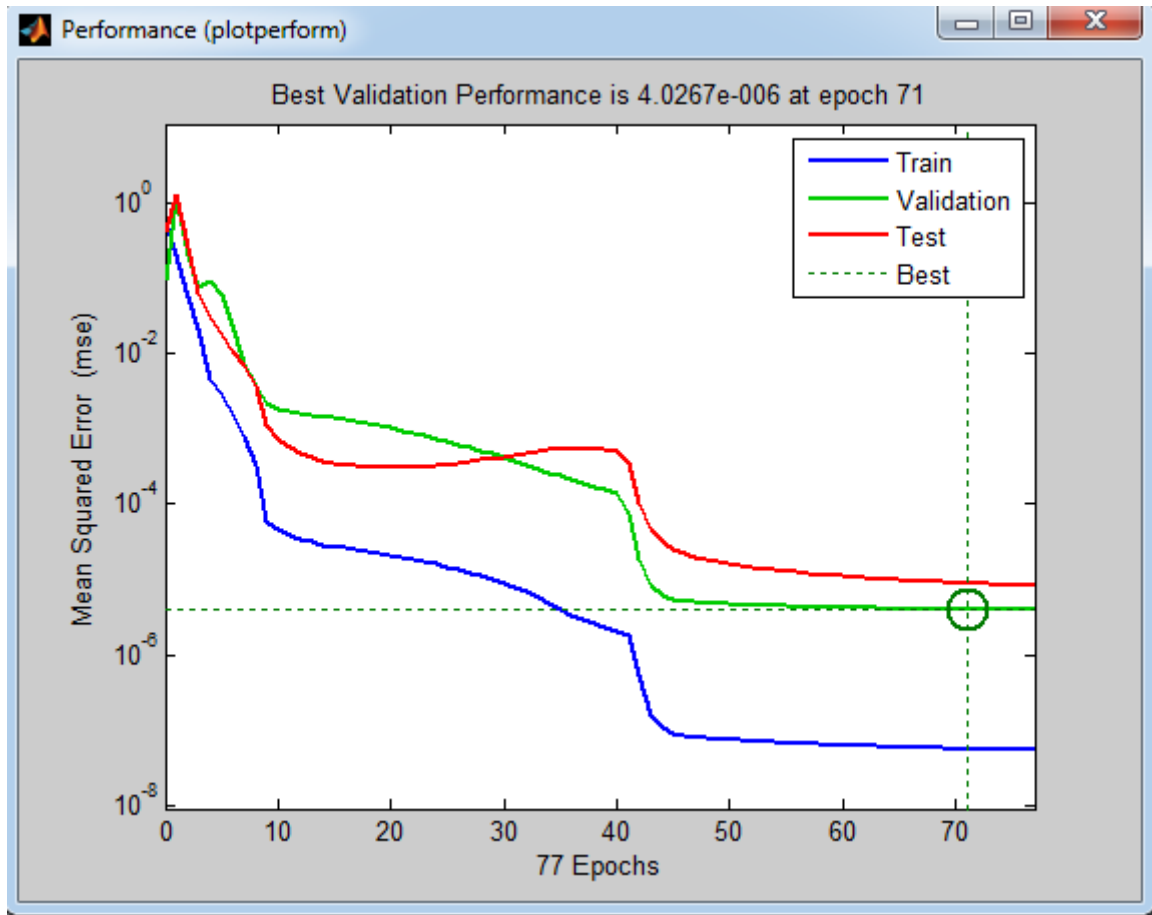
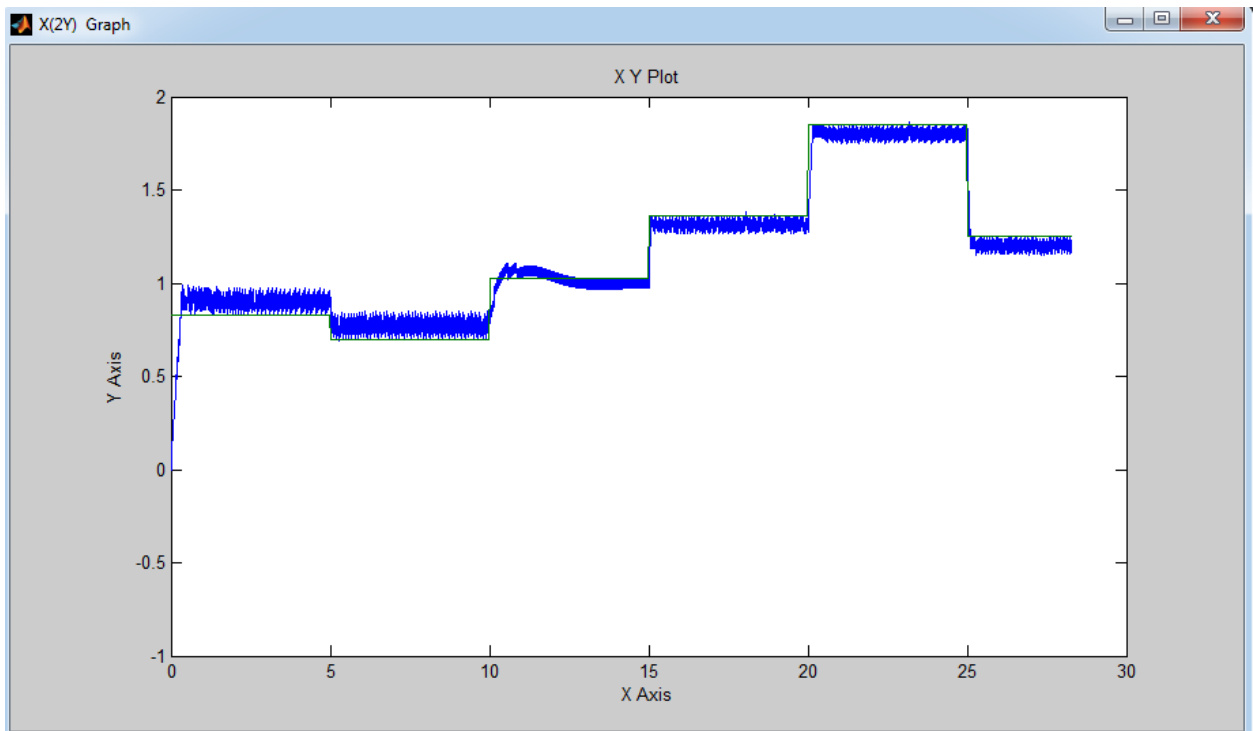


Рис. 3.3.1.7 Графік зміни швидкості навчання



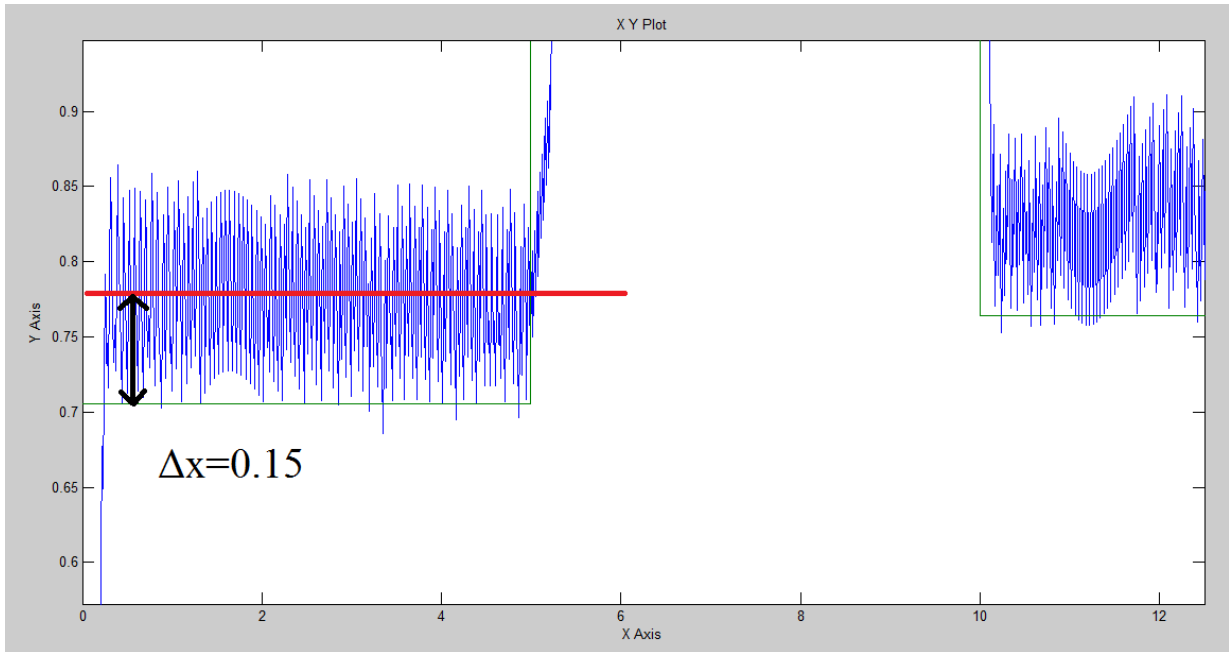


Рис. 3.3.1.8 Графік зміни перехідного при зміні завдання

Змінюємо завдання блоком RandomNumber. При зміні отримуємо графік:

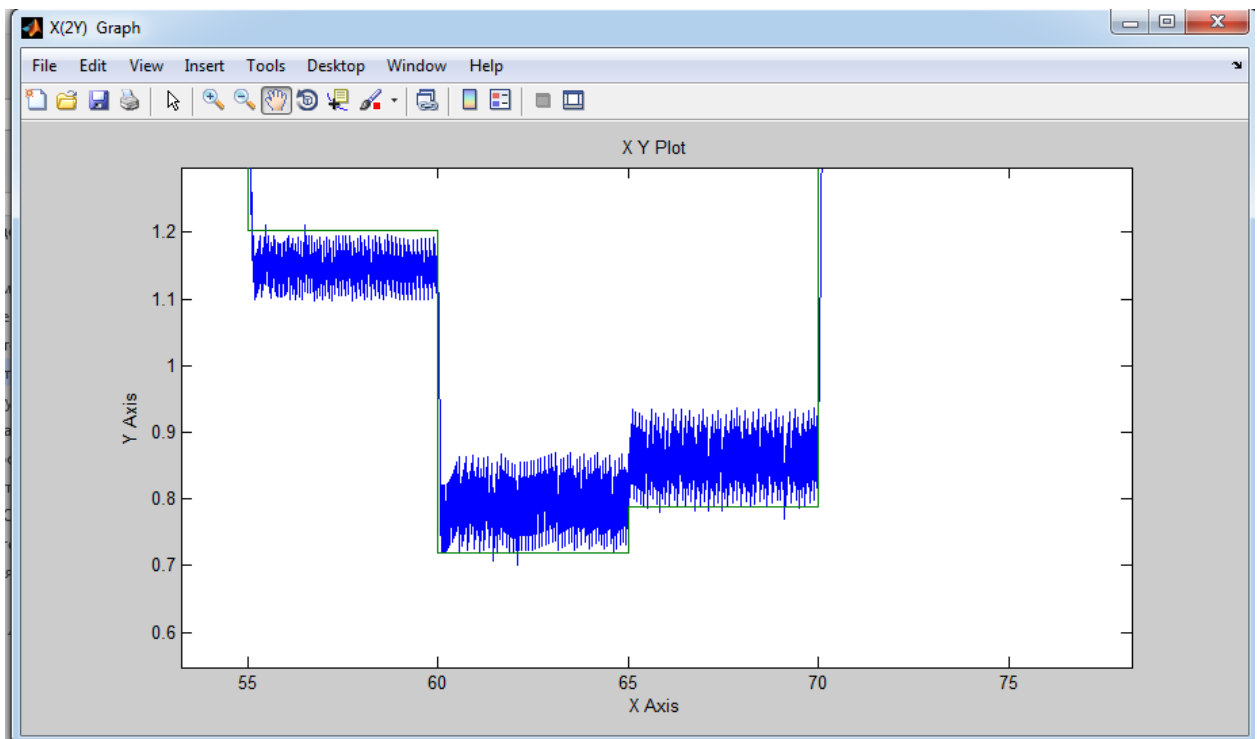


Рис. 3.3.1.9 Графік температури

Статична похибка змінюється в межах 0,1-0,15 зміні завдання. Метод найменших квадратів забезпечує необхідний рівень перехідного процесу. він нас повністю задовольняє.

Висновки до пункту

Висновок. Основною перевагою нейроконтролерів для управління є те, що для синтезу структури та нейроконтролера не потрібні кількісні оцінки параметрів об'єкту, достатньо оперувати динаміками, характеризують стан об'єкту. Основний напрямок дослідження який визначився у останні це ідентифікація та управління. Цю складну задачу можна вирішити тільки використанням нейронних мереж.

3.3.2. Аналіз результатів моделювання. точності часткових розв'язків задачі керування нейромережевим регулятором

Настройки ПІД-регулятора за допомогою Циглера –Ніколса. Для цього знаходимо K_p критичне, якому система (рис. 1) знаходиться на межі стійкості (рис. 2).

$K_{pкрит}=5,6$. $T_p=50$ (с).

Наближеним методом розрахунку параметрів настройок регуляторів є метод *незагасаючих* (в технічній літературі його називають методом Ціглера-Нікольса). систему автоматичного регулювання з П-регулятором переводять в режим автоколивань допомогою збільшення $K_{рег}$. Якщо в системі працює ПІ-регулятор, то $\rightarrow \infty$, при ПІД-регуляторі $T_i \rightarrow \infty$, $T_d \rightarrow 0$. Для автоколивань визначають критичні значення $K_{рег}^{крит}$ і період $T_p^{крит}$. Тоді наближеними настройками П, ПІ та ПІД-регулятора будуть :

Параметры типовых регуляторов

	k_p	k_i	k_d
П-регулятор	$0,50k_p^*$		
ПІ-регулятор	$0,45k_p^*$	$0,54k_p^*/T^*$	
ПІД-регулятор	$0,60k_p^*$	$1,2k_p^*/T^*$	$0,075k_p^*T^*$

П-регулятора:

$$K_p=5,6*0,52,8$$

Для ПІ-регулятора:

$$K_p= K_p() * 0,45 = 0,45 * 5,6 = 2,52;$$

$$K_i = (0,54 * K_p(крит) / T_p = 0,06$$

Для ПД-регулятора

$$K_p = K_{p(\text{крит})} * 0,6 = 0,6 * 5,6 = 3,36;$$

$$K_i = (1,2 * (T_p)) / T_p = 1,2 * 5,6 / 50 = 0,1344;$$

$$T_D = 0,075 * K_p * T_p = 0,075 * 3,36 * 50 = 11,2;$$

відповідні настройки у схему і отримуємо перехідні процеси, що зображені рис. 5-7.

Встановлюємо коеф. Настройки ПД-регулятора в структурну (рис.3) і отримуємо перехідний процес, який має якісні показники: $\phi=0,9$, $A_1=4$. Порівнюючий його з перех. Процесом з П-регулятором можна сказати, час регулювання у ПД-регулятора менший, але не набагато, ступінь більший, і динамічна похибка також менша. Тобто робимо висновок, що ПД-регулятора в даному випадку доцільне. П-регулятор має статичну, що суттєво звужує його область застосування.

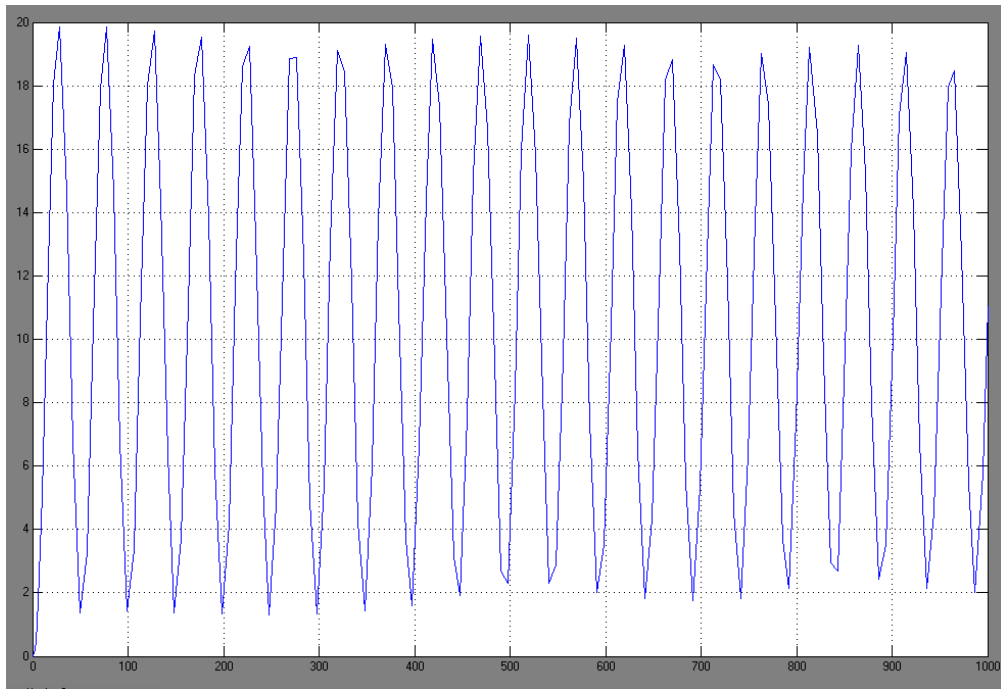


Рис. 3..2.1. Перехідний процес АСР з П-регулятором на межі ($K_p(\text{крит.})=5,6$)

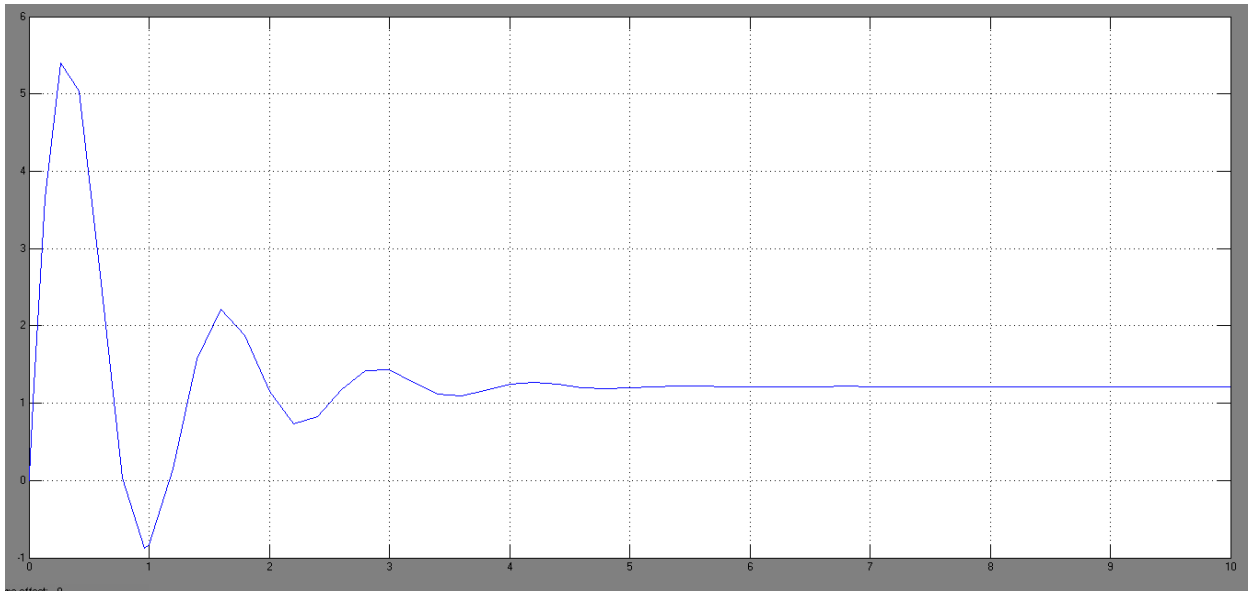


Рис. 3.2.2. Перехідний процес АСР з ПІД-регулятором.

$$\psi = (-A3)/A1 = (4 - 0,9)/4 = 0,77; \quad A1 = X1_{\max} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \Delta X_{\text{ст}} = 0,085 \text{ } ^\circ\text{C};$$

бачимо по графіках перехідного процесу, що якісні показники в ПІД-кращі, через меншу статичну похибку, та затухаючий перехідний процес. Динамічна в нейрорегулятора менша.

Порівняння регуляторів

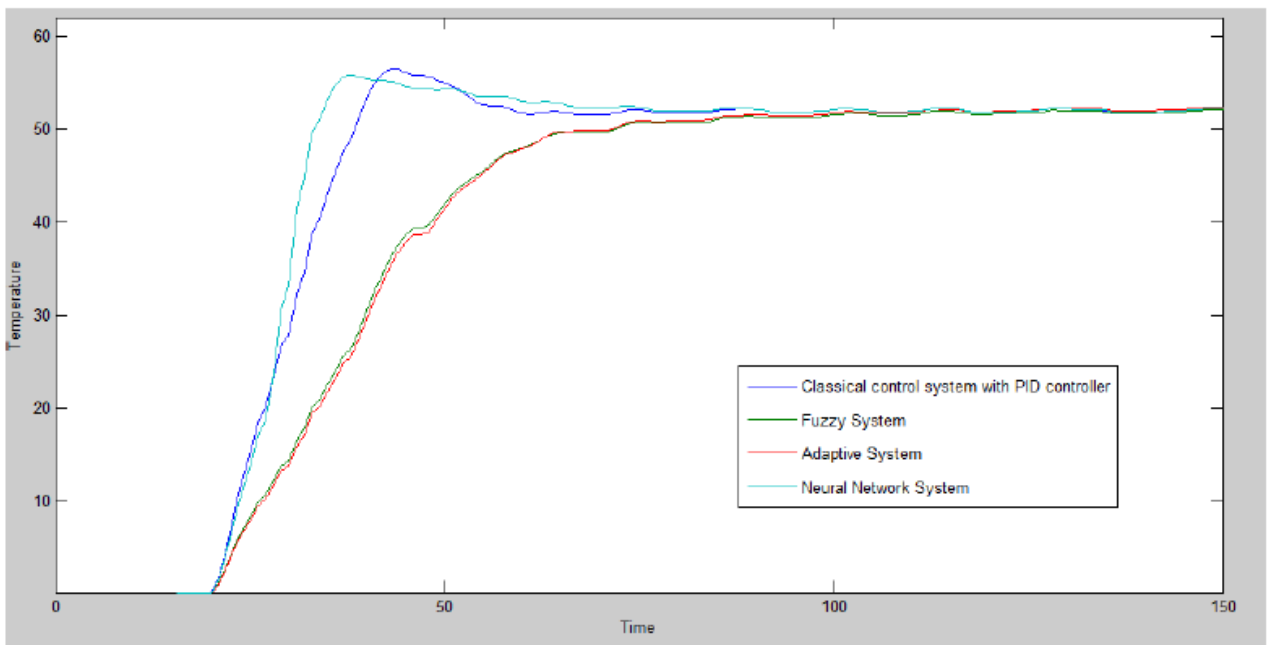


Рис. 3.3.2.. Графіки перехідних процесів

Результати моделювання

	АСР з ПІД-регулятором	АСР с fuzzy-регулятором	Адаптивна АСР з нечітким блоком адаптації	АСР зі спеціалізованим нейронним керуванням
Перерегулювання, %	8,5%	0,3%	0,82%	7,2%
Тривалість перехідного процесу, с	64	97	97	67
Інтегральний показник якості	173,99	211,72	214,27	171,68

Із таблиці та графіків можна зробити висновки:

1. Найшвидше на заданий режим виходить АСР з -регулятором, найповільніше – АСР з нечітким регулятором, що може бути з необхідністю оптимізації функцій належності чи збільшення кількості термів.

2. перерегулювання спостерігають у АСР з ПІД-регулятором, причому налаштування здійснювалося , тобто покращити цей результат суттєво неможливо. Найменше перерегулювання – у з fuzzy-регулятором, що пояснюється повільним та поступовим виходом на режим, без стрибків. Такий самий результат показує і адаптивна система рахунок виистання нечіткої моделі в якості блоку адаптації.

3. Інтегральний якості найменший у АСР зі спеціалізованим нейронним керуванням, що вказує найменшу похибку керування; найгірший показник – у АСР з -регулятором.

Тобто найкращі якісні показники має система із нерорегулятором.

Висновок За збільшення кількості епох з 100 до 200 зменшується статична при зміні завдання. Тобто спостерігаємо єдність розв'язків при зміні завдання умов навчання нейромережі.

3.4. Розробка та моделювання ІСК

Фільтр- має динамічну систему з декількома взаємопов'язаними вхідними величинами. Зате явно спрямованість контурів регулювання за основними каналами регулюючих дій, таких як сиропу, пудри, температури сиропу, тиск в апараті, рівень в апататі, гріючої пари, в'язкість в апараті які дозволяють здійснювати стабілізацію регульованих за допомогою незалежних одно

контурних систем, пов'язаних лише через об'єкт . Необхідно спрогнозувати витрату затору в залежності від вхідних даних, таких швидкість обертів валу двигуна фільтруючої тканини, тиску повітря на механізм

За основу взято шість вхідних змінних:

PE1: 0-1 МПа.) – тиск повітря до механізму зажиму;

: [(0-30) об/год] – обертів валу двигуна фільтруючої тканини;

T1: [(0-)С] – гарячої води в збірнику-змішувачі;

: [(0-500)С] - температура затору;

: [(0-300)С] - температура затору на ;

Вихідна змінна:

F1: [(0-100)./год.] - витрата затору в фільтр-прес;

В виистовуються трикутні функції належності. Нечіткі змінні: низька, нижче норми, , вище норми, висока.

В протоколі роботи зафіксувати правила нечіткого , поверхні відгуку бази знань та зробити відповідні висновки.

3.4.1. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних

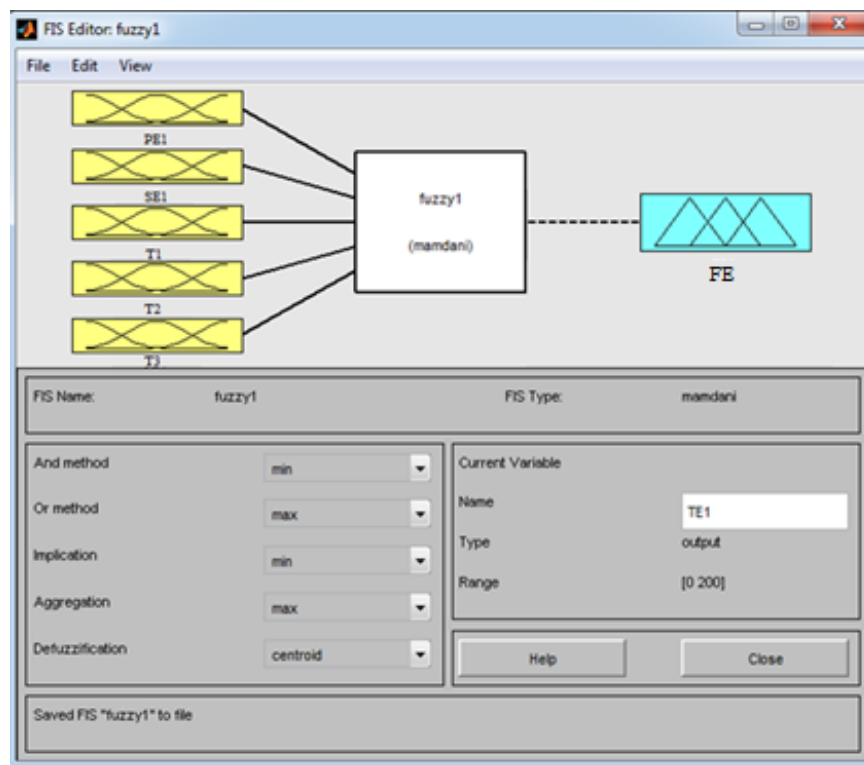


Рисунок 3.1 Параметрична структура підсистеми (нечіткого висновку)

Настроювання функції належності

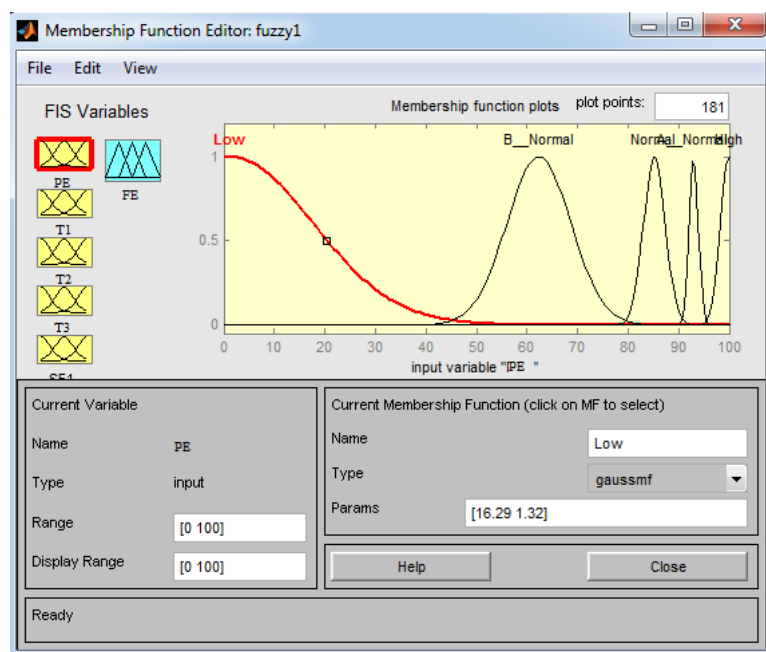
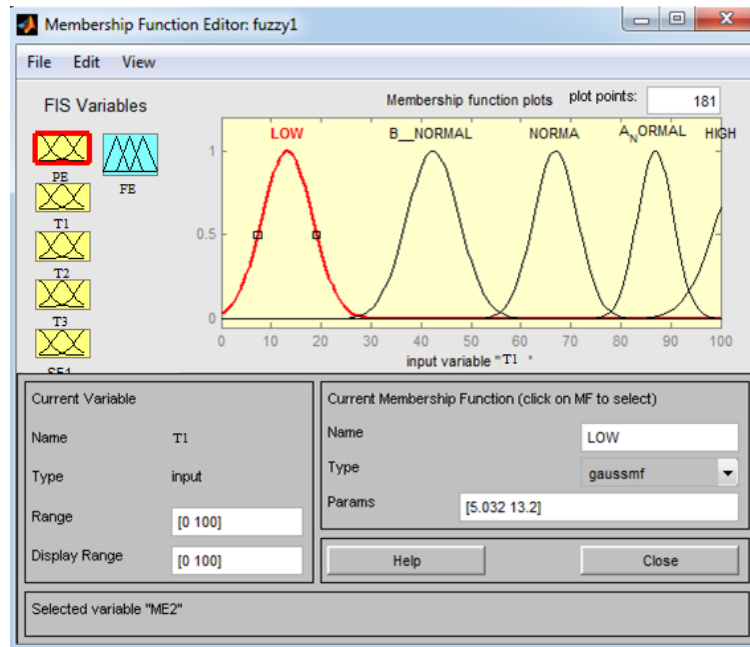


Рисунок 3.2 – Вікно редагування функції належності (повітря на механізм зажиму)

Виділяємо курсором миші функцію належності в нижній частині вікна змінюємо в зоні параметрів Current Variable Range (ряд) і Display Range (ряд, що) - діапазон змінювання вхідного параметру. Як правило, це мінімальне і значення параметру.

Лінгвістичні поняття	Тиск, бар		
Низька LOW)	16,29	1,32	
норми (B_NORMAL)	6,34	,35	
Норма (NORMAL)	2,	85,2	
Вище норми (ANORMAL)	0,89	93	
Висока HIGH)	1,68	100	



3.3 - Вікно редагування функції належності (температура води в змішування)

Лінгвістичні поняття	Температура, С		
Низька LOW)	5,032	13,2	
норми (B_NORMAL)	5,22	,7	
Норма (NORMAL)	4,	66,9	
Вище норми (ANORMAL)	3,6	86,9	
(HIGH)	6,4	105,8	

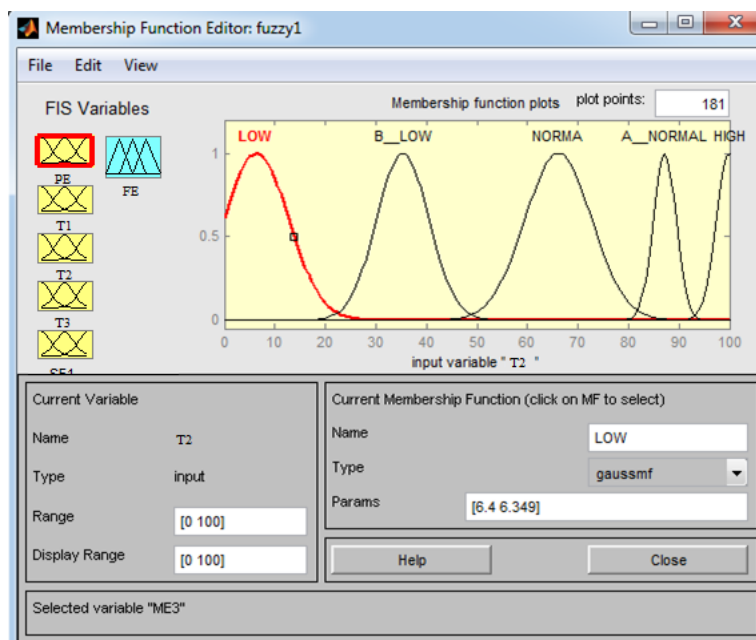


Рисунок 3.4 - Вікно редагування функцій належності (затору на вході)

Лінгвістичні поняття	Температура, С		
Низька (LOW)	6,4	6,3	
Нижче норми (B_NORMAL)	5,17	35,32	
Норма (NORMAL)	6,6	66,1	
Вище норми (A_NORMAL)	2,25	87,16	
Висока (HIGH)	2,58	100	

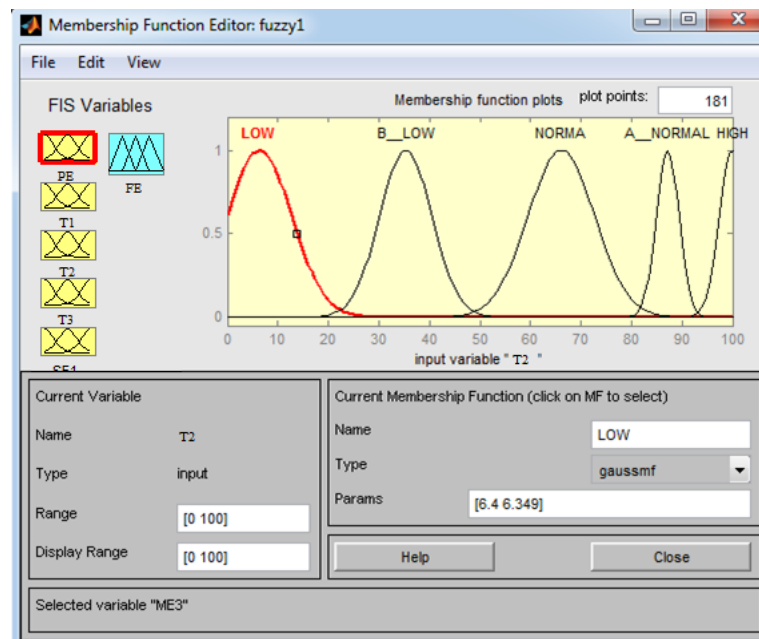


Рисунок 3.4 - Вікно редагування функцій належності (Температура затору на виході)

Лінгвістичні поняття	Температура, С		
Низька (LOW)	6,4	6,3	
Нижче норми (B_NORMAL)	5,17	35,32	
Норма (NORMAL)	6,6	66,1	
Вище норми (A_NORMAL)	2,25	87,16	

Висока (HIGH)	2,58	100	
---------------	------	-----	--

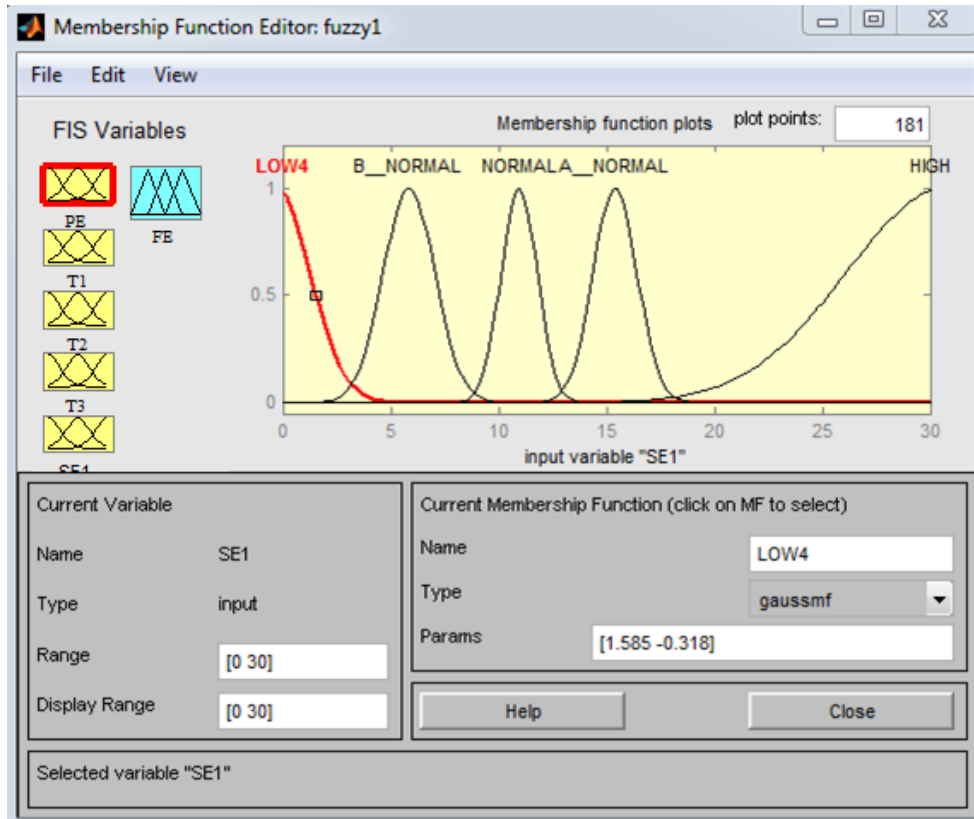


Рисунок 3.5 - Вікно редагування функцій належності (швидкість обертів валу двигуна)

Лінгвістичні поняття	Шв.обертів, об/хв.		
Низька (LOW)	1,58	0	
Нижче норми (B_NORMAL)	1,2	5,85	
Норма (NORMAL)	0,83	10,96	
Вище норми (A_NORMAL)	1,02	15,4	
Висока (HIGH)	4,69	30,7	

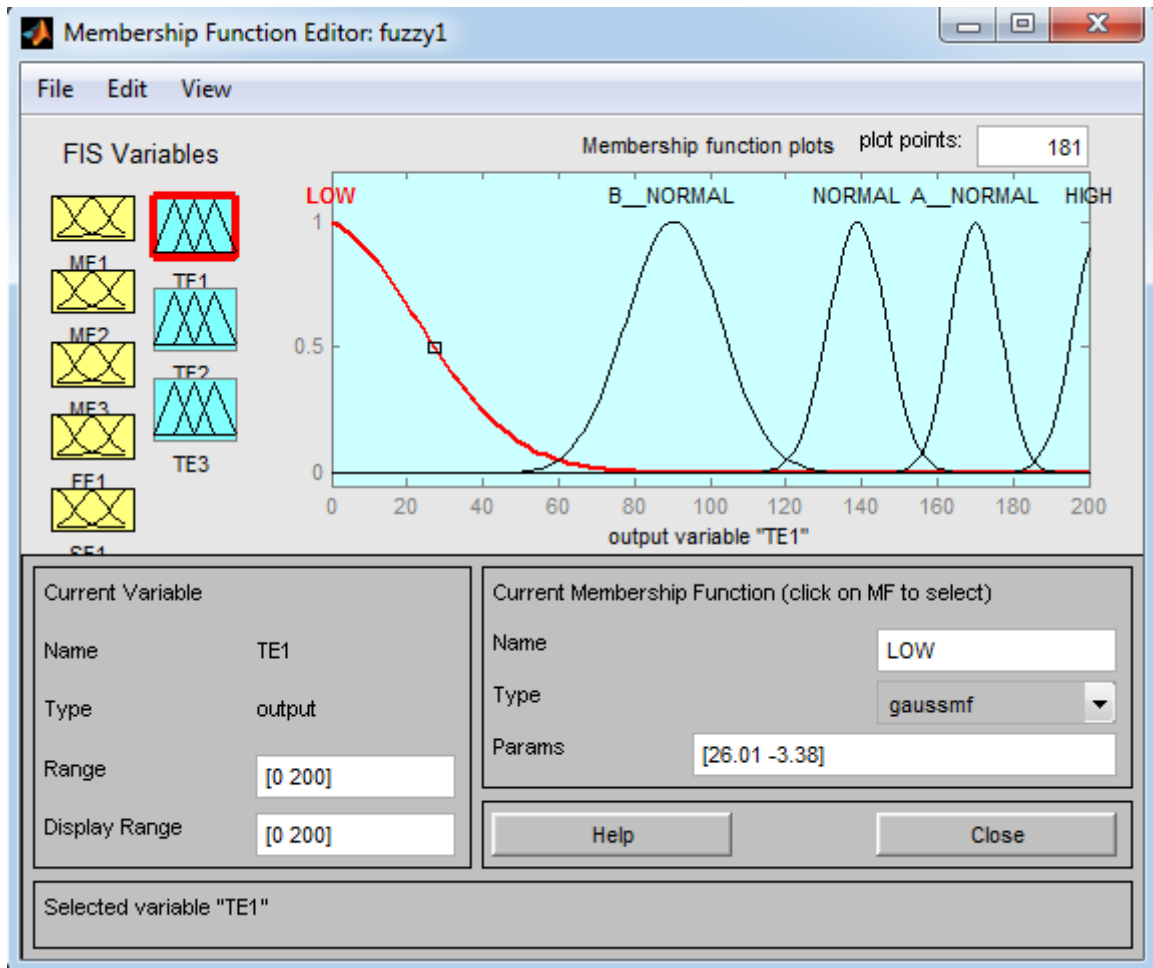


Рисунок 3.6 - Вікно редагування функцій належності (витрата затору в апарат)

Лінгвістичні поняття	Витрата л/хв		
Низька (LOW)	26,01	0	
Нижче норми (B_NORMAL)	12,5	90,29	
Норма (NORMAL)	7,62	138,9	
Вище норми (A_NORMAL)	6,38	170	
Висока (HIGH)	7,1	203,3	

3.4.2. Розробка бази правил для нечіткої системи. результатів роботи системи

В головному вікні FISEditor в меню →Rules... відкриється вікно RuleEditor. Це вікно також подвійним натисканням лівої клавіші миші на центральному білому прямокутнику. В вікні визначаються нечіткі правила поведінки системи, що створюється (рис. .4.1).

Для перегляду результату роботи системи (підсистеми нечіткої логіки в головному вікні FISEditor обирають в меню команду Rules – графічне відображення роботи алгоритму нечіткого висновку (.3.4.2) або команду Surface – відображення поверхні (рис.3.4.3).

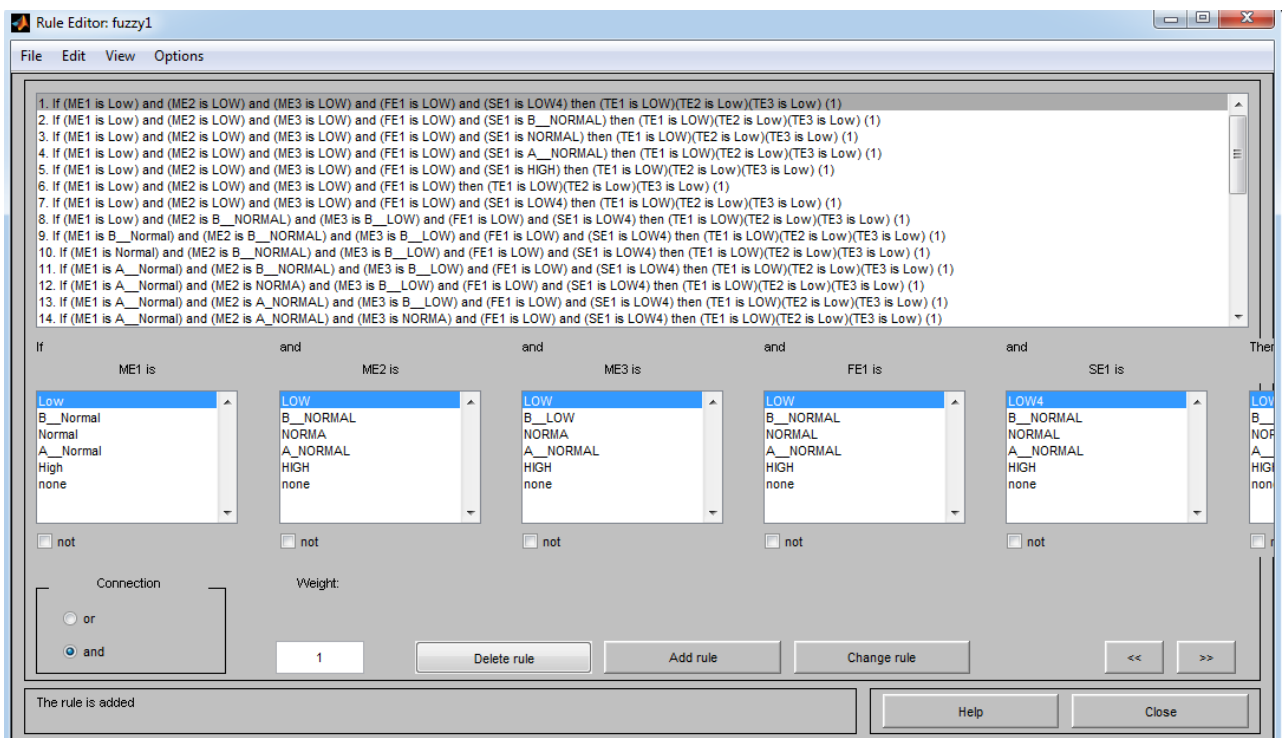


Рис.3.4. Графічне відображення роботи алгоритму нечіткого висновку. Вікно редагування правил нечіткого .

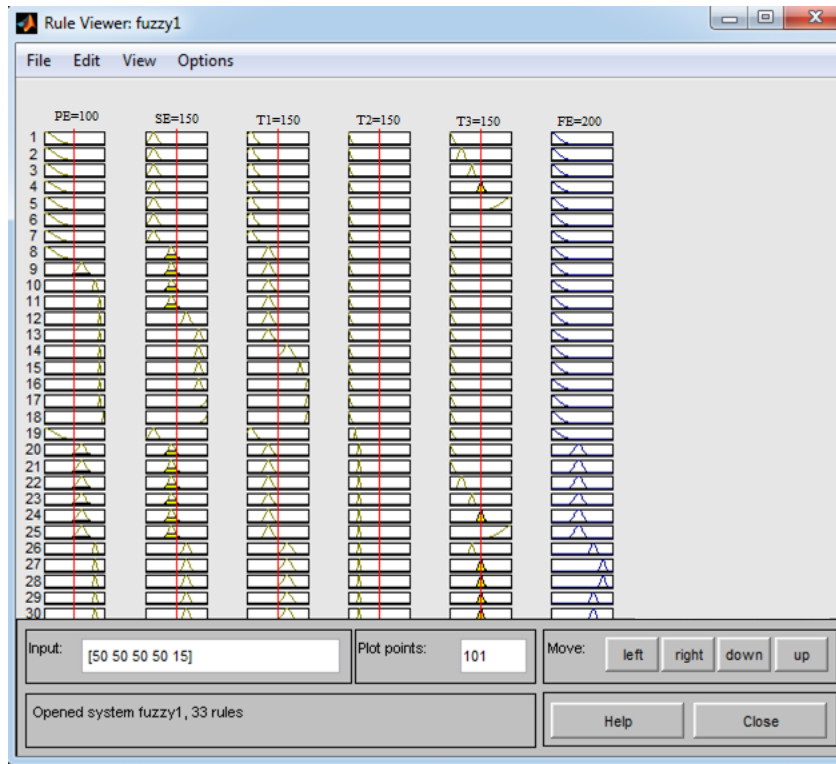


Рисунок 3.4.2 – Вікно графічного відображення роботи нечіткого висновку

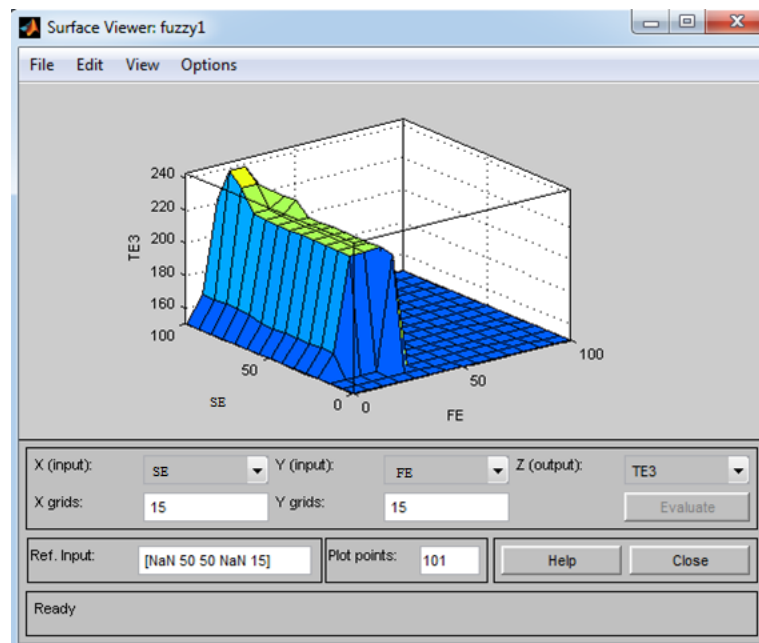
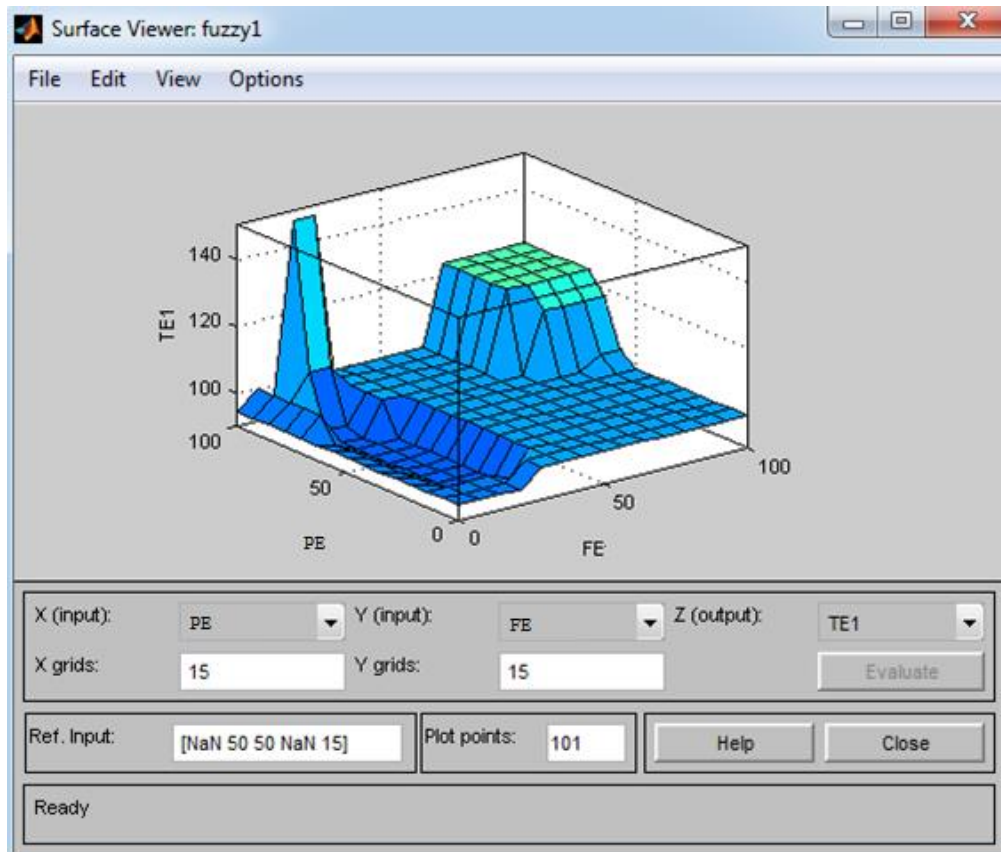


Рисунок 3.4.3 – Вікно відображення відгуку залежності витрати затору від температури затору обертів двигуна



3.4.5 – Вікно відображення поверхні відгуку залежності витрати від тиску повітря на механізм зажиму

3.5 Побудова нечіткого

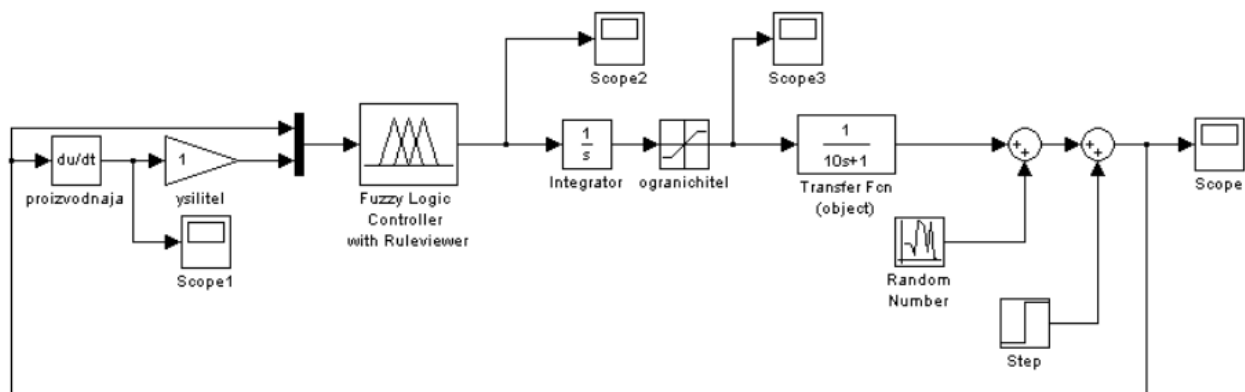


Рис.3.5.1 Схема ОУ з нечітким регулятором 5 правил).

Якщо схема створена правильно, то яка б не задана початкова температура, система з часом повинна підібрати оптимальну температуру,

яку входить функціональна приналежність NORMAL до перемінної «витрата».

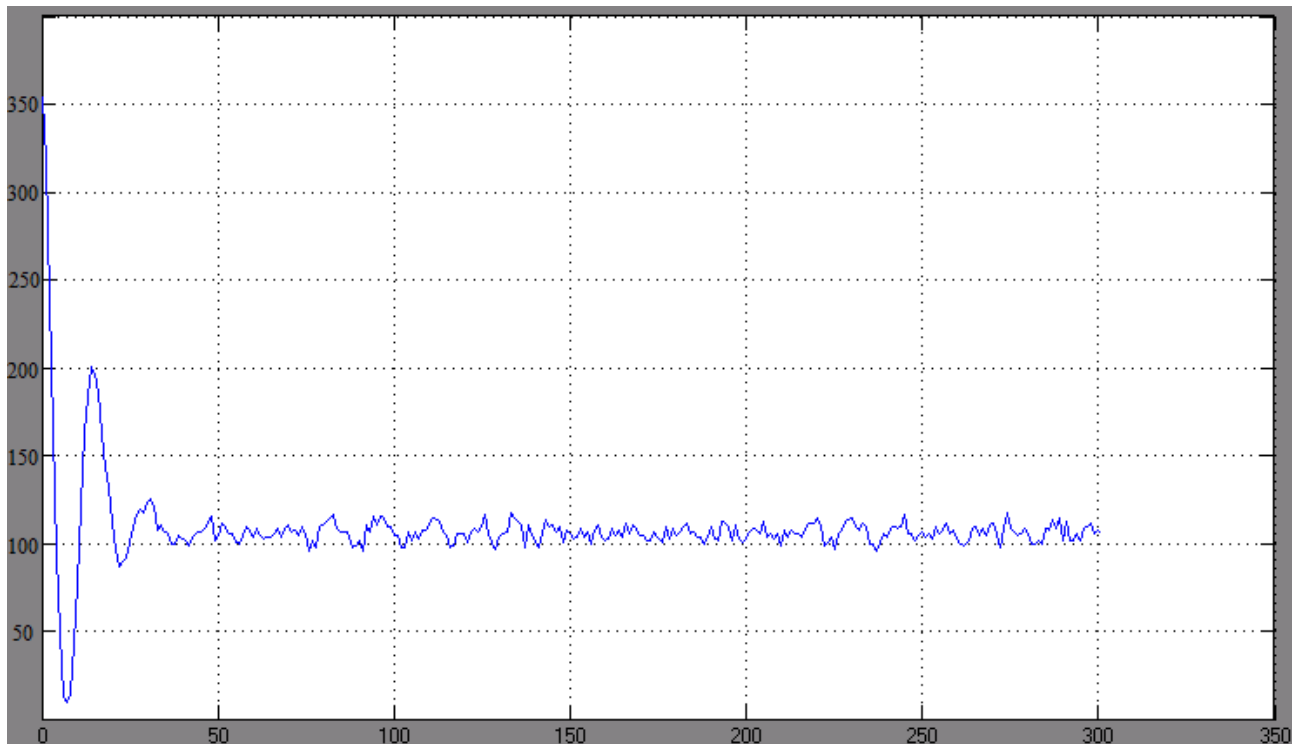


Рис.3.5.2. Зміна витрати в залежності від завдання

Рис. 3.5.3 Візуалізація нечіткого логічного виводу для системи Сугено

Визначено лінгвістичну апроксимацію параметрів, сформовані правила нечіткого висновку. роботи відображено за допомогою графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку.

В даному проекті було створено нечітку систему логічного висновку управління витратою затору в фільтр-прес. Основні етапи побудови систем управління на основі нечіткої логіки. З аналізу процесу було визначено входів та 1 вихід процесу.

Функція належності являє собою оцінку, що показує наближене відтворення числового діапазону до лінгвістичного поняття. вхідних параметрів виистовувалися такі функції належності: «низька», «нижче норми», «норма», «вище норми», «>>>», а для вихідного: «низька», «нижче », «норма», «вище норми», «>>висока В роботі виистано гаусівську функцію належності і алгоритм Мамдані, приведення чіткості приводиться центроїдним методом.

ВИСНОВОК

В даному проекті було створено нечітку систему логічного висновку для управління витратою затору в фільтр-прес. Основні етапи побудови систем інтелектуального управління на основі нечіткої логіки. З аналізу процесу було визначено 3 входів та 1 вихід процесу.

Функція належності являє собою імовірнісну оцінку, що показує наближене відтворення числового діапазону до лінгвістичного поняття. Для входних параметрів використовувалися такі функції належності: «низька», «нижче норми», «норма», «вище норми», «»висока», а для вихідного: «низька», «нижче норми», «норма», «вище норми», «»висока». В роботі використано гаусівську функцію належності і алгоритм Мамдані, приведення до чіткості приводиться центроїдним методом.

Список використаної літератури

1. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації / А.К.Бабіченко. – Харків.: НТУ «ХПІ», 2001. – 470 с.
2. Дорф Р. Сучасні системи управління / Р. Дорф, Р. Бишоп – М.: Лабораторія Базових Знань, 2002. – 832 с.
3. Дейнеко Л. В. Розвиток харчової промисловості України в умовах ринкових перетворень / Л. В. Дейнеко. – К. : Знання, 1999. – 331 с
4. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. – К.:Вид.-во "Ліра-К", 2011. - 552 с.
5. Трегуб В. Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації: Навч. посібник – К., 1990. – 80 с.
6. Основи проектування систем автоматизації з елементами САПР: Метод. вказівки до практичних занять для студ. напряму 0925 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: В.Г. Трегуб. – К.:НУХТ, 2008. – 67 с.
7. Основи проектування систем автоматизації з елементами САПР: Метод. вказівки до практичних занять для студ. напряму 0925 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: В.Г. Трегуб. – К.:НУХТ, 2008. – 67 с.
8. Проектування комп'ютерно-інтегрованих систем: Метод. вказівки до викон. курс. проекту для студ. спец. 7.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: О.М.Пупена К.: НУХТ, 2011. 45 с.
9. Людино-машинні інтерфейси: Метод. вказівки до виконан. курсової роботи для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: В.М. Кушков. – К.: НУХТ, 2010. – 15 с.

10. Контролери та їх програмне забезпечення: Метод. вказівки до виконання курс. проекту для студ. спец. 6.092500 “Автоматизоване управління технологічними процесами” і “Комп’ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва” ден. та заоч. форм навчання /Уклад.: І.В. Ельперін, О.М. Пупена, М.Д. Місюра, С.М. Швед - К.: НУХТ, 2008.- 36 с.
11. Державний нормативний акт про охорону праці ДНАОП 1.8.10. - 1.13 – 97. “Правила безпеки при виробництві солоду, пива та безалкогольних напоїв”. К.: 1997.
12. Каталог Siemens <https://www.siemens.com/ua/uk.html>
13. Каталог Schneider Electric <https://www.se.com/ua/uk/>
14. Каталог Schneider Electric <https://schneider.kiev.ua/>
15. Каталог <https://vipa.com.ua/>
16. Глибовець М.М. Штучний інтелект [Текст]: Підручник/ М.М. Глибовець, О.В. Олецький. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.
17. Дубровін В.І. Методи оптимізації та їх застосування в задачах навчання нейронних мереж [Текст]: Навчальний посібник/ В.І. Дубровін, С.О. Субботін. —Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. —136 с.
18. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем [Текст]: навчальний посібник/ Ю.П. Зайченко. — К.: Слово, 2004. — 352 с.
19. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи [Текст]: конспект лекцій для студ. напряму 0925 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч./ В.Д. Кишенько – К.:НУХТ, 2008. –133 с.
20. Куссуль Н.М. Інтелектуальні обчислення [Текст]: навч. посібник/ Н.М. Куссуль., А.Ю. Шелестов., А.М. Лавренюк. –К.: “Наукова думка”, 2006. — 186 с.
21. Литвин В. В. Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень [Текст]/ В. В. Литвин . — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. —240 с.
22. Ободан Н.І. Створення інтелектуальної системи [Текст]: навч. посібник /

- Н.І. Ободан, Н.А. Гук ; Дніпропетр. нац. ун-т. — Д., 2001. — 84 с.
24. Інтернет ресурс <http://www.yahoo.com>
25. Інтернет ресурс <http://intl-jb.asm.org>, Biotechnology and Applied
26. Інтернет ресурс <http://bab.portlandpress.com>)
27. Інтернет ресурс Державне підприємство "Український інститут промислової власності"
(Укрпатент) <http://www.ukrpatent.org>,
28. Інтернет ресурс Державний департамент інтелектуальної власності
<http://www.sdip.gov.ua>
29. S. Peresada, S. Kovbasa, V. Bovkunovich “Comparison study of the vector and voltage-frequency torque control in the electromechanical systems of the electrical transportation” // Proc. of the Kremenchug State University, 2009, no. 4, Vol. 1, p. 13-16.
30. Serre T., Wolf L., Poggio T. Object recognition with features inspired by visual cortex // Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, USA, 2005. V. 2. P. 994–1000.
31. Gujjar H.S., Siddappa M. Recognition and classification of different types of food grains and detection of foreign bodies using neural networks // International Journal of Computer Applications. 2014. P. 12–17.
- [19] Yao B., Khosla A., Fei-Fei L. Combining randomization and discrimination for fine-grained image categorization // Computer Vision and Pattern Recognition. 2011. P. 1577–1584. doi: 10.1109/CVPR.2011.5995368 118
32. Ciresan D., Meier U., Schmidhuber J. Multi-column deep neural networks for image classification // Computer Vision and Pattern Recognition. 2012. P. 3642–3649. doi: 10.1109/CVPR.2012.6248110
33. Korytkowski M., Rutkowski L., Scherer R. Fast image classification by boosting fuzzy classifiers // Information Sciences. 2016. V. 327. P. 175–182. doi: 10.1016/j.ins.2015.08.030

34. Xingha Y., Weifeng L., Dapeng T., Jun C. Canonical correlation analysis networks for two-view image recognition // *Information Sciences*. 2017. V. 385–386. P. 338–352. doi: 10.1016/j.ins.2017.01.011
35. Panda P., Ankit A., Wijesinghe P., Roy K. FALCON: feature driven selective classification for energy-efficient image recognition // *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*. 2017. V. PP. N 99. P. 1–13. doi: 10.1109/tcad.2017.2681075
36. Stepinski T., Niesterowicz J., Stepinski J. Pattern-based regionalization of large geospatial datasets using complex object-based image analysis // *Procedia Computer Science*. 2015. V. 51. N 1. P. 2168–2177. doi: 10.1016/j.procs.2015.05.491
37. Romei A., Ruggieri S. A multidisciplinary survey on discrimination analysis // *Knowledge Engineering Review*. 2014. V. 29. N 5. P. 585–638. doi: 10.1017/S0269888913000039
38. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Курс лекцій / В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2007.- 42 с.
39. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник./ О.М. Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк – К.: Вид-во "Ліра-К", 2011. – 552 с.
40. Методичні вказівки до проектування принципів схем мікропроцесорних систем автоматизації при виконанні курсового проекту студентами спеціальності 21.03.05 денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.В. Г. Трегуб, І. В. Ельперін, А. О. Карнаух. – К.:УДУХТ, 1994. – 35с.
41. Методичні вказівки до проектування пунктів управління мікропроцесорних систем автоматизації у курсовому проектуванні для студентів спеціальності 21.03.05 денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.В. Г. Трегуб. – К.: КТІХП, 1993. – 36 с.
42. Монтаж засобів вимірювань і автоматизації: Справ. / Под ред. А. С. Ключова. – 3-е вид., перероб. і доп. – М.: Енергоатомвидав, 1988. – 728 с.

43. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Довідковий посібник / Під ред. А. С. Ключова. – 2-е вид., перероб. і доп – М.: Енергоатомвидав, 1990. – 464 с.
44. Проектування систем автоматизації. Програмне забезпечення комп'ютерно-інтегрованих технологій. Метод.вказівки до розробки програмного забезпечення беззахисних пунктів управління у курсовому проектуванні для студентів спец. 7.0925.01 та 7.0925.02 денної та заочної форм навчання / Уклад.: І.В.Ельперін, В.Г.Трегуб, А.П.Ладанюк, В.М.Кушков, В.В.Авдєєнко. – К.: УДУХТ, 1997. – 44 с.
45. Технічні засоби автоматизації хімічних виробництв: Справ. / В. С. Балакирев, Л. А. Барський, А. В. Бугров і др. – М.:Хімія, 1991. – 272 с.
46. Трегуб В . Г., Ладанюк А. П., Плужников Л. Н. Проектування, монтаж і експлуатація систем автоматизації в харчовій промисловості: Агропромвидав, 1991. – 352 с.
47. Трегуб В . Г., Ладанюк А. п. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації харчових виробництв. – М., 1982. – 352 с.
48. Трегуб В . Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації: Навч. посібник – К.: НМК ВО, 1990. – 80 с.
49. Adair, J. (2003). *Effective Motivation How to Get Extraordinary Results from Everyone*. Pan Books Limited.
50. Back, K., & Back, K. (1999). *Assertiveness at Work A Practical Guide to Handling Awkward Situations*. McGraw-Hill Publishing.
51. Berne, E. (1985). *Games People Play*. Penguin UK.
- Bloom, M. (2005). *The Independent Guide to Bullying and Stress in the Workplace*. First Law.
52. Bourne, M., & Bourne, P. (2003). *Change Management in a Week*. Hodder & Stoughton.
53. Brinkman, R., & Kirschner, R. (2002). *Dealing with People you Can't Stand*. McGraw Hill.

54. Browning, G. (2003). *Grass Roots Management*. Prentice Hall.
- Buckingham, M., & Clifton, D. (2002). *Now, Discover Your Strengths*. Free Press.
55. Carnegie, D. (1990). *How to Stop Worrying and Start Living*. Vermilion.
- Covey, S. (1999). *The 7 Habits of Highly Effective People*. Simon & Schuster.
56. Crother, C. (2004). *Catch! A Fishmongers Guide to Greatness*. Berrett-Koehler Publishers.
57. Dann, J. (2007). *Emotional intelligence*. Hodder Education.
- Dell, T. (1993). *Motivating at Work - Empowering Employees to Give Their Best*. Crisp Publications.
58. Doherty, N., & Guyler, M. (2008). *The Essential Guide to Workplace Mediation & Conflict Resolution*. Kogan Page Publishers.
59. Elkin, A. (1999). *Stress Management for Dummies*. Wiley Publishing.
- Field, T. (1996). *Bully in sight*. Success Unlimited.
60. Glouberman, D. (2003). *The Joy of Burnout*. Hodder.
- Goldacre, B. (2009). *Bad Science*. Harper Collins Publishers.
61. Goleman, D. (1996). *Emotional intelligence; Why it can matter more than IQ*. Bloomsbury Publishing.