

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

другий (магістерський)

рівень вищої освіти

Розробка адаптивного управління промисловими роботами для

безперервного виробництва

(тема)

Виконав:

студент

2 курсу, гр. АУТПм-19-1

Антонович Д.Г.

(прізвище, ініціали)

Спеціальності

151 Автоматизація та

комп'ютерно-інтегровані технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми

освітньо-професійний

Освітня програма

Автоматизоване управління

технологічними процесами

(повна назва освітньої програми)

Керівник

проф. Омаров М.А.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І.Ш.

(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра	Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми	освітньо-професійний
Освітня програма	Автоматизоване управління технологічними процесами

(код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові _____ Антоновичу Данилу Геннадійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Розробка адаптивного управління промисловими роботами для безперервного виробництва

затверджена наказом по університету від «02» __11__ 2020 р. №1510 Ст

2. Термін подання студентом роботи (проекту) 12.12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи (проекту) 3.1 Промисловий робот з маніпулятором;

3.2 Сферична система координат з радіусом робочої зони 1,2 м.;

3.3 Адаптивна система керування;

3.4 Параметризація;

3.5 Нечітка логіка;

3.5 Метод Л. Заде.

4. Зміст пояснювальної записки (переліки питань, що потрібно розробити)

4.1 Вступ;

4.2 Сучасний стан адаптивного процесу управління промисловими роботами;

4.3 Адаптація структури і алгоритм управління промисловими роботами;

4.4 Теоретичний огляд застосування параметричної моделі;

4.5 Розробка моделі прийняття рішень на основі нечіткої логіки;

4.6 Висновки;

4.7 Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 9 с. формату А4

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Сучасний стан адаптивного процесу управління промисловими роботами	05.11.20	виконав
2	Адаптація структури і алгоритм управління промисловими роботами	11.09.20	виконав
3	Теоретичний огляд застосування параметричної моделі	20.10.20	виконав
4	Розробка моделі прийняття рішень на основі нечіткої логіки	30.11.20	виконав
5	Охорона праці	02.12.20	виконав
6	Оформлення пояснювальної записки	06.12.20	виконав
7	Подання роботи до ЕК	12.12.20	виконав

Дата видачі завдання 02 листопада 2020 р.

Студент _____ Антонович Д.Г.
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Омаров М.А.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 68 с., 23 рис., 1 додатки, 18 джерел.

АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ, ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ, СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, СТРУКТУРНА СХЕМА, АЛГОРИТМ, ПАРАМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, ЛІНГВІСТИЧНА МОДЕЛЬ, ФУНКЦІЯ ПРИНАЛЕЖНОСТІ.

Об'єкт дослідження – адаптивне управління промисловими роботами для безперервного виробництва.

Предмет дослідження – технічні параметри адаптивного управління промисловими роботами для безперервного виробництва.

Мета дослідження – підвищення продуктивності та якості, в умовах адаптивного управління промисловими роботами для безперервного виробництва.

В роботі досліджені види, структура та методи управління сучасними промисловими роботами для безперервного виробництва. Проведено поглиблений аналіз структури адаптивного управління, а також алгоритм їх роботи. Детально описані принципи і рівні адаптивного управління. Приведені ієрархічна та варіаційна параметричні моделі основних взаємодіючих елементів адаптивного управління промисловими роботами, а також система підтримки прийняття рішень на основі принципів нечіткої логіки. Наведені розрахунки з охорони праці.

ABSTRACT

Explanatory note: 68 p., 23 pic., 1 annexes, 18 sources.

ADAPTIVE CONTROL, INDUSTRIAL ROBOTS, DECISION MAKING SUPPORT SYSTEM, BLOCK DIAGRAMS, ALGORITHMS, PARAMETRIC MODELS, FUZZY LOGIC, LINGUISTIC MODEL, MEMBERSHIP FUNCTION

The object of study – adaptive control of industrial works for continuous production.

The subject of research – technical parameters of adaptive control of industrial works for continuous production.

The purpose of the study – to increase productivity and quality, in terms of adaptive management of industrial work for continuous production.

The types, structure and methods of control of modern industrial works for continuous production are investigated in the work. An in-depth analysis of the structure of adaptive control, as well as the algorithm of their work. The principles and levels of adaptive management are described in detail. Hierarchical and variational parametric models of the main interacting elements of adaptive control of industrial works, as well as a decision support system based on the principles of fuzzy logic are presented. Calculations on labor protection are given.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	7
Вступ.....	8
1 Сучасний стан адаптивного процесу управління промисловими роботами	10
1.1 Класифікація сучасних промислових роботів	10
1.2 Структура промислових роботів	12
1.3 Методи управління промисловими роботами	19
1.4 Система підтримки прийняття рішень	23
1.5 Висновки по розділу	26
2 Адаптація структури і алгоритм управління промисловими роботами	27
2.1 Принципи адаптивного управління	27
2.2 Структурна схема інформаційної моделі	29
2.3 Узагальнена структурна схема системи адаптивного управління промисловими роботами	30
2.4 Алгоритм роботи системи адаптивного управління промисловими роботами	33
2.5 Висновки по розділу	35
3 Теоретичний огляд застосування параметричної моделі	36
3.1 Параметричне моделювання	36
3.2 Адаптація ієрархічної параметричної моделі	37
3.3 Адаптація варіаційної параметричної моделі	39
3.4 Висновки по розділу	44
4. Розробка моделі прийняття рішень на основі нечіткої логіки	45
4.1 Застосування методу нечіткої логіки	45
4.2 Методи побудови функцій належності	49
4.3 Опис параметрів елементів моделі на основі принципів нечіткої логіки.....	52

4.4 Розробка моделі системи підтримки прийняття рішень	62
4.5 Забезпечення безпечних умов праці при проведенні досліджень	63
4.6 Висновки по розділу	65
Висновки	66
Перелік джерел посилання	68
Додаток А Презентаційний матеріал	70

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

ПР – промисловий робот;

РУ – рівень управління;

САПР – система автоматизованого проектування;

СППР – система підтримки прийняття рішень.

ВСТУП

На даний час промислові роботи (ПР), як основні засоби заміни ручної праці, стали невід'ємною частиною автоматизованих виробництв різного об'єму випуску, номенклатури і навіть галузі виробництва. Удосконалення управління ними має велике практичне значення для економіки України.

Розробка алгоритмів управління складними технічними об'єктами, до яких відносяться ПР, є складним завданням, з огляду на труднощі отримання їх адекватної динамічної моделі. На точність динамічної моделі впливають багато чинників; тертя, невизначеність таких параметрів, як моменти інерції, центр мас, опір повітря і т.д. Відомі алгоритми управління для подібних об'єктів дозволяють працювати ефективно в досить вузьких діапазонах зміни параметрів об'єкта. Облік широкої зміни параметрів вимагає адаптивного підходу при формуванні алгоритмів управління, відповідно, більш докладної моделі об'єкта.

Однією з основних характеристик ПР є наявність захвату, здатного тримати допоміжний інструмент, сам об'єкт управління – різні деталі та заготовки, та виступати в ролі додаткового інструменту – фрези, паяльного або зварювального елемента і т.д. Принципи адаптивного управління, які отримали найбільш широке поширення при реалізації ділянок із застосуванням ПР, вимагають розробки відповідного математичного забезпечення, особливо моделей прийняття рішень в нечітких (що змінюються) умовах навколишнього середовища і можливої зміни об'єктів впливу.

Виходячи з вище сказаного, тема атестаційної роботи є актуальною.

Метою роботи є підвищення продуктивності та якості, в умовах адаптивного управління промисловими роботами для безперервного виробництва.

Для реалізації поставлених цілей необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз предметної області, існуючих ПР і їх систем і методів управління;

- дослідити структуру і принципи адаптивного управління ПР;
- дослідити алгоритми адаптивного управління ПР;
- створити параметричну модель основних елементів системи;
- дослідити застосування принципів нечіткої логіки в умовах адаптивного управління ПР;
- дослідити методи побудови функцій приналежності;
- описати параметри елементів моделі за допомогою лінгвістичних змінних;
- на основі отриманих моделей і лінгвістичних змінних розробити модель прийняття рішень для систем адаптивного управління ПР;
- виконати розрахунки з охорони праці.

При створенні пояснювальної записки були використані методичні вказівки з «Розробки і оформлення магістерської атестаційної роботи» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітні програми: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» [1] та ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення» [2].

1 СУЧАСНИЙ СТАН АДАПТИВНОГО ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМИ РОБОТАМИ

1.1 Класифікація сучасних промислових роботів

ПР – це автоматична машина, стаціонарна або мобільна, що складається з виконавчого пристрою у виді маніпулятора, який має кілька ступенів рухливості, та пристрою який змінює програму програмного управління для виконання рухових і управляючих функцій у виробничому процесі [3-5].

Класифікація промислових роботів виконується за низкою ознак. За характером операцій які виконуються ПР підрозділяють на три групи:

- виробничі або технологічні – призначені для основних операцій технологічних процесів;
- підйомно-транспортні, або допоміжні – виконують дії типу «взяти-перенести-покласти»;
- універсальні, призначені для різних операцій - основних і допоміжних.

За спеціалізацією ПР підрозділяють на:

- спеціальні – що виконують суворо певні технологічні операції або обслуговуючі конкретні моделі технологічного обладнання;
- спеціалізовані, або цільові – призначені для виконання технологічних операцій одного виду або для обслуговування певної групи моделей технологічного обладнання, об'єднаних спільністю маніпуляційних дій;
- універсальні, або багатоцільові – орієнтовані на виконання як основних, так і допоміжних технологічних операцій різних видів і з різними групами моделей технологічного обладнання [4].

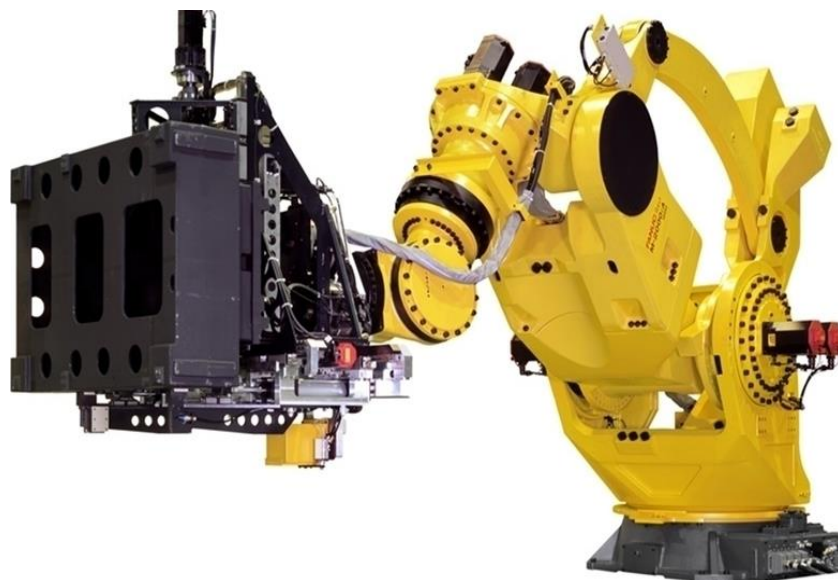
На рисунку 1.1 наведені приклади деяких ПР.



а



б



в

а – ПР пантограф; *б* – ПР зварювання;
в – ПР для виконання складальних операцій

Рисунок 1.1 – Приклади деяких ПР

Системи основних координатних переміщень. За цією ознакою ПР діляться на системи з прямокутною, циліндричною, полярною й ангулярною системами координат.

За кількістю ступенів рухливості. ПР мають від трьох до шести і більше ступенів рухливості. Принципово трьох ступенів рухливості досить для

виведення кінцевої точки маніпулятора у будь-яку точку простору, який обслуговується роботом. Ще три ступені рухливості необхідні, щоб в цій точці здійснювати будь-яку кутову орієнтацію захватного пристрою або інструменту. Більше шести ступенів рухливості необхідно при обході будь-яких перешкод.

Параметри системи координат і числа ступенів свободи є надзвичайно важливими для реалізації систем управління ПР і задають функціональні обмеження та координати вкрай можливих точок положень.

За показником вантажопідйомність. ПР діляться на:

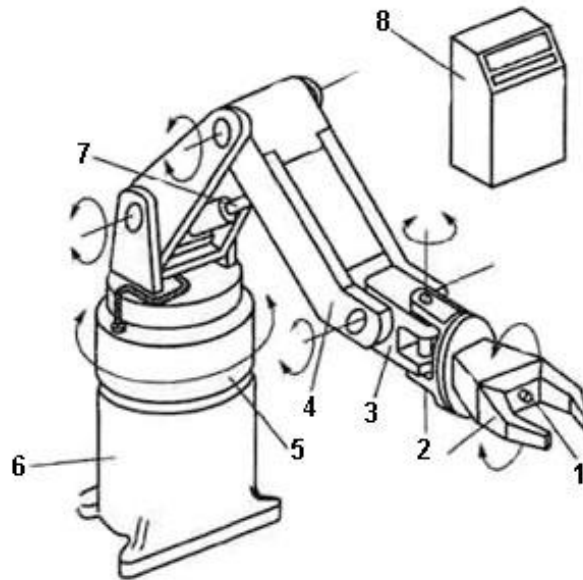
- надлегкі – до 1 кг;
- легкі – до 10 кг;
- середні – до 200 кг;
- важкі – до 1000 кг;
- надважкі – понад 1000 кг.

Конструктивне виконання. ПР виконують вбудованими в обладнання, підвісними та підлоговими.

За типом систем управління ПР діляться на три роду: програмні, адаптивні й інтелектуальні (з елементами штучного інтелекту). Всі вони мають властивість швидкого перепрограмування, причому у програмних роботів перепрограмування здійснюється людиною, після чого робот діє автоматично. У адаптивні ПР основи програми дії робота закладаються людиною, але сам робот має властивість в певних рамках автоматично перепрограмуватися в ході технологічного процесу в залежності від обстановки. Інтелектуальним роботам завдання до роботи вводиться людиною в більш загальній формі, а сам робот має можливість приймати рішення і планувати свої дії в невизначеній й мінливій обстановці, щоб виконати закладене в його пам'ять завдання [3,4].

1.2 Структура промислових роботів

Структура ПР складається з виконавчого пристрою у виді маніпулятора та пристрою програмного управління (рис. 1.2).



- 1 – датчик зворотнього зв'язку; 2 – захватний пристрій; 3 – кисть;
 4 – рука маніпулятора; 5 – колона; 6 – підтримна конструкція (основа);
 7 – привод руки; 8 – блок управляючого пристрою з пультом

Рисунок 1.2 – Структура ПР

Маніпулятор ПР призначений для виконання рухомих функцій при переміщенні об'єктів у просторі і є багатоланковим механізмом з розімкненим кінематичним колом. Конструктивно маніпулятор складається з несних конструкцій, виконавчих механізмів, захватного пристрою, приводу з передатними механізмами та пристрої пересування. Пристрій управління ПР необхідний для формування та видачі управляючих впливів маніпулятору відповідно до управляючої програми та конструктивно складається з власної системи управління, інформаційно-виміральної системи з пристроями зворотнього зв'язку та системи зв'язку. Несні конструкції служать для розміщення всіх пристроїв і агрегатів ПР, а також для забезпечення необхідної міцності та жорсткості маніпулятора. Несні конструкції виконують у виді основ, корпусів, стійок, рам, візків, порталів і т.п.

Виконавчий механізм – це сукупність рухливо сполучених ланок маніпулятора, призначених для впливу на об'єкт маніпулювання або середу, що обробляється.

Захватний пристрій – кінцевий вузол маніпулятора, що забезпечує захват і утримання в певному положенні об'єкт маніпулювання. Найбільш універсальним різновидом хватного пристрою є схват – пристрій, в якому захват і утримання об'єкту створюється за допомогою відносного переміщення частин даного пристрою. Як правило, схват за своєю конструкцією нагадує кисть людської руки: захват об'єкта здійснюється за допомогою механічних «пальців». Для захвату плоских предметів використовуються хватні пристрої з пневматичною присоскою. Застосовують також гаки (для підняття деталей з конвеєрів), черпаки або совки (для рідких, сипучих або гранульованих речовин). Для захвату ж безлічі однотипних деталей застосовують спеціалізовані конструкції (наприклад, магнітні хватні пристрої). Число застосувань промислових роботів, в яких схват використовується для утримання робочого інструменту, відносно невелике. У більшості випадків інструмент, потрібний для виконання технологічної операції, кріпиться безпосередньо до зап'ястка робота, стаючи його робочим органом. Це може бути пульверизатор для фарбування розпиленням, зварювальні кліщі для точкового зварювання, зварювальна головка для дугового зварювання, дисковий ніж, дріль, фреза, викрутка, гайковерт і т.д.

Привід призначений для перетворення енергії, що підводиться в механічний рух ланок виконавчого механізму відповідно до сигналів, які надходять з пристрою управління. Для приведення ланок маніпулятора та пристрою схвату до руху використовують електричні, гідравлічні або пневматичні приводи. Гідравлічні приводи переважніші у випадках, коли треба забезпечити значну величину зусиль або високу швидкість; зазвичай такими приводами забезпечуються великі роботи великої вантажнопідйомності. Електричні приводи не мають настільки ж велику силу або швидкість, але дозволяють досягти кращих точностних характеристик. Нарешті, пневматичні приводи зазвичай застосовують для невеликих за розмірами роботів, які виконують прості і швидкі циклічні операції.

Пристрій пересування служить для переміщення маніпулятора або ПР в цілому в потрібне місце робочого простору та конструктивно складається з ходової частини і приводних пристроїв.

Технічна реалізації системи управління необхідна для безпосереднього формування та видачі управляючих сигналів і складається з пульта управління, запам'ятовуючого пристрою, обчислювального пристрою, блоків управління приводами маніпулятора і технологічним обладнанням.

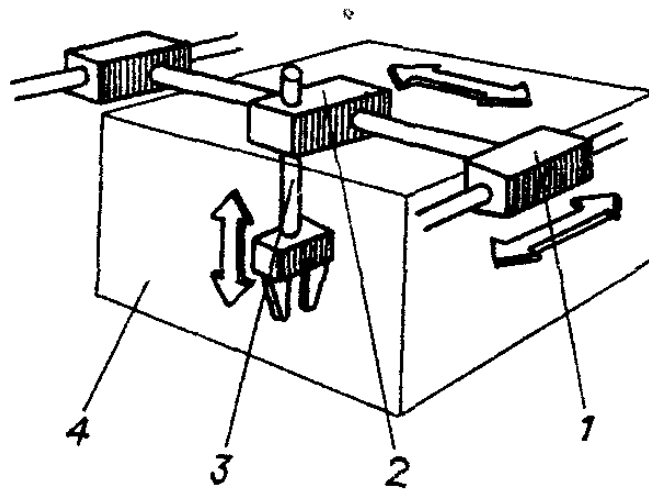
Інформаційно-вимірвальна система призначена для збирання та первинної обробки інформації для системи управління ПР, включає в себе пристрій зворотного зв'язку, пристрій порівняння сигналів і датчики зворотного зв'язку. Систему зв'язку використовують для забезпечення обміну інформацією між ПР і оператором або іншими роботами та технологічними пристроями з метою формулювання завдань, контролю за функціонуванням систем ПР і технологічного обладнання, діагностики несправностей, регламентної перевірки тощо [3-5].

Окремо слід виділити особливості структури роботів, діючих в різних системах координат.

ПР, який діє в прямокутній, або декартовій, системі координат, має три поступальних базових ступеня рухливості з взаємно перпендикулярними напрямками переміщень. Цей тип робота складається з (рис. 1.3) рами у виді балкової мостової або порталної конструкції, що переміщається поступово, поперечного візка або каретки, відносно якої у вертикальному напрямку переміщується «рука» маніпулятора у виді стійки або колони. Форма просторової фігури, яка утворюється та описується робочим органом, так званої робочої зони, є прямокутний паралелепіпед.

Механічні властивості прямокутної системи маніпулятора (зручність обслуговування робочої зони, досить висока жорсткість) дозволяють застосовувати такі роботи в умовах обмеженого простору, підвішуючи їх над устаткуванням, що обслуговується, а також там, де потрібна висока точність, наприклад, на складальних операціях. Однак, незважаючи на порівняльну простоту побудови маніпулятора та програмування, ПР такої конструкції

використовуються порівняно рідко. Недоліками є надмірне збільшення габаритних розмірів пристрою при порівняно невеликому обсязі робочої зони та подовження тривалості заданої циклограми процесу. Найчастіше такі роботи виконуються у виді каретки, підвішеної на направляючих під або над устаткуванням, що обслуговується, або у виді порталної конструкції.

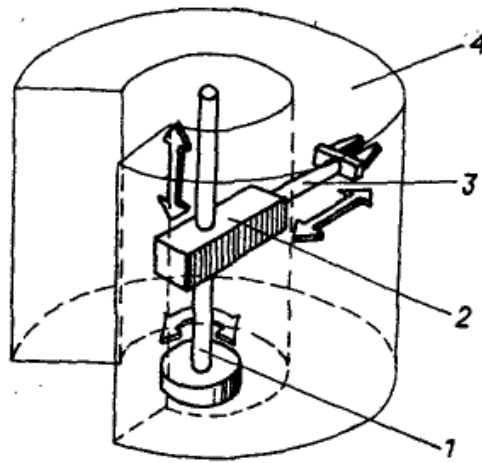


1 – рама; 2 – каретка; 3 – «рука»; 4 – робоча зона

Рисунок 1.3 – ПР з прямокутною системою координат

ПР, який діє в циліндричній системі координат, має одну обертальну і дві поступальні базові ступені рухливості з взаємно перпендикулярними напрямками переміщень. Маніпулятор такого робота складається з (рис. 1.4) поворотної колони, або стійки, що переміщається по ній у вертикальному напрямку каретки, відносно якої поступально рухається «рука» маніпулятора. Формою робочої зони, що утворюється є неповний циліндр.

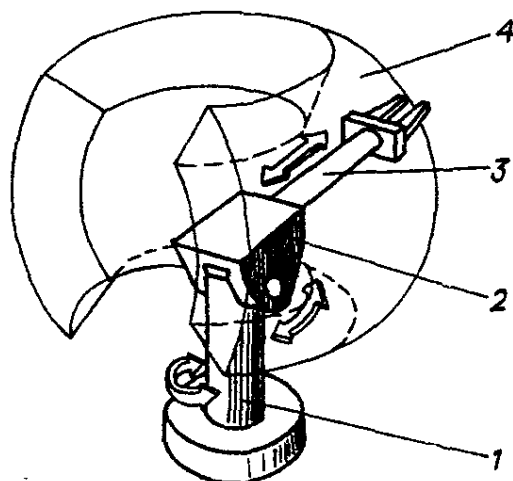
Завдяки зручності конструктивної побудови та програмування, така конфігурація маніпулятора одержала широке поширення. Вона забезпечує обслуговування великого обсягу робочого простору, а наявність двох переносних поступальних переміщень наряду з обертальним полегшує планування та компоновку робочих місць і обладнання, створення робототехнічних комплексів. До недоліку слід віднести скрутність обслуговування об'єктів, розташованих на малій висоті.



1 – стійка; 2 – каретка; 3 – «рука»; 4 – робоча зона

Рисунок 1.4 – ПР з циліндричною системою координат

ПР, який діє в сферичній, або полярній, системі координат, має дві обертальні взаємно перпендикулярні та поступальну ступінь рухливості. Такий тип робота складається з (рис 1.5) колони, що обертається або основи, поворотної (хитається) каретки та переміщається в ній поступально «руки». Формою робочої зони, яка утворюється, є неповна куля, обмежена сферичними і плоскими поверхнями.

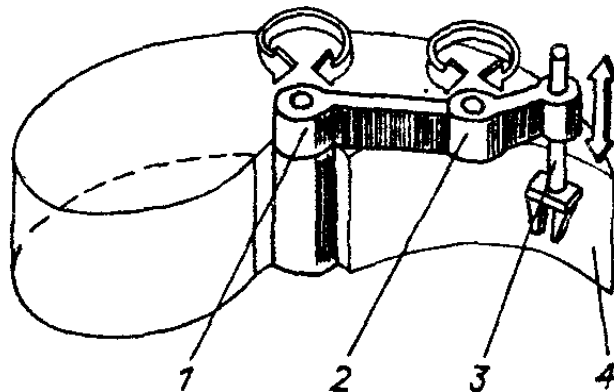


1 – основа; 2 – каретка; 3 – «рука»; 4 – робоча зона

Рисунок 1.5 – ПР з полярною системою координат

Така конфігурація маніпулятора значно громіздка та вимагає для свого управління більш складну систему. Однак, завдяки високій універсальності, можливості обслуговування більшого обсягу робочого простору, ніж маніпулятори, що працюють в прямокутній й циліндричній системах координат, такі ПР набули широкого поширення.

Промисловий робот, який діє в кутовій, або ангулярній, сферичній системі координат, має три обертальних базових ступеня рухливості. Така конфігурація маніпулятора (рис. 1.6), яка називається ще складною сферичною, або антропоморфною, складається з ланок, здатних повертатися подібно руці людини: до обертового «тулуба» у виді корпусу, або колони, шарнірно прикріплюється «плече», до якого, в свою чергу, - «лікоть». Форма робочої зони, яка утворюється, є складна кульова, обмежену сферичними і циліндричними площинами.



1 – колона; 2 – «плече»; 3 – «лікоть»; 4 – робоча зона

Рисунок 1.6 – ПР з ангулярною системою координат

Антропоморфна система досить складна і громіздка для реалізації та програмування, вимагає для свого управління більш складні пристрої, а у зв'язку зі зниженою жорсткістю потрібні спеціальні запобіжні засоби для підвищення точності маніпулювання. У той же час вона відрізняється високою універсальністю, а маючи найбільший обсяг робочої зони, добре компонується

в цеху, дозволяє мінімізувати розміри виробничих площ, необхідних для розміщення роботів.

При оснащенні додатковими шарнірами вона набуває підвищеною гнучкістю та маневреністю [7].

1.3 Методи управління промисловими роботами

Призначенням методи управління ПР є формування і передача управляючих впливів елементів виконавчої системи відповідно до заданої управляючою програмою.

Таким чином, в узагальненому вигляді, метод управління в поєднанні з інформаційно-вимірювальною системою ПР являє собою технічні засоби реалізації управлінської програми, скомпонованої з датчиків зворотного зв'язку, які передають керуючій системі інформацію про зовнішні та внутрішні параметри, важливих для коригування положення робочого органу, зусилля на ньому під час виконання технологічних операцій. Кожна ланка механічної системи ПР має власне, незалежне управління (привід, електромеханічний, пневматичний або гідравлічний).

Методи управління ПР, поділяють, як зазначалося раніше, на програмні, адаптивні і інтелектуальні. Методи управління можуть бути «жорсткими», «гнучкими» та «адаптивними».

Принцип дії жорстко-програмованих ПР полягає в строгому виконанні задалегідь заданої програми. Навколишнє середовище розцінюється строго організованою, детермінованою (передбачуваною) і незмінною в часі. Такі методи управління в даний час визнаються застарілими, проте, досить ефективними в умовах великосерійних і масових виробництв, які не потребують частого переналагодження обладнання, і не потребують наявності інформаційно-вимірювальної системи для свого функціонування. Даний принцип управління характерний для програмних методів управління ПР.

При адаптивному управлінні пристрій в змозі реагувати на зміну навколишнього середовища, сприймати які воно може тільки за допомогою

багаточисельних датчиків (контактного і безконтактного типу) та інших засобів зчутливлення ПР (камери, тепловізори тощо). Інформація, що надходить з датчиків, порівнюється із закладеною в блок пам'яті, і якщо виявляється розбіжність, змінюється поведінка робота. Програмне забезпечення адаптивного робота складається з основної програми, аналогічної тій, яка ставиться на звичайні промислові роботи, та набору допоміжних програм, кожна з яких відповідає за коригування роботи механізму при зміні одного або декількох параметрів зовнішнього або внутрішнього середовища. Даний тип управління характерний для адаптивних систем.

«Гнучке» програмування полягає в завданні роботу тільки цілі і математичної моделі оточуючої обстановки. ПР сам, або з допомогою оператора, повинен знаходити шляхи вирішення поставленої задачі, досягаючи мети, та, знайшовши вирішення проблеми, він повинен назавжди запам'ятати алгоритм. Такі механізми отримали назву роботів 3-го покоління, або машин з елементами «штучного інтелекту». Вони ефективні в умовах гнучких і поточних виробництв незалежно від кількості номенклатури та частоти випуску виробів за рахунок високого рівня адаптації, самонавчання і збереження принципів модульної організації виробництва. Зазначені принципи програмування характерні для інтелектуальних систем управління ПР [5-6].

Напівавтоматичні біотехнічні та інтерактивні методи не отримали ще широкого поширення в реалізації ПР, проте мають великі перспективи розвитку в цій галузі. Дані методи засновані на принципах біотехнічного, копіюючого та діалогового управління.

Класифікація роботів, які програмуються, на циклові, позиційні та контурні обумовлена головним чином характером управляючої інформації, яку система управління видає виконавчим механізмам робота, та отже, можливостями контролю параметрів траєкторії переміщення і її складності.

Циклові методи управління відрізняються тим, що з їх допомогою може бути запрограмована тільки послідовність роботи виконавчих механізмів робота. Система управління циклового програмного робота, по суті, забезпечує включення і виключення в певній послідовності приводу різних ланок робота і

допоміжних технологічних пристроїв, що працюють разом з ним. Інформація щодо величини переміщення, координати точок позиціонування задається зазвичай за допомогою пересувних упорів, що впливають на колійні перемикачі.

Метод управління аналізує стан окремих перемикачів і порівнюючи їх із заданими умовами, видає команди для роботи протягом заданого часу окремих механізмів маніпулятора. Найчастіше циклові методи використовуються для управління пневматичними або гідравлічними приводами. Перепрограмування руху маніпулятора в таких системах управління проводиться шляхом перестановки кінцевих перемикачів або упорів і зміни програми, яка визначає послідовність рухів.

Позиційні методи управління – дискретні. В них програмується положення ряду робочих точок, які визначають бажані переміщення «руки» робота. Число таких точок на кожній управляючій координаті може досягати декількох сотень. Для зберігання інформації про положення, часу і послідовності рухів маніпулятора запам'ятовуючий пристрій повинен мати досить великий обсяг пам'яті. Робота такого методу заснован на порівнянні позиційних даних, що надходять від внутрішніх датчиків, розміщених на приводах маніпулятора, з запрограмованою інформацією про кожен координату. На основі цього порівняння формується сигнал, що надходить на привід. Позиційні методи управління дозволяють програмувати не тільки логічну інформацію про технологічний процес, який повинен виконати робот, але також послідовність і координати окремих точок траєкторії, по якій робот повинен перемістити деталь або інструмент.

Можливості контурних методів ще ширше. З їх допомогою можна контролювати стан всіх ланок маніпулятора не в окремі моменти часу, а безперервно. Таким чином, програмуються вже не координати окремих точок траєкторії, а траєкторія повністю. Програмуються також і такі параметри, як швидкість переміщення роботом деталі або інструменту по заданій траєкторії.

Контурний метод – метод безперервного управління. Відпрацювання траєкторії руху відбувається безперервно по кожному ступеню рухливості. Такі

системи дають можливість точно повторити весь введений в пам'ять контур траєкторії (звідси і їх назва). Істотна відмінність контурного методу від позиційних полягає в тому, що при завданні траєкторії у вигляді двох точок – початковою і кінцевою – позиційна система проводить маніпулятор по траєкторії, точно повторює ту, яка була введена при програмуванні.

Робота контурного методу може бути організована по-різному. Якщо є пристрій великого обсягу, всі необхідні траєкторії можна записати повністю, а потім відтворювати їх, не вдаючись до складних обчислень. Якщо ж використовував більш потужний обчислювальний пристрій, але з невеликим об'ємом пам'яті, доцільно записати лише положення деякого числа опорних точок, а безперервні ділянки між ними обчислювати (інтерполювати) за допомогою спеціальних алгоритмів.

Вибір того чи іншого методу управління залежить від вимог технологічного процесу, для виконання яких призначений робот. Наприклад, для завантаження деталей штампування, найпростіших операцій складання цілком достатньо можливостей циклової системи управління. На цих операціях задача робота полягає в тому, щоб перемістити деталь з однієї точки простору в іншу. Однак з технологічним процесом точкового зварювання великогабаритного об'єкту, наприклад, циклова система управління, явно не впорається: занадто багато точок позиціонування, в які робот повинен перемістити зварювальні кліщі. Для дугового зварювання навіть можливостей позиційної системи управління недостатньо: потрібно програмувати не тільки траєкторію руху арочного електрода, а й певну швидкість його переміщення [6].

Сучасні ПР функціонують на основі принципів зворотного зв'язку, підпорядкованого управління та ієрархічності системи управління роботом. Ієрархія системи управління роботом має на увазі розподіл системи управління на горизонтальні шари, які управляють загальною поведінкою робота, розрахунком необхідної траєкторії руху маніпулятора, поведінкою окремих його приводів, і шари, які безпосередньо здійснюють управління двигунами приводів.

Сучасний ПР оснащений не тільки зворотними зв'язками по положенню, швидкості та прискоренню ланок. При захваті деталей робот повинен знати, чи вдало він захватив деталь. Якщо деталь крихка або її поверхня має високу ступінь чистоти, будуються складні системи зі зворотним зв'язком по зусиллю, що дозволяють роботу схоплювати деталь, не пошкоджуючи її поверхню і не руйнуючи її.

В процесі роботи ПР також може взаємодіяти і обмінюватися сигналами з іншим обладнанням і засобами автоматизації: сенсорними системами, системами технічного зору, програмованими контролерами, транспортними системами, обладнанням для зварювання й різання та ін [7].

1.4 Система підтримки прийняття рішень

Система підтримки прийняття рішень (СППР) – це комп'ютерна система, яка шляхом збирання та аналізу великої кількості інформації може впливати на процес прийняття рішень різного плану в умовах сучасних виробництв. Інтерактивні системи дозволяють отримувати корисну інформацію з першоджерел, проаналізувати її, а також виявити існуючі для вирішення певних задач.

За взаємодією з користувачем виділяють три види СППР:

- пасивні – допомагають в процесі прийняття рішень, але не можуть висунути конкретної пропозиції;
- активні – безпосередньо беруть участь в розробці правильного рішення;
- кооперативні – припускають взаємодію СППР з користувачем. Висунуту системою пропозицію оператор може доопрацювати, вдосконалити, а потім відправити назад до системи для перевірки. Після цього пропозиція знову подається оператору, і так до того часу, поки він не схвалить рішення.

За способом підтримки розрізняють:

- модельно-орієнтовані СППР, які використовують в роботі доступ до статистичних, фінансових чи інших моделей;

- СППР, засновані на комунікаціях, які підтримують роботу двох і більше користувачів, які займаються спільною задачею;
- СППР, орієнтовані на дані, – мають доступ до тимчасових рядках організації. Вони використовують в роботі не тільки внутрішні, а й зовнішні дані;
- СППР, орієнтовані на документи, які маніпулюють неструктурованою інформацією, укладеною в різних електронних форматах;
- СППР, орієнтовані на знання, надають спеціалізовані рішення проблем, засновані на фактах.

Функціональні СППР є найбільш простими з точки зору архітектури. Вони поширені в організаціях, які не ставлять перед собою глобальні задачі та мають невисокий рівень розвитку інформаційних технологій. Відмінною особливістю функціональних СППР є те, що аналізу піддаються дані, які містяться в операційних системах. Перевагами подібних СППР є компактність через використання однієї платформи і оперативність у зв'язку з відсутністю необхідності перевантажувати дані в спеціалізовану систему. З недоліків можна відзначити наступні: звуження кола питань, які вирішуються за допомогою системи, зниження якості даних через відсутність етапу їх очищення, збільшення навантаження на операційну систему з потенційною можливістю припинення її роботи.

СППР, які використовують незалежні вітрини даних застосовуються на великих виробництвах і організаціях, які мають кілька підрозділів, в тому числі відділи інформаційних технологій. Кожна конкретна вітрина даних створюється для вирішення певних задач і орієнтована на окреме коло користувачів. Це значно підвищує продуктивність системи. Впровадження подібних структур досить просто. З негативних моментів можна відзначити те, що дані багаторазово вводяться у різні вітрини, тому можуть дублюватися. Це підвищує витрати на зберігання інформації та ускладнює процедуру уніфікації. Наповнення вітрин даних досить складно у зв'язку з тим, що доводиться використовувати чисельні джерела. Відсутня єдина картина бізнесу організації, внаслідок того що немає остаточної консолідації даних.

СППР на основі дворівневого сховища даних використовується у великих компаніях, дані яких консолідовані в єдину систему. Визначення та способи обробки інформації у даному випадку уніфіковані. На забезпечення нормальної роботи подібної СППР потрібно виділити спеціалізовану команду, яка буде її обслуговувати. Така архітектура СППР позбавлена недоліків попередньої, але в ній немає можливості структурувати дані для окремих груп користувачів, а також обмежувати доступ до інформації. Можуть виникнути труднощі з продуктивністю системи.

СППР на основі триврівневого сховища даних застосовують сховище даних, з якого формуються вітрини даних, що використовуються групами користувачів, які вирішують подібні задачі. Таким чином, забезпечується доступ як до конкретних структурованих даних, так і до єдиної консолідованої інформації. Наповнення вітрин даних спрощується з огляду на використання перевірених і очищених даних, що знаходяться в єдиному джерелі. Є корпоративна модель даних. Такі СППР відрізняє гарантована продуктивність. Але існує надмірність даних, яка веде до зростання вимог на їх зберігання. Крім того, необхідно узгодити подібну архітектуру з безліччю областей, маючих потенційно різні запити.

З точки зору структурування СППР виділяють чотири основні компоненти:

- інформаційні сховища даних;
- засоби і методи вилучення, обробки і завантаження даних (ETL);
- багатовимірні бази даних і засоби аналізу OLAP;
- засоби Data Mining.

Особливий клас систем стратегічного управління та підтримки прийняття рішень, це системи, які дозволяють здійснювати динамічне моделювання процесів. При використанні методів динамічного моделювання діяльність компанії описується у виді математичної моделі, в якій всі задачі та процеси представляються як система взаємопов'язаних обчислюваних показників [8-9].

1.5 Висновки по розділу

У першому розділу атестаційної роботи проведено аналіз сучасних ПР, які використовуються в різних галузях виробництва і їх структури. Наведено класифікацію ПР, виконаних за рядом ознак:

- за конструктивним виконанням;
- за характером операцій які виконуються;
- за спеціалізацією;
- за системою основних координатних переміщень;
- за кількістю ступенів рухливості;
- за типом системи управління.

Наведені методи управління ПР, які поділяють: на програмні, адаптивні і інтелектуальні. Методи управління можуть бути «жорсткими», «гнучкими» та «адаптивними».

Проаналізовано СППР, яка шляхом збирання та аналізу великої кількості інформації може впливати на процес прийняття рішень різного плану в умовах сучасних виробництв. Ця система дозволяє отримувати корисну інформацію з першоджерел, проаналізувати її, а також виявити існуючі методи для вирішення певних задач.

2 АДАПТАЦІЯ СТРУКТУРИ І АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМИ РОБОТАМИ

2.1 Принципи адаптивного управління

В атестаційної роботі використані відомі методи управління ПР. Адаптивне управління на сьогоднішній день є одним з найбільш ефективних типів управління ПР в умовах сучасних автоматизованих виробництв. Принципи адаптивного управління являють собою сукупність методів теорії управління, що дозволяють синтезувати системи управління, які мають можливість змінювати параметри регулятора або структуру регулятора в залежності від зміни параметрів об'єкта управління або зовнішніх збурень, що діють на об'єкт управління.

З точки зору принципів автоматичного регулювання системи адаптивного управління є локальні замкнуті системи управління, побудовані за принципом зворотного зв'язку (рис. 2.1), що дозволяє системі отримувати дані про зміни навколишнього середовища і об'єкта регулювання і, відповідно до цього коригувати керуючий сигнал [4-5].

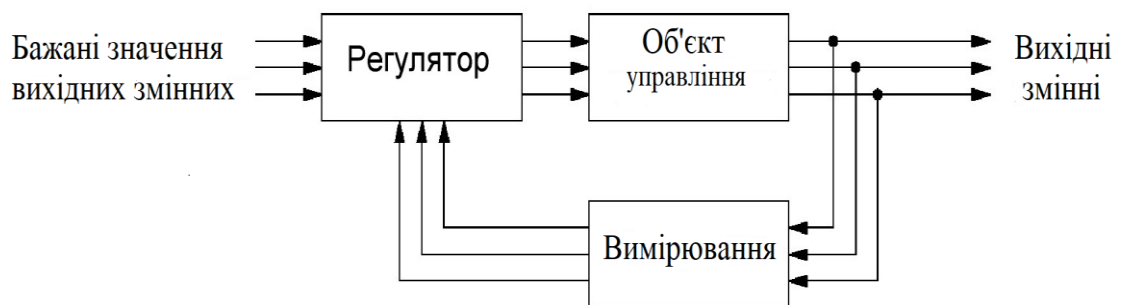


Рисунок 2.1 – Замкнута система автоматичного регулювання

Розрізняють декілька підтипів адаптивного управління. За характером змін в управляючому пристрої, підтипи діляться на дві великі групи:

- самостійні (змінюються лише значення параметрів регулятора);
- самоорганізуючі (змінюється структура самого регулятора).

За способом вивчення об'єкта діляться на:

- пошукові;
- безпошукове.

У першій групі особливо відомі екстремальні системи, метою управління яких є підтримка системи в точці екстремуму статичних характеристик об'єкта. У таких системах для визначення управляючих впливів, що забезпечують рух до екстремуму, до управляючого сигналу додається пошуковий сигнал.

Безпошукове адаптивні системи управління за способом отримання інформації для підстроювання параметрів регулятора діляться на:

- системи з еталонною моделлю;
- системи з ідентифікатором, в літературі іноді називають, як системи з настроюваної моделлю.

Адаптивні системи з еталонною моделлю містять динамічну модель системи, що володіє необхідною якістю.

Адаптивні системи з ідентифікатором діляться за способом управління на:

- системи з прямим управлінням;
- системи з непрямим управлінням (непрямим).

При непрямому адаптивному управлінні спочатку робиться оцінка параметрів об'єкта, після чого на підставі отриманих оцінок визначаються настройки на власний вибір регулятора і проводиться їх підстроювання. При прямому адаптивному управлінні завдяки обліку взаємозв'язку параметрів об'єкта і регулятора виробляється безпосередня оцінка і підстроювання параметрів регулятора, ніж виключається етап ідентифікації параметрів об'єкта.

За способом досягнення ефекту самонастроювання системи з моделлю діляться на:

- системи з сигнальної (пасивної);
- системи з параметричної (активної) адаптацією.

У системах з сигнальної адаптацією ефект самонастроювання досягається без зміни параметрів керуючого пристрою за допомогою компенсуючих сигналів. Системи, що поєднують в собі обидва види адаптації, називають комбінованими [10-11].

Всі наведені підтипи систем в своїй роботі ґрунтуються на вказаний раніше загальний принцип адаптивного управління.

2.2 Структурна схема інформаційної моделі

На відміну від класичних типів управління принцип адаптивного управління заснований на використанні моделі прийняття рішень, що містить у своїй основі параметричних моделей керованого об'єкта і оцінки недетермінованої зовнішнього середовища, в якій аналізуються можливі наслідки управління (прогноз). Структурна схема інформаційної моделі адаптивного управління ПР приведена на рисунку 2.2.

Системи адаптивного управління промисловими роботами є замкнутими системами. Керуючий вплив таким чином коригується залежно від результату і прогнозу, прийнятого в моделі прийняття рішень, що є також змінюється з плином часу в залежності від змін параметрів об'єкта впливу, яким може виступати деталь, модуль, або будь-який інший об'єкт, і навколишнього середовища. Як наслідок, результат керуючого впливу повинен вважатися задовільним в тому випадку, коли він є максимально наближеним до прийнятого в моделі прийняття рішень прогнозом.

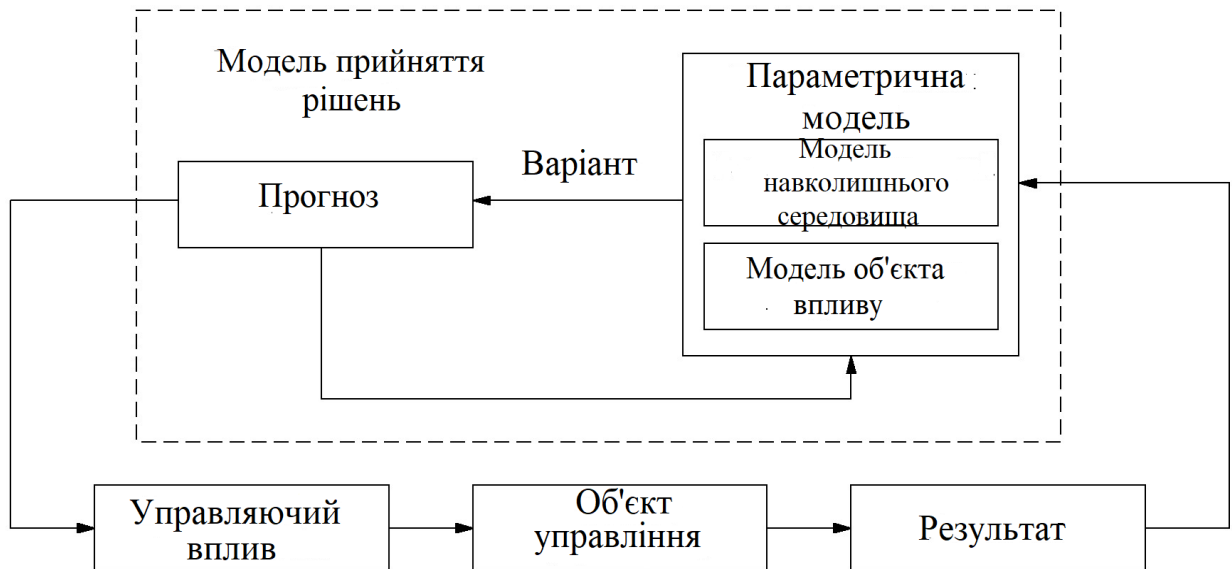


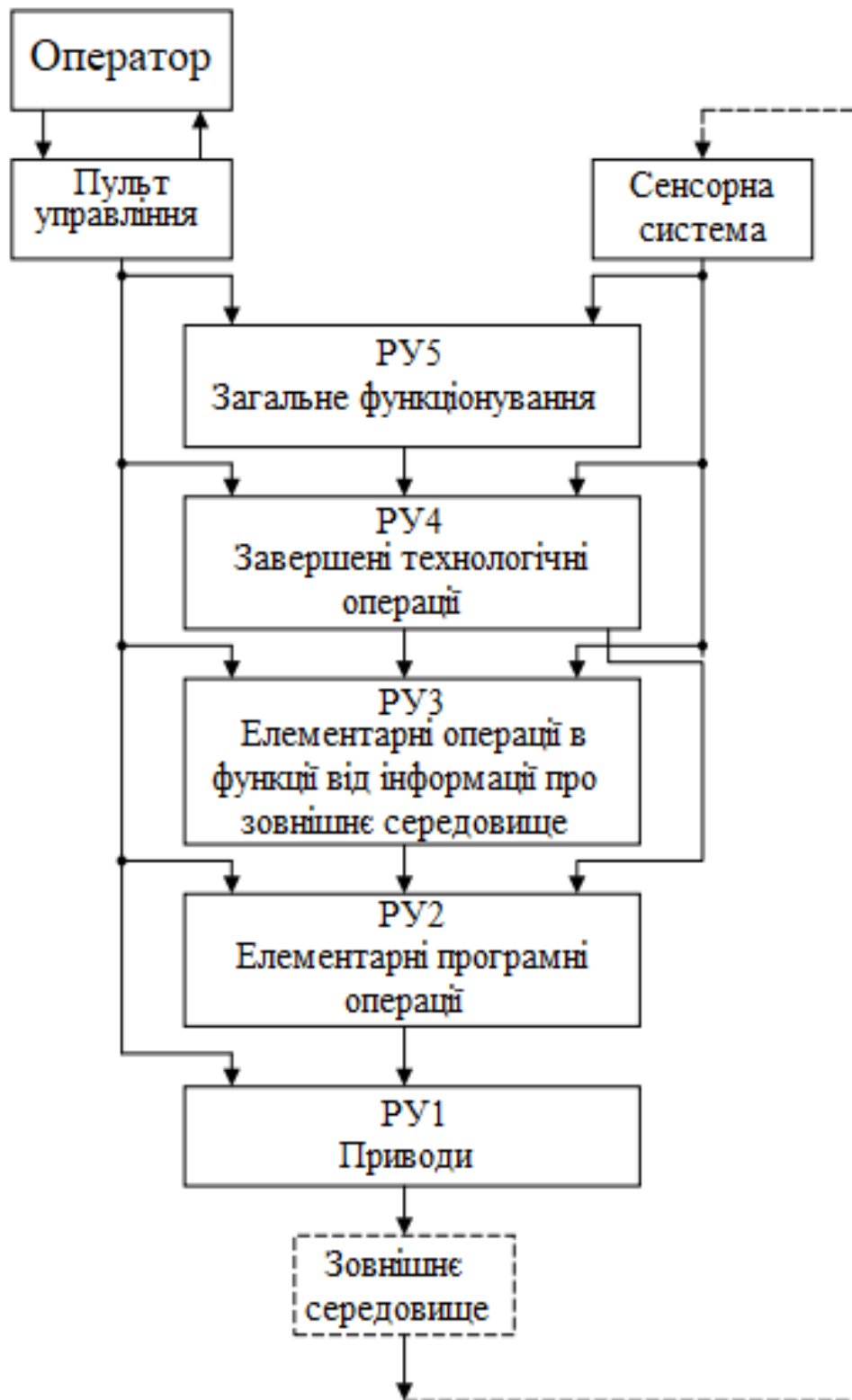
Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційної моделі адаптивного управління ПР

2.3 Узагальнена структурна схема адаптивного управління промисловими роботами

Узагальнена структурна схема адаптивного управління ПР включає п'ять рівнів управління РУ1 – РУ5 (рис. 2.3).

Зв'язок людини-оператора з роботом здійснюється через пульт. Оператор видає роботу завдання, контролює їх виконання і проводить загальний контроль за процесом функціонування робота в цілому.

П'ятий (верхній) рівень автоматичного управління РУ5 аналізує завдання, що надходять від людини-оператора, і визначає послідовність дій робота відповідно до завдання, тобто планує дії робота. На цьому рівні аналізується інформація про зовнішнє середовище, що отримується від сенсорної системи, і синтезуються моделі, на базі яких здійснюється планування дії робота (параметричні моделі). У загальному випадку моделі зовнішнього середовища утворюють ієрархічну послідовність від первинної, найбільш конкретної моделі, до все більш абстрактних моделей, що використовують відповідно більш узагальнені поняття для опису зовнішнього середовища.



PU1-PU5 – рівні управління

Рисунок 2.3 – Узагальнена структурна схема адаптивного управління ПР

Первинні моделі в даному випадку описуються за допомогою параметрів середовища, безпосередньо визначаються сенсорними пристроями. В процесі функціонування робота моделі зовнішнього середовища коригуються і удосконалюються.

П'ятий рівень управління відповідає за функціонування робота як єдиної системи, забезпечуючи реалізацію не тільки основних, «професійних» функцій робота, але і службових загальносистемних завдань, які визначаються вимогами до умов функціонування робота (забезпечення надійності, включаючи захист від зовнішніх впливів і внутрішніх неполадок, умов безпеки і т.д.). Рівень РУ5 визначає в цілому інтелектуальні можливості робота і коло розв'язуваних їм завдань.

Четвертий рівень управління РУ4 – це рівень синтезу функціонально закінчених складних дій, в результаті яких вирішується конкретне завдання, наприклад, збірка якого-небудь виробу. Відповідно до плану, виробленого для цього на вищому рівні РУ5, на рівні РУ4 проводиться його розбиття на послідовність елементарних типових операцій, які реалізуються нижніми рівнями управління. Так, наприклад, план складання виробу розпадається на послідовність елементарних дій з узяття, орієнтування, з'єднання та закріпленню деталей в вузли, настроювальних, контрольованих-вимірювальних та інших операцій. Результатом дії РУ4 є видача управлінь на наступні рівні РУ3 і РУ2. Рівень РУ4 використовує також поточну інформацію від сенсорних пристроїв для оперативної корекції планів, одержуваних з рівня РУ5.

Третій і другий рівні управління РУ3 і РУ2 – це рівні виконання елементарних операцій, на які можуть бути розбиті закінчені дії робота. Різниця між цими рівнями полягає в тому, що на рівні РУ3 синтезуються адаптивні управління у функції від інформації про зовнішнє середовище, а на рівні РУ2 – простіші управління за програмою. У зв'язку з цим при синтезі управлінь на рівні РУ3 використовуються поряд з типовими програмами рівня РУ2 команди на вхід рівня РУ1 паралельно з керуючими впливами з виходу рівня РУ2. В результаті надійшло на вхід третього рівня завдання реалізується,

по-перше, у вигляді послідовності типових програм другого рівня, і по-друге, у вигляді сукупності дій, що управляють безпосередньо на окремі приводи рівня РУ1. Всі ці дії в цілому задаються і координуються рівнем РУ3 в залежності від поточної інформації про зовнішнє середовище та стан самого робота. На рівні РУ2 розраховуються керуючі впливу, які потім надходять на рівень РУ1, який реалізує програмне управління приводами.

Нижній рівень управління РУ1 реалізує управління по окремих ступенях рухливості робота і являє собою систему управління приводами.

На даній схемі не відображені інформаційні зв'язки окремих рівнів з пультом управління, які забезпечують передачу інформації про функціонування робота людині-оператору. Людина-оператор принципово може взаємодіяти з роботом на будь-якому рівні ієрархії управління. Він може видавати завдання роботу безпосередньо на рівень РУ1 шляхом командного управління кожним приводом окремо. Таке управління є досить трудомістким і вимагає великих навичок. Тимчасове запізнювання в каналі зв'язку (наприклад, при управлінні космічним маніпулятором) ще більше ускладнює роботу в цьому режимі. У зв'язку з цим до нього вдаються лише в тих випадках, коли з яких-небудь причин інші способи управління виявляються неприйнятними.

2.4 Алгоритм роботи адаптивного управління промисловими роботами

Алгоритм роботи адаптивного управління ПР можна уявити на прикладі виконання найпростішої операції взяття маніпулятором довільно розташованої деталі, наприклад, для подальшого виконання операції складання (рис. 2.4).

Даний приклад дає змогу побачити основні моменти алгоритмів роботи адаптивного управління промисловими роботами із збереженням основних принципів зазначених систем управління, а також присутня як окрема частина в багатьох алгоритмах роботи ПР.



Рисунок 2.4 – Алгоритм роботи адаптивного управління ПР

Початковим етапом роботи наведеного алгоритму є визначення координат геометричного центру об'єкта впливу (деталі) і її орієнтації в просторі. Далі розрахунок траєкторії руху схвата до деталі в тривимірному просторі робочої зони, обумовленої можливостями маніпулятора, і перерахунок траєкторії руху в систему відносних координат приводів робота. Наступним етапом є відпрацювання розрахованої траєкторії і, безпосередньо, взяття деталі.

Для встановлення координат деталей і їх орієнтації можна використовувати різні технічні засоби очуствлення (датчики, камери і т.д.).

Для взяття деталі, координати і орієнтація якої вже визначено, слід підвести схват робота до деталі. При відсутності обмежень найбільш швидким є переміщення схвата по прямій, що з'єднує початкове і необхідну положення схвата, з рівномірним зміною його орієнтації. Після розміщення схвата над деталлю робот закриває схват і опускає його до тих пір, поки не спрацює датчик наявності деталі в схопив. За його сигналом робот закриває схват. Далі проводиться розрахунок траєкторії перенесення деталі в задану кінцеву точку робочої зони.

2.5 Висновки по розділу

В другому розділу атестаційної роботи приведені принципи адаптивного управління ПР, які побудовані за принципом зворотного зв'язку, що дозволило отримувати дані про зміни навколишнього середовища і об'єкта регулювання і, відповідно до цього коригувати керуючий сигнал. Обрані:

- структурна схема інформаційної моделі, яка заснована на використанні моделі прийняття рішень, що містить у своїй основі параметричні моделі керованого об'єкта і оцінки недетермінованого зовнішнього середовища, в якій аналізуються можливі наслідки управління (прогноз);

- узагальнена структурна схема адаптивного управління ПР, яка включає п'ять рівнів управління;

- алгоритм роботи адаптивного управління ПР, на прикладі виконання найпростішої операції взяття маніпулятором довільно розташованої деталі, для подальшого виконання операції складання.

3 ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ

3.1 Параметричне моделювання

Суть параметричного моделювання – моделювання процесів або об'єктів з використанням параметрів елементів моделі та співвідношень між цими параметрами, полягає в створенні математичної моделі об'єктів з параметрами, при зміні яких відбуваються зміни конфігурації загального об'єкту, процесу або системи, яка моделюється.

Розрізняють такі види параметризації:

- таблична параметризація;
- ієрархічна параметризація;
- варіаційна (розмірна) параметризація;
- геометрична параметризація.

Таблична параметризація полягає в створенні таблиці параметрів, властивих об'єкту або процесу. Проектування нового об'єкту або процесу проводиться шляхом вибору з таблиці параметрів. До недоліків даного виду параметризації можна віднести її достатню обмеженість, оскільки завдання довільних нових значень параметрів і відносин зазвичай неможливе.

До переваг, що зумовлюють широке застосування табличній параметризації у всіх параметричних системах автоматизованого проектування (САПР) відносять можливість суттєво спростити та прискорити створення бібліотек стандартних і типових елементів, а також їх застосування в процесі проектування.

Ієрархічна параметризація заснована відображенні послідовність побудови у виді «древа побудови», яка дозволяє наочно показати всі елементи моделі, їх ієрархію та взаємозв'язки.

Параметризація на основі історії побудов присутня в усіх САПР, які використовують тривимірне твердотільне параметричне моделювання. Цей тип

параметричного моделювання часто поєднують з варіаційною та/або геометричної параметризацією.

Варіаційна (розмірна) параметризація заснована на побудові ескізів і накладанні користувачем обмежень у виді системи рівнянь, які визначають залежність між параметрами. Варіаційна параметризація дозволяє легко змінювати форму ескізу або величину параметрів операцій.

Геометрична параметризація – вид параметричного моделювання, при якому геометрія кожного параметричного об'єкту перераховується в залежності від положення батьківських об'єктів, його параметрів і змінних. Моделі такого типу складаються з елементів побудови та елементів зображення. Елементи побудови задають параметричні зв'язку. До елементів зображення належать лінії зображення, а також елементи оформлення. Одні елементи побудови можуть залежати від інших елементів побудови. Елементи побудови можуть містити і параметри. При зміні одного з елементів моделі всі залежні від нього елементи перебудовуються відповідно до своїх параметрами та способами їх завдання.

Геометрична параметризація дозволяє більш гнучко редагувати моделі. Якщо треба внести незаплановану зміну, то в геометрію моделі не обов'язково видаляти вихідні лінії побудови (це може призвести до втрати асоціативних взаємозв'язків між елементами моделі. Достатньо провести нову лінію побудови та перенести на неї лінію зображення [14].

Параметричне моделювання дає змогу проводити найбільш повний опис об'єктів моделювання, що є основою побудови моделей прийняття рішень.

3.2 Адаптація ієрархічної параметричної моделі

В узагальненому виді ієрархічна параметрична модель адаптивного управління ПР, виконана у виді «древа побудови», містить у собі 3 «гілки»: «гілка» параметрів самого ПР, «гілка» параметрів навколишнього середовища та «гілка» параметрів об'єкта впливу (рис. 3.1).



P_1, \dots, P_i – параметри навколишнього середовища, які мають вплив на процес роботи ПР; V_1, \dots, V_j – параметри об'єкта впливу, які мають вплив на процес роботи ПР

Рисунок 3.1 – Узагальнена ієрархічна параметрична модель адаптивного управління ПР

На представленій ієрархічній параметричній моделі відображено основні постійні елементи, які можуть набувати різних значень, а також різні підтипи параметрів у залежності від конкретних умов.

3.3 Адаптація варіаційної параметричної моделі

Математичний запис узагальненої ієрархічної параметричної моделі адаптивного управління ПР має вид:

$$M_Y = \{M_{IP}, M_{OC}, M_{OB}\}, \quad (3.1)$$

де M_{IP} – параметри ПР;

M_{OC} – параметри навколишнього середовища в конкретний момент часу;

M_{OB} – параметри об'єкта впливу в конкретний момент часу.

При цьому до параметрів самого ПР у цій моделі слід відносити тільки ті параметри, які впливають на процес прийняття рішень в системах адаптивного управління. До них можна віднести такі характеристики, як габаритні розміри самого ПР, його вантажопідйомність, швидкість, тип захвату та параметри, які описують робочу зону маніпулятора:

$$M_{IP} = \{P_{GP}, P_{GP}, P_{CK}, Z, P_{PZ}\}, \quad (3.2)$$

де P_{GP} – параметри габаритних розмірів ПР;

P_{GP} – вантажопідйомність ПР;

P_{CK} – швидкість ПР;

Z – тип захвату;

P_{PZ} – параметри робочої зони.

Тип захвату може бути представлений різними його видами:

$$Z = \{Z_{СП}, Z_{Ф}, Z_{К}, Z_{П}, Z_{У}, Z_{Р}, Z_{П.В.}, Z_{Д.П.}, Z_{Н.М.}, Z_{СВ.Э.}, Z_{СП.Э.}\}, \quad (3.3)$$

де $Z_{СП}$ – спеціальний захват;

$Z_{Ф}$ – фреза;

Z_K – ковш;

Z_{II} – поворотний захват;

Z_U – універсальний захват;

Z_P – ротатор;

$Z_{П.В.}$ – поворотний пристрій;

$Z_{Д.П.}$ – дискова пила;

$Z_{Н.М.}$ – ножиці по металу;

$Z_{СВ.Э.}$ – зварювальний елемент;

$Z_{СП.Э.}$ – спайковий елемент.

Параметри габаритних розмірів містять у собі відповідно загальну висоту, довжину та ширину ПР:

$$P_{ГР} = \{h, l, b\}, \quad (3.4)$$

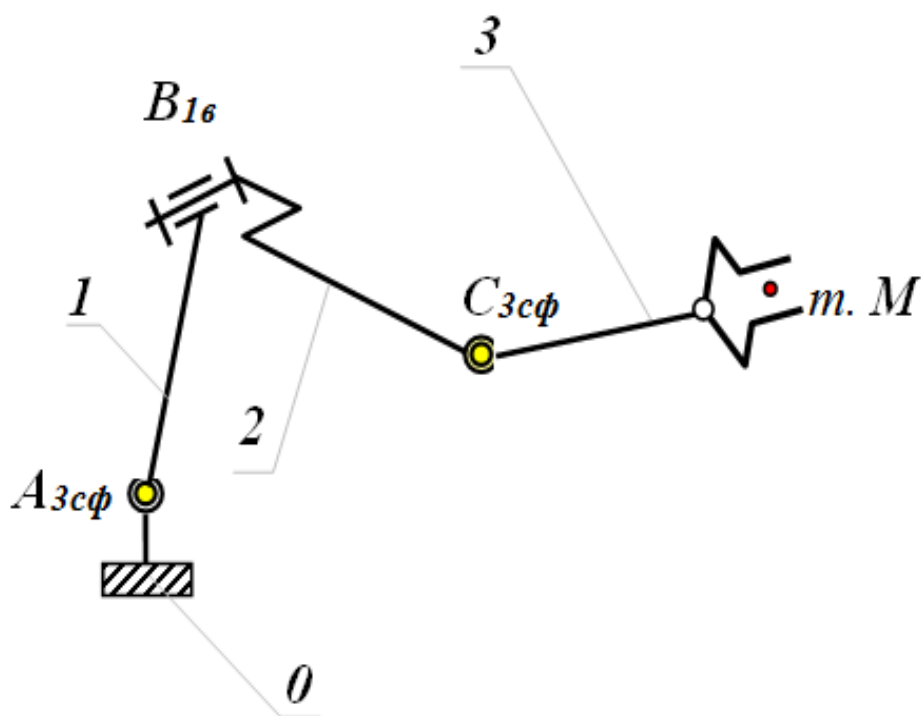
де h – висота;

l – довжина;

b – ширина.

Робочий простір маніпулятора – частина простору, обмежена поверхнями які огинають до безлічі можливих положень ланок ПР. Відповідно до цього зона обслуговування маніпулятора (робоча зона) – частина простору, яка відповідає безлічі можливих положень центру схвата маніпулятора.

Зона обслуговування є важливою характеристикою маніпулятора. Вона визначається структурою та системою координат руки маніпулятора, а також конструктивними обмеженнями, накладеними відносно переміщення ланок у координатної площини [15]. Структурна схема маніпулятора наведена на рисунку 3.2.



1 – плече; 2 – передпліччя; 3 – кисть

Рисунок 3.2 – Структурна схема маніпулятора

Рухливість маніпулятора – число незалежних узагальнених координат, що однозначно визначає положення схвата в просторі:

$$W = 6 \cdot n - \sum_{i=1}^5 (6 - i) \cdot p_i, \quad (3.5)$$

або для незамкнутих кінематичних ланцюгів:

$$W = \sum_{i=1}^5 i \cdot p_i. \quad (3.6)$$

Маневреність маніпулятора – рухливість маніпулятора при зафіксованому (нерухомому) схваті:

$$M = W - 6. \quad (3.7)$$

Можливість зміни орієнтації схвату при розміщенні його центру в заданій точці зони обслуговування характеризується кутом сервісу – тілесним кутом Ψ , який може описати останній ланцюг маніпулятора (ланцюг на якому закріплений схват) при фіксації центру схвата в заданій точці зони обслуговування:

$$\Psi = \frac{f_C}{l_{CM}^3}, \quad (3.8)$$

де f_C – площа сферичної поверхні, що описується точкою C ланки 3;

l_{CM}^3 – довжина ланки 3.

Таким чином, параметрична модель робочої зони ПР приймає вид:

$$P_{PZ} = \{W, M, \Psi\}. \quad (3.9)$$

Параметри навколишнього середовища можуть бути описані у виді параметрів певного оточення ПР об'єктів, що знаходяться в області робочої зони маніпулятора, розташування яких необхідно враховувати в ході виконання певних операцій, а також зовнішніх умов, які змінюються і також можуть впливати на очікуваний результат роботи ПР.

Параметрична модель навколишнього середовища в узагальненому виді має вид:

$$M_{OC} = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_i\}, \quad (3.10)$$

де P_1, \dots, P_i – параметри навколишнього середовища, які мають вплив на процес роботи ПР.

У випадку, коли параметр навколишнього середовища є об'єктом, розміщеним в робочій області маніпулятора, його модель, по суті, може бути

представлена його координатами розташування в декартовій системі координат:

$$P_i \in [x_i, y_i, z_i]. \quad (3.11)$$

Для обліку даних параметрів у загальній параметричній моделі їх просто виключають з можливих положень ПР.

Параметри навколишнього середовища, а саме параметри зовнішніх умов, які змінюються, та які також можуть вплинути на очікуваний результат роботи, обмежуються особливостями самого ПР, його умов функціонування, а також деякими параметрами самого об'єкта впливу.

Параметри об'єкта впливу – елементу, який знаходиться в схваті ПР, можуть бути представлені його розмірами, вагою, особливостями конструктивного виконання, які впливають на початкове положення схвата ПР, його матеріал, який впливає на ступінь тиску схвата в момент стиснення і т.п.

$$M_{OB} = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_j\}, \quad (3.12)$$

де V_1, \dots, V_j – параметри об'єкта впливу, які можуть вплив на процес роботи ПР.

Дані параметри суворо обмежені параметрами самого ПР, які характеризують його функціональні можливості, а також параметрами навколишнього середовища.

Таким чином, параметри моделі адаптивного управління ПР, у разі прийняття ними конкретних значень, накладають певні обмеження на інші параметри даної моделі.

В узагальненому виді повна варіаційна параметрична модель адаптивного управління ПР має вид:

$$M_y = \begin{cases} \{M_{PP}, M_{OC}, M_{OB}\}, \\ \forall(M_{OC}, M_{OB}), M_{PP}; \\ \forall(M_{PP}, M_{OB}), M_{OC}; \\ \forall(M_{PP}, M_{OC}), M_{OB}. \end{cases} \quad (3.13)$$

3.4 Висновки по розділу

В третьому розділі атестаційної роботи застосован метод параметричного моделювання – моделювання процесів або об'єктів з використанням параметрів елементів моделі та співвідношень між цими параметрами, полягає в створенні математичної моделі об'єктів з параметрами, при зміні яких відбуваються зміни конфігурації загального об'єкту або процесу, яке моделюється.

Адаптивна ієрархічна параметрична модель, виконана у виді «древа побудови», яка містить у собі 3 «гілки»:

- «гілка» параметрів самого ПР;
- «гілка» параметрів навколишнього середовища;
- «гілка» параметрів об'єкта впливу.

Адаптивна варіаційна параметрична модель, яка враховує:

- параметри навколишнього середовища;
- параметри об'єкта впливу.

4. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГИКИ

4.1 Застосування методу нечіткої логіки

При реалізації адаптивного управління ПР важливим етапом є вибір моделей прийняття рішень з урахуванням конкретних умов робочого простору, можливостей моделі робота, характеристик його сенсорної системи і інших показників. Характер обраних моделей визначає і сутність методів прийняття рішень. В умовах реалізації принципів адаптивного управління багато параметрів, наведені в параметричних моделях, можуть приймати нечіткі граничні значення, що обумовлює застосування нечіткої логіки при розробці математичного опису зазначених систем.

Нечітка логіка з'явилася в роботах Лотфі А. Заде, професора технічних наук Каліфорнійського університету в Берклі. Нечітка логіка є багатозначною логікою. На відміну від традиційної математики, яка вимагає на кожному кроці моделювання точних і однозначних формулювань закономірностей, нечітка логіка пропонує зовсім інший рівень мислення, при якому творчий процес моделювання відбувається на найвищому рівні абстракції, і постулюється лише мінімальний набір закономірностей.

Значення нечітких змінних, які отримані в результаті неточних вимірювань, багато в чому аналогічні розподілам теорії ймовірностей, але вільні від властивих останніх недоліків. До таких недоліків відносяться: мала кількість придатних до аналізу функцій розподілу, необхідність їх примусової нормалізації, дотримання вимог адитивності, а також труднощі обґрунтування адекватності математичної абстракції для опису поведінки фактичних величин. У межі, при зростанні точності, нечітка логіка переходить в Булеву алгебру. У порівнянні з ймовірнісним методом, нечіткий метод дозволяє різко скоротити обсяг вироблених обчислень, що призводить до збільшення швидкодії нечітких систем. Нечітка логіка спочатку використовувалась як найбільш зручний спосіб

побудови систем управління складними технологічними процесами, в подальшому вона знайшла застосування в побутовій електроніці, різних системах управління, діагностичних та інших експертних системах [14].

Будучи розділом математики, який об'єднує в собі принципи класичної логіки та теорії множини, що базуються на понятті нечіткої множини – об'єкту з функцією належності елементу до множини і приймаючої будь-які значення в інтервалі $[0,1]$, а не тільки 0 або 1, нечітка логіка вводить різні логічні операції над нечіткими множинами і формулюється поняття лінгвістичної змінної, як значення якої виступають нечіткі множини.

Нечітка множина являє собою сукупність елементів довільної природи, щодо яких не можна точно стверджувати – чи мають ці елементи деякі характеристичні властивості, які використовуються для завдання нечіткої множини.

Нехай X – універсальна (базова) множина, x – елемент X , а R – деяка властивість. Звичайна (чітка) підмножина A універсальна множина X , елементи якої задовольняють властивості R , визначається як множина впорядкованих пар;

$$A = \frac{\mu \cdot A \cdot x}{x}, \quad (4.1)$$

де $\mu \cdot A \cdot x$ – характеристична функція, яка приймає значення 1, якщо x задовольняє властивості R , та 0 – в іншому випадку.

Нечітка підмножина відрізняється від звичайної тим, що для елементів x з X немає однозначної відповіді «так-ні» щодо властивості R . У зв'язку з цим, нечітка підмножина A універсальної множини X визначається як множина впорядкованих пар $A = \frac{\mu \cdot A \cdot x}{x}$, проте в даному випадку $\mu \cdot A \cdot x$ – характеристична функція належності (або просто функція належності), що приймає значення в деякій цілком впорядкованій множині $M = 0; 1$. Функція належності вказує ступінь (або рівень) належності елементу x

підмножині A . Множину M називають множиною належностей. Якщо $M = 0$; 1 , то нечітка підмножина A може розглядатися як звичайна або чітка множина. Ступінь належності $\mu \cdot A \cdot x$ є суб'єктивною мірою того, наскільки елемент $x \in X$, відповідає поняттю, сенс якого формалізується нечіткою множиною A .

Носієм нечіткої множини A є чітка підмножина $S A$ універсальної множини X з властивістю $\mu \cdot A \cdot x > 0$, тобто $S A = \{ x \mid x \in X \wedge \mu A x > 0 \}$. Іншими словами, носієм нечіткої множини A є підмножина $S A$ універсальної множини X , для елементів якого функція належності $\mu \cdot A \cdot x > 0$ більше нуля. Іноді носій нечіткої множини позначають *support* A .

Якщо носієм нечіткої множини A є дискретна підмножина $S A$, то нечітка підмножина A універсальної множини X , що складається з n елементів, можна представити у вигляді об'єднання кінцевого числа одноточкових множин $\frac{\mu \cdot A \cdot x}{x}$ за допомогою символу \sum : $A = \sum_{i=1}^n \mu A x_i / x_i$. При цьому мається на увазі, що елементи x_i впорядковані за зростанням відповідно до своїх індексів, тобто $x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_n$.

Якщо носієм нечіткої множини A є безперервна підмножина $S A$, то нечітка підмножина A універсальної множини X , розглядаючи символ \int як безперервний аналог введеного вище символу поєднання для дискретних нечітких множин \sum , можна представити у вигляді об'єднання нескінченного числа одноточкових множин $\frac{\mu \cdot A \cdot x}{x}$ [15]:

$$A = \int \frac{X \cdot \mu \cdot A \cdot x}{x} . \quad (4.2)$$

Лінгвістична змінна відрізняється від числової змінної тим, що її значеннями не є числа, а слова або пропозиції в природній або формальній мові. Оскільки слова в загальному менш точні, ніж числа, поняття лінгвістичної змінної дає можливість наближено описувати явища, які настільки складні, що не піддаються опису в загальноприйнятих кількісних термінах. Зокрема,

нечітка множина, яка представляє собою обмеження, пов'язана зі значеннями лінгвістичної змінної, можна розглядати як сукупну характеристику різних підкласів елементів універсальної множини. У цьому сенсі роль нечітких множин аналогічна тій ролі, яку відіграють слова і пропозиції в природній мові.

Важливий аспект поняття лінгвістичної змінної полягає в тому, що ця змінна більш високого порядку, ніж нечітка змінна, в тому сенсі, що значеннями лінгвістичної змінної є нечіткі змінні. Інший важливий аспект поняття лінгвістичної змінної полягає в тому, що лінгвістичної змінної властиві два правила:

- синтаксичне, яке може бути задано у формі граматики, що породжує назву значень змінної;
- семантичне, яке визначає алгоритмічну процедуру для обчислення значення кожного значення.

Лінгвістична змінна характеризується наступним набором властивостей:

$$(X, T(X) U, G, M), \quad (4.3)$$

де X – назва змінної;

$T(X)$ – позначає терм-множину змінної X , тобто множину назв лінгвістичних значень змінної X , причому кожне з таких значень є нечіткою змінною \tilde{x} зі значеннями з універсальної множини U з базовою змінною u ;

G – синтаксичне правило, породжує назви \tilde{x} значень змінної X ;

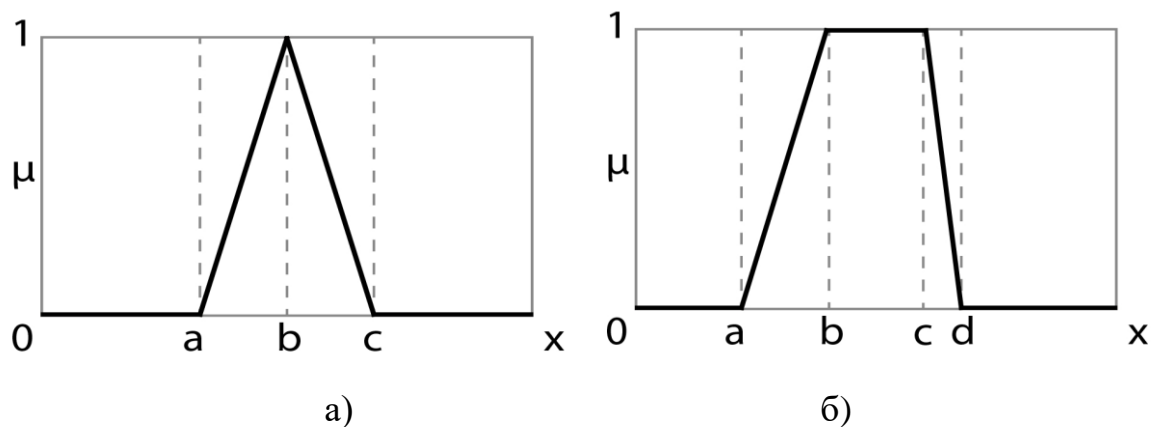
M – семантичне правило, яке ставить у відповідність кожної нечіткої змінної \tilde{x} її значення $M(\tilde{x})$, тобто нечітку підмножину $M(\tilde{x})$ універсальної множини U .

Конкретна назва \tilde{x} , породжена синтаксичним правилом G , називається термом. Терм, який складається з одного слова або з кількох слів, завжди фігурує разом один з одним, називається атомарним термом. Терм, який складається з більш ніж одного атомарного терма, називається складеним термом.

Функція належності нечіткої множини є узагальненням індикаторної (або характеристичної) функції класичної множини. У нечіткій логіці вона представляє ступінь належності кожного члену простору міркування до даної нечіткої множини, що дозволяє розмежувати великі діапазони допустимих значень параметрів на більш зручні для адаптації з структурі різних систем діапазони, що відповідають заданим лінгвістичним змінним.

4.2 Методи побудови функцій належності

Розрізняють декілька типів функцій належності. Кусково-лінійні функції належності складаються з відрізків прямих ліній, утворюючи безперервну або кусково-безперервну функцію. Найбільш характерним прикладом таких функцій є «трикутна» (рис. 4.1, а) і «трапецієподібна» (рис. 4.1, б) функції належності. У нашому випадку кожна з цих функцій задана на універсумі $X=[0, x]$, в якості якого обраний замкнутий інтервал дійсних чисел. У загальному випадку вибір універсуму може бути довільним, і не обмежений ніякими правилами.



a – «трикутна» функція належності;

б – «трапецієподібна» функція належності

Рисунок 4.1 – Кусково-лінійні функції належності

Перша з цих функцій належності в загальному випадку може бути задана аналітично наступним виразом:

$$f_{\Delta}(x; a, b, c) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \quad x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, \quad a \leq x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b}, \quad b \leq c \leq x, \\ 0, \quad c \leq x. \end{array} \right\}, \quad (4.1)$$

де a, b, c – деякі числові параметри, які беруть довільні дійсні значення і впорядковані відношенням: $a \leq b \leq c$.

Трапецієподібна функція належності в загальному випадку може бути задана аналітично наступним виразом:

$$f_{\Delta}(x; a, b, c, d) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \quad x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, \quad a \leq x \leq b, \\ 1, \quad b \leq x \leq c, \\ \frac{d-x}{d-c}, \quad c \leq x \leq d, \\ 0, \quad d \leq x. \end{array} \right\}, \quad (4.2)$$

де a, b, c, d – деякі числові параметри, які беруть довільні дійсні значення і впорядковані відношенням: $a \leq b \leq c \leq d$.

Z-подібні (рис. 4.2, а) і S-подібні (рис. 4.2, б) функції належності також отримали свою назву по виду кривих, які представляють їх графіки. Перша з функцій цієї групи називається Z-подібна крива або сплайн-функцією і в загальному випадку може бути задана аналітично наступним виразом:

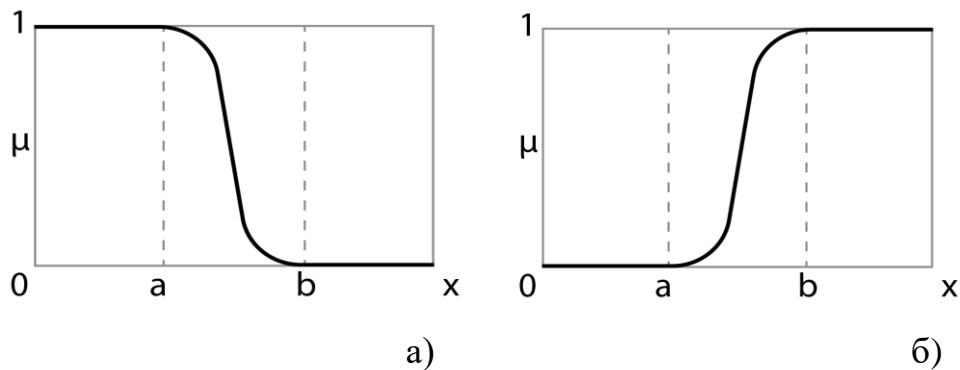
$$f_z(x; a, b) = \left\{ \begin{array}{l} 1, \quad x \leq a, \\ 1 - 2 \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2, \quad a < x \leq \frac{a+b}{2}, \\ 2 \left(\frac{b-x}{b-a} \right)^2, \quad \frac{a+b}{2} < x < b, \\ 0, \quad b \leq x. \end{array} \right\}, \quad (4.3)$$

де a, b – деякі числові параметри, які беруть довільні дійсні значення і впорядковані відношенням: $a < b$.

Друга з функцій даної групи називається S-подібною кривою або сплайн-функцією і в загальному випадку може бути задана аналітично наступним виразом:

$$f_s(x; a, b) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \quad x \leq a, \\ 2 \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2, \quad a < x \leq \frac{a+b}{2}, \\ 1 - 2 \left(\frac{b-x}{b-a} \right)^2, \quad \frac{a+b}{2} < x < b, \\ 1, \quad b \leq x. \end{array} \right\}, \quad (4.4)$$

де a, b – деякі числові параметри, які беруть довільні дійсні значення і впорядковані відношенням: $a < b$.



а – Z-подібна функція належності; б – S-подібна функція належності

Рисунок 4.2 – Z-подібні і S-подібні функції належності

До П-подібним функціям належності (рис. 4.3) можна віднести цілий клас кривих, які за своєю формою нагадують дзвін, згладжену трапецію або літеру «П». У загальному випадку вони задаються аналітично наступним виразом:

$$f_{\Pi}(x; a, b, c, d) = f_s(x; a, b) \cdot f_z(x; c, d), \quad (4.5)$$

де a, b, c, d – деякі числові параметри, які беруть довільні дійсні значення і впорядковані відношенням $a \leq b \leq c \leq d$, а знак « \cdot » позначає звичайний арифметичний добуток значень відповідних функцій.

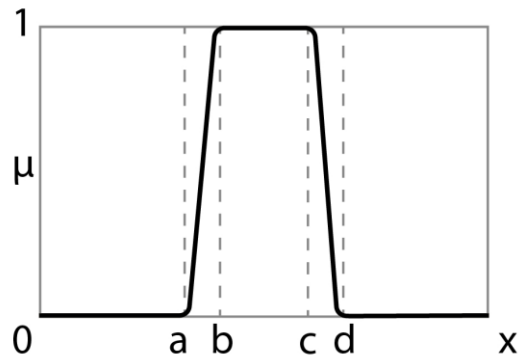


Рисунок 4.3 – П-подібна функція належності

При побудові функцій належності для нечітких множин слід дотримуватися деяких правил, які визначаються характером невизначеності, що має місце при побудові конкретних нечітких моделей. З практичної точки зору з кожною нечіткою множиною зручно асоціювати деяку властивість, ознаку або атрибут, які характеризують розглядувану сукупність об'єктів універсуму. При цьому за аналогією з класичними множинами розглядувана властивість може породжувати певний предикат, який цілком природно назвати нечітким предикатом. Даний нечіткий предикат може приймати не одне з двох значень істинності («істина» або «неправда»), а цілий континуум значень істинності, які для зручності вибираються з інтервалу $[0,1]$.

4.3 Опис параметрів елементів моделі на основі принципів нечіткої логіки

Безліч елементів розробленої параметричної моделі приймають конкретні значення. Наприклад параметр типу захоплення Z може бути або зварювальним елементом, або спеціальним захопленням і т.д. Інші елементи –

параметр температури в приміщенні T – можуть приймати нечіткі значення, що вимагає опису і розмежування діапазону їх можливих значень за допомогою лінгвістичних змінних «маленька», «середня» і «велика».

Таким чином, якщо параметри самого ПР є заздалегідь відомими, і не змінні з плином часу (крім випадків реорганізації та модернізації виробничої дільниці) то їх опис за допомогою лінгвістичних змінних матиме наступний вид.

Габаритні розміри ПР представлені значеннями загальної висоти, довжини і ширини. Висота ПР з умовно-прийнятими значеннями від 0,45 м до 3 м. матиме вид системи при наступних лінгвістичних змінних:

- лінгвістична змінна $\mu(h)$ маленька:

$$\mu(h(m)) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,9, \\ 0,1 \cdot (x - 0,9), & 0,9 < x \leq 1,1, \\ 1, & x > 1,1; \end{cases} \quad (4.7)$$

- лінгвістична змінна $\mu(h)$ середня:

$$\mu(h(c)) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,9, \\ 0,1 \cdot (x - 0,9), & 0,9 < x \leq 1,1, \\ 1, & 1,1 < x \leq 1,9, \\ 0,1 \cdot (2,1 - x), & 1,9 < x \leq 2,1, \\ 0, & x > 2,1; \end{cases} \quad (4.8)$$

- лінгвістична змінна $\mu(h)$ велика:

$$\mu(h(\delta)) = \begin{cases} 0, & x \leq 1,9, \\ 0,1 \cdot (x - 1,9), & 1,9 < x \leq 2,1, \\ 1, & x > 2,1. \end{cases} \quad (4.9)$$

Графічне представлення функцій належності даного параметра наведеним лінгвістичним змінним представлено на рисунку 4.4.

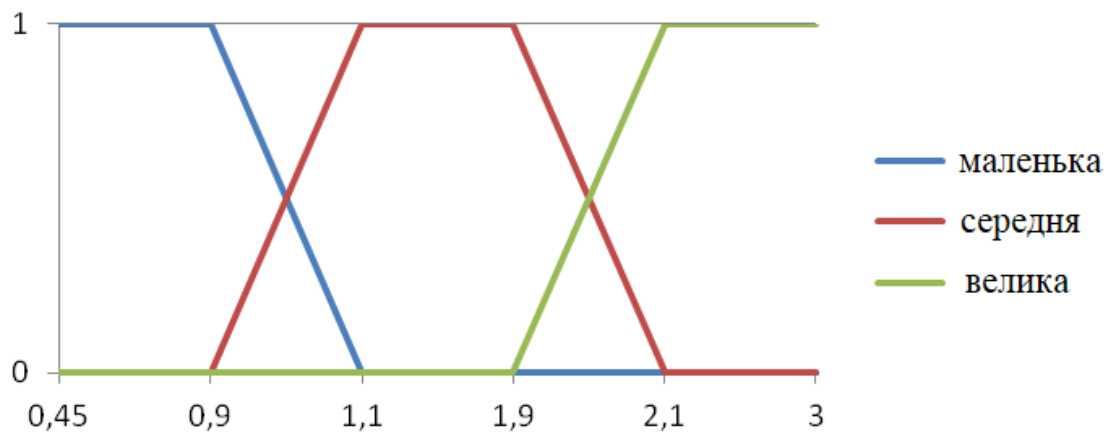


Рисунок 4.4 – Граф належності параметра висоти ПР

Довжина ПР з умовно-прийнятими значеннями від 0,3 м до 2 м. матиме вид системи при наступних лінгвістичних змінних:

- лінгвістична змінна $\mu(l)$ маленька:

$$\mu(l(m)) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,6, \\ 0,1 \cdot (x - 0,6), & 0,6 < x \leq 0,7, \\ 1, & x > 0,7; \end{cases} \quad (4.10)$$

- лінгвістична змінна $\mu(l)$ середня:

$$\mu(l(c)) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,6, \\ 0,1 \cdot (x - 0,6), & 0,6 < x \leq 0,7, \\ 1, & 0,7 < x \leq 1,3, \\ 0,1 \cdot (1,4 - x), & 1,3 < x \leq 1,4, \\ 0, & x > 1,4; \end{cases} \quad (4.11)$$

- лінгвістична змінна $\mu(l)$ велика:

$$\mu(l(\sigma)) = \begin{cases} 0, & x \leq 1,3, \\ 0,1 \cdot (x - 1,3), & 1,3 < x \leq 1,4, \\ 1, & x > 1,4. \end{cases} \quad (4.12)$$

Ширина ПР з умовно-прийнятими значеннями, аналогічними значеннями довжини, будуть також представлені у вигляді систем, аналогічним трьом лінгвістичним змінним «маленька», «середня», «велика» і мати аналогічний вид. Графічне представлення функцій належності параметра довжини (аналогічний графу належності параметр ширини) наведеним лінгвістичним змінним представлено на рисунку 4.5.

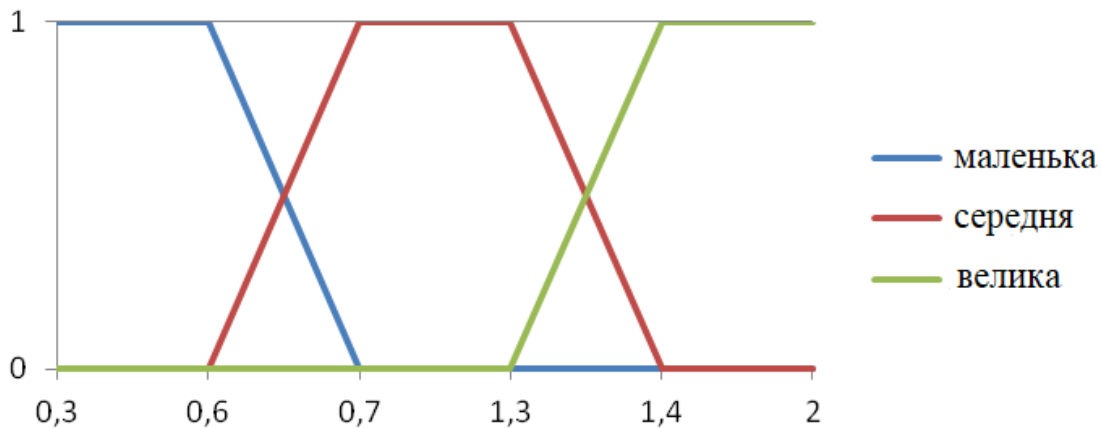


Рисунок 4.5 – Граф належності параметру довжини ПР

Опис лінгвістичних змінних вантажопідйомності ПР з умовним діапазоном значень від 0,1 кг до 120 кг має вид:

- лінгвістична змінна $\mu(P_{III})$ маленька:

$$\mu(P_{III}(m)) = \begin{cases} 0, & x \leq 39, \\ 0,1 \cdot (x - 39), & 39 < x \leq 41, \\ 1, & x > 41; \end{cases} \quad (4.13)$$

- лінгвістична змінна $\mu(P_{III})$ середня:

$$\mu(P_{III}(c)) = \begin{cases} 0, & x \leq 39, \\ 0,1 \cdot (x - 39), & 39 < x \leq 41, \\ 1, & 41 < x \leq 79, \\ 0,1 \cdot (82 - x), & 79 < x \leq 82, \\ 0, & x > 82; \end{cases} \quad (4.14)$$

- лінгвістична змінна $\mu(P_{III})$ велика:

$$\mu(P_{III}(\bar{b})) = \begin{cases} 0, & x \leq 79, \\ 0,1 \cdot (x - 79), & 79 < x \leq 82, \\ 1, & x > 82. \end{cases} \quad (4.15)$$

Графічне представлення функцій належності параметру вантажопідйомності представлено на рис. 4.6.

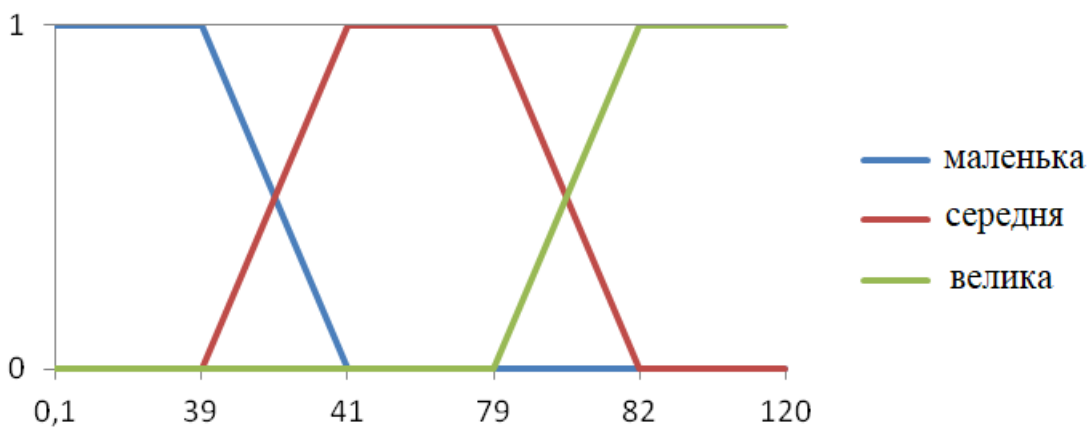


Рисунок 4.6 – Граф належності параметру вантажопідйомності ПР

Опис лінгвістичних змінних швидкості переміщення маніпулятора ПР з умовним діапазоном значень від 0,3 м/с до 1,2 м/с має вид:

- лінгвістична змінна $\mu(P_{CK})$ маленька:

$$\mu(P_{CK}(m)) = \begin{cases} 0, & x \leq 3,9, \\ 0,1 \cdot (x - 3,9), & 3,9 < x \leq 4,1, \\ 1, & x > 4,1; \end{cases} \quad (4.16)$$

- лінгвістична змінна $\mu(P_{CK})$ середня:

$$\mu(P_{CK}(c)) = \begin{cases} 0, & x \leq 3,9, \\ 0,1 \cdot (x - 3,9), & 3,9 < x \leq 4,1, \\ 1, & 4,1 < x \leq 7,9, \\ 0,1 \cdot (8,2 - x), & 7,9 < x \leq 8,2, \\ 0, & x > 8,2; \end{cases} \quad (4.17)$$

- лінгвістична змінна $\mu(P_{CK})$ велика:

$$\mu(P_{CK}(b)) = \begin{cases} 0, & x \leq 7,9, \\ 0,1 \cdot (x - 7,9), & 7,9 < x \leq 8,2, \\ 1, & x > 8,2. \end{cases} \quad (4.18)$$

Графічне представлення функцій належності параметру швидкості представлено на рисунку 4.7.

Параметр робочої зони в загальному можна охарактеризувати площею сферичної поверхні, безпосередньо пов'язаної з параметром кута сервісу і побічно обумовленою значеннями рухливості і маневреності маніпулятора ПР.

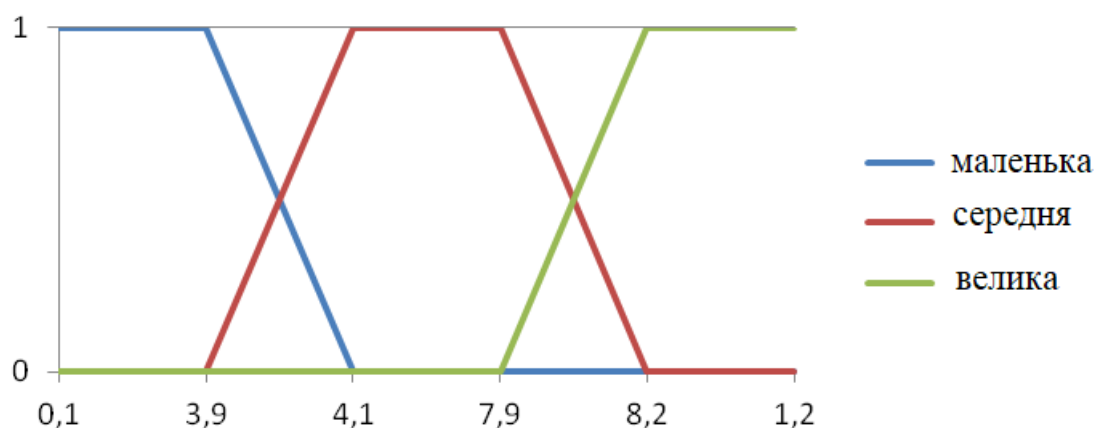


Рисунок 4.7 – Граф належності параметру швидкості маніпулятора ПР

Опис лінгвістичних змінних для параметра робочої зони з умовним діапазоном значень від 30 мм² до 4521600 мм² має вид:

- лінгвістична змінна $\mu(f_C)$ маленька:

$$\mu(f_C(m)) = \begin{cases} 0, & x \leq 1500000, \\ 0,1 \cdot (x - 1500000), & 1500000 < x \leq 1600000, \\ 1, & x > 1600000; \end{cases} \quad (4.19)$$

- лінгвістична змінна $\mu(f_C)$ середня:

$$\mu(f_C(c)) = \begin{cases} 0, & x \leq 1500000, \\ 0,1 \cdot (x - 1500000), & 1500000 < x \leq 1600000, \\ 1, & 1600000 < x \leq 2900000, \\ 0,1 \cdot (3100000 - x), & 2900000 < x \leq 3100000, \\ 0, & x > 3100000; \end{cases} \quad (4.20)$$

- лінгвістична змінна $\mu(f_C)$ велика:

$$\mu(f_C(b)) = \begin{cases} 0, & x \leq 2900000, \\ 0,1 \cdot (x - 2900000), & 2900000 < x \leq 3100000, \\ 1, & x > 3100000. \end{cases} \quad (4.21)$$

Графічне представлення функцій належності параметру робочої зони маніпулятора ПР представлено на рисунку 4.8.

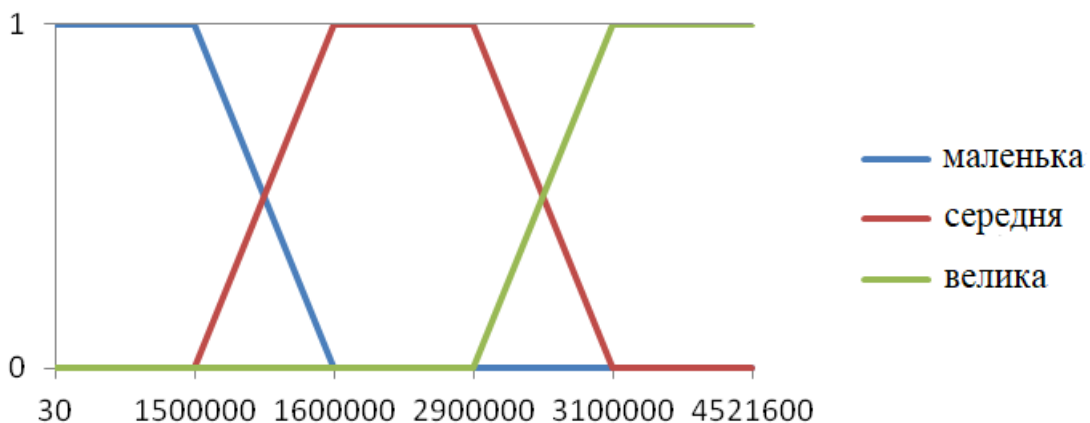


Рисунок 4.8 – Граф належності параметру робочої зони маніпулятора ПР

Подібного опису вимагають змінні з плином часу параметри навколишнього середовища і об'єкту впливу. До параметрів навколишнього середовища, які впливають на роботу ПР можна віднести температуру, вологість і зашумленість навколишнього середовища. Опис температур навколишнього середовища T з умовно заданим діапазоном значень від $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ буде також мати вигляд системи при наступних лінгвістичних змінних:

- лінгвістична змінна $\mu(T)$ маленька:

$$\mu(T(m)) = \begin{cases} 0, & x \leq 19, \\ 0,1 \cdot (x - 19), & 19 < x \leq 21, \\ 1, & x > 21; \end{cases} \quad (4.22)$$

- лінгвістична змінна $\mu(T)$ середня:

$$\mu(T(c)) = \begin{cases} 0, & x \leq 19, \\ 0,1 \cdot (x - 19), & 19 < x \leq 21, \\ 1, & 21 < x \leq 39, \\ 0,1 \cdot (41 - x), & 39 < x \leq 41, \\ 0, & x > 41; \end{cases} \quad (4.23)$$

- лінгвістична змінна $\mu(T)$ велика:

$$\mu(T(\delta)) = \begin{cases} 0, & x \leq 39, \\ 0,1 \cdot (x - 39), & 39 < x \leq 41, \\ 1, & x > 41. \end{cases} \quad (4.24)$$

Графічне представлення функцій належності параметру температури наведено на рисунку 4.9.

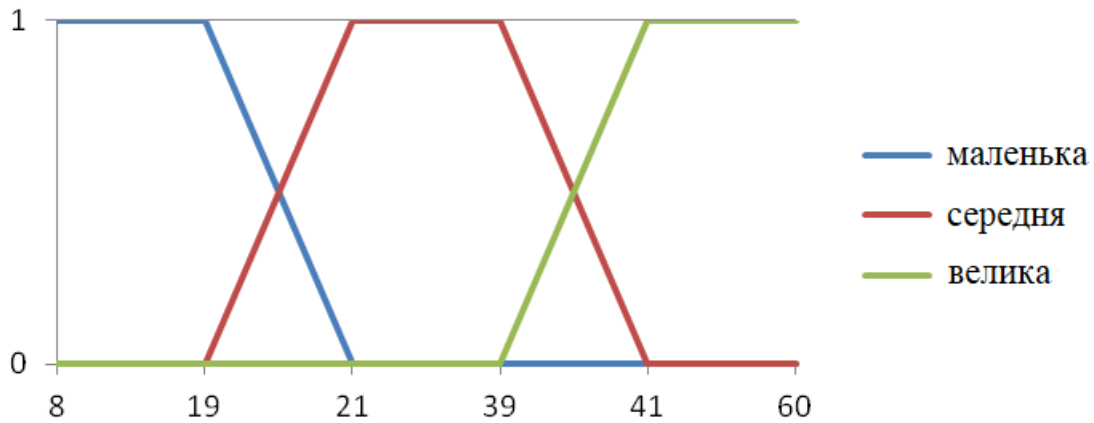


Рисунок 4.9 – Граф належності параметру температури

Опис лінгвістичних змінних для параметра вологості з умовним діапазоном значень від 20% до 80% мм², графічне представлення функцій належності якого наведено на рис. 4.10, має вид:

- лінгвістична змінна $\mu(\varphi)$ маленька:

$$\mu(\varphi(m)) = \begin{cases} 0, & x \leq 39, \\ 0,1 \cdot (x - 39), & 39 < x \leq 40, \\ 1, & x > 40; \end{cases} \quad (4.25)$$

- лінгвістична змінна $\mu(\varphi)$ середня:

$$\mu(\varphi(c)) = \begin{cases} 0, & x \leq 39, \\ 0,1 \cdot (x - 39), & 39 < x \leq 40, \\ 1, & 40 < x \leq 49, \\ 0,1 \cdot (60 - x), & 49 < x \leq 60, \\ 0, & x > 60; \end{cases} \quad (4.26)$$

- лінгвістична змінна $\mu(T)$ велика:

$$\mu(\varphi(\bar{\sigma})) = \begin{cases} 0, & x \leq 49, \\ 0,1 \cdot (x - 49), & 49 < x \leq 60, \\ 1, & x > 60. \end{cases} \quad (4.27)$$

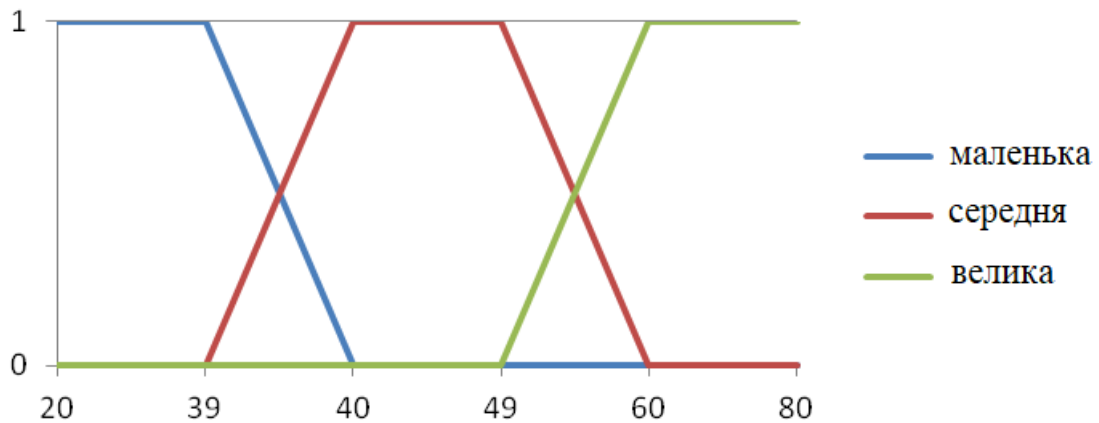


Рисунок 4.10 – Граф належності параметру вологості

Опис лінгвістичних змінних для параметра зашумленості з умовним діапазоном значень від 30 дБ до 80 дБ, графічне представлення функцій належності якого наведено на рисунку 4.11, має вид:

- лінгвістична змінна $\mu(S)$ маленька:

$$\mu(S(m)) = \begin{cases} 0, & x \leq 45, \\ 0,1 \cdot (x - 45), & 45 < x \leq 46, \\ 1, & x > 46; \end{cases} \quad (4.28)$$

- лінгвістична змінна $\mu(S)$ середня:

$$\mu(S(c)) = \begin{cases} 0, & x \leq 45, \\ 0,1 \cdot (x - 45), & 45 < x \leq 46, \\ 1, & 46 < x \leq 65, \\ 0,1 \cdot (66 - x), & 65 < x \leq 66, \\ 0, & x > 66; \end{cases} \quad (4.29)$$

- лінгвістична змінна $\mu(S)$ велика:

$$\mu(S(\bar{\sigma})) = \begin{cases} 0, & x \leq 65, \\ 0,1 \cdot (x - 65), & 65 < x \leq 66, \\ 1, & x > 66. \end{cases} \quad (4.30)$$

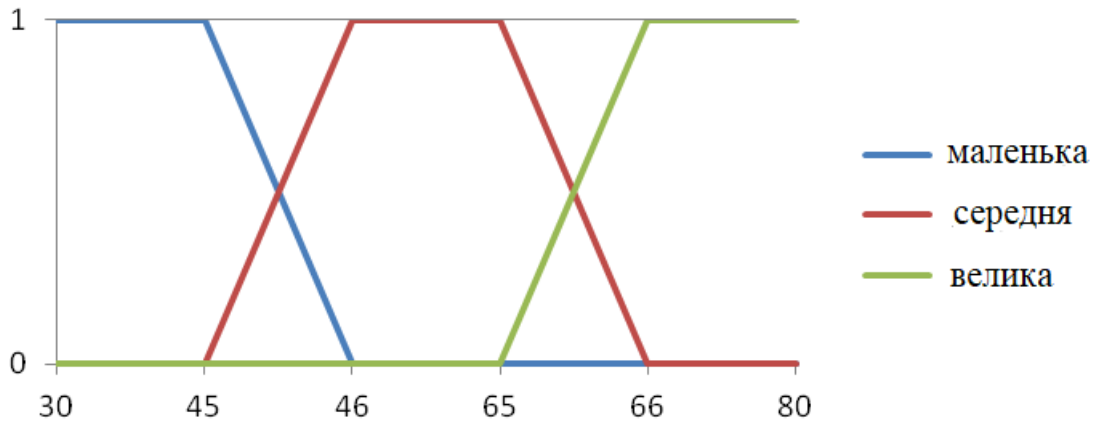


Рисунок 4.11 – Граф належності параметру шуму

До параметрів об'єкту впливу, що мають вплив на адаптацію прийняття рішень в системі управління відносять його габаритні розміри, які мають аналогічно опис з габаритними розмірами ПР, з урахуванням різниці прийнятих початкових діапазонів значень, а також його матеріал, якому відповідають спочатку задані допустимі значення тиску схвату.

4.4 Розробка моделі з використанням системи підтримки прийняття рішень

Прийняття рішень в системах адаптивного управління ПР полягає в досягненні мети управління оптимальним з можливих шляхом. При цьому, процес досягнення мети характеризується зміною станів від початкового заданого до кінцевого, відповідного досягненню поставленої мети – цільового – $state(x_0^f, x_1^f, x_2^f, \dots, x_{n-1}^f)$:

$$state_0 \xrightarrow{M_y} state_f. \quad (4.31)$$

Оптимальність досягнення мети задається по суті найкоротшим шляхом переміщення маніпулятора ПР в умовах обмежень, заданих параметричними моделями самого ПР, об'єкту впливу і навколишнього середовища, а також відповідності лінгвістичних змінних параметрів ПР характерним лінгвістичним змінним параметрів об'єкту впливу і навколишнього середовища.

Таким чином, модель прийняття рішень в адаптивних системах управління ПР в узагальненому вигляді може бути представлена виразом:

$$state_0(x_0^0, x_1^0, x_2^0, \dots, x_{n-1}^0) \xrightarrow{M_{\forall}} state_f(x_0^f, x_1^f, x_2^f, \dots, x_{n-1}^f). \quad (4.32)$$

$$M_{\forall} = \left\{ \begin{array}{l} \{M_{\text{ПР}}(x_{\text{ПР}}), M_{\text{ОС}}(x_{\text{ОС}}), M_{\text{ОВ}}(x_{\text{ОВ}})\}, \\ \forall (\mu(M_{\text{ОС}}), \mu(M_{\text{ОВ}}), \mu(M_{\text{ПР}})); \\ \forall (\mu(M_{\text{ПР}}), \mu(M_{\text{ОВ}}), \mu(M_{\text{ОС}})); \\ \forall (\mu(M_{\text{ПР}}), \mu(M_{\text{ОС}}), \mu(M_{\text{ОВ}})). \end{array} \right.$$

4.5 Забезпечення безпечних умов праці при проведенні досліджень

Дослідження по темі атестаційної роботи проводиться в лабораторії сидячи і не вимагає фізичної напруги. Тому вона відноситься до категорії Ia (легкі фізичні роботи, енерговитрати до 120 ккал/ч). З метою забезпечити комфортні умови для працівників та відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 у приміщенні встановлені наступні метеорологічні параметри:

а) для холодного періоду:

- 1) температура повітря від 22 до 24 °С;
- 2) вологість повітря від 40 до 60 %;
- 3) швидкість руху повітря оптимальна до 0,1 м/с;

б) для теплого періоду року:

- 1) температура повітря від 23 до 25 °С;
- 2) вологість повітря від 40 до 60 %;
- 3) швидкість руху повітря оптимальна до 0,1 м/с.

Для освітлення робочих місць і приміщення в цілому застосовується як природне бічне освітлення, так і штучне освітлення.

Приміщення з ЕОМ повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В.25-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Природне світло повинно проникати через бічні світлові прорізи, зорієнтовані, як правило, на північ або північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%:

Згідно ДСН 3.3.6.037-99 рівень шуму в лабораторії не перевищує 50 дБ.

Загальний рівень штучного освітлення приміщення можна перевірити за допомогою методу питомої потужності [17].

Розрахункова формула методу:

$$W = \frac{W_{\Sigma}}{S}, \quad (4.33)$$

де W – питома потужність, Вт/м²;

S – площа приміщення, $S = 48$ м²;

W_{Σ} – загальна потужність освітлювальної установки Вт, яка розраховується за формулою:

$$W_{\Sigma} = W_{cv} \cdot n_{cv}, \quad (4.34)$$

де W_{cv} – потужність одного світильника, $W_{cv} = 80$ Вт;

n_{cv} – кількість світильників в приміщенні, $n_{cv} = 8$ шт.

Дане приміщення має площу 48 м², в якому розташовано вісім світильників з вказаною потужністю.

$$W_{\Sigma} = 6 \cdot 80 = 640 \text{ (Вт)};$$

$$W = \frac{640}{48} = 13,5 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Даній питомій потужності відповідає освітленість 350 лк, що задовольняє вимогам ДБН В.2.5-28-2006.

4.6 Висновки по розділу

В четвертому розділу атестаційної роботі обрана модель підтримки прийняття рішень з урахуванням конкретних умов робочого простору, можливостей моделі ПР, характеристик його сенсорної системи і інших показників. Застосован метод нечіткої логіки при розробці математичного опису зазначених систем. Наведено методи побудови функцій належності. Проведено опис параметрів елементів моделі на основі принципів нечіткої логіки. Розроблена модель прийняття рішень для адаптивного управління ПР, полягає в управлінні оптимальним з можливих, шляхом зміни станів від початкового заданого до кінцевого, відповідного досягненню поставленої мети – цільового. Проведено аналіз безпечної роботи в приміщенні де виконувалася робота по темі атестаційної роботи.

ВИСНОВКИ

В ході виконання атестаційної роботи проведено аналіз сучасних ПР, які використовуються в різних галузях виробництва і їх структури. Наведено класифікацію ПР, виконаних за рядом ознак:

- за конструктивним виконанням;
- за характером операцій які виконуються;
- за спеціалізацією;
- за системою основних координатних переміщень;
- за кількістю ступенів рухливості;
- за типом системи управління.

Наведені методи управління ПР, які поділяють: на програмні, адаптивні і інтелектуальні. Методи управління можуть бути «жорсткими», «гнучкими» та «адаптивними».

Проаналізовано СППР, яка шляхом збирання та аналізу великої кількості інформації може впливати на процес прийняття рішень різного плану в умовах сучасних виробництв. Ця система дозволяє отримувати корисну інформацію з першоджерел, проаналізувати її, а також виявити існуючі методи для вирішення певних задач.

В роботі приведені принципи адаптивного управління ПР, які побудовані за принципом зворотного зв'язку, що дозволило отримувати дані про зміни навколишнього середовища і об'єкта регулювання і, відповідно до цього коригувати керуючий сигнал. Обрані:

- структурна схема інформаційної моделі, яка заснована на використанні моделі прийняття рішень, що містить у своїй основі параметричні моделі керованого об'єкта і оцінки недетермінованого зовнішнього середовища, в якій аналізуються можливі наслідки управління (прогноз);

- узагальнена структурна схема адаптивного управління ПР, яка включає п'ять рівнів управління;

- алгоритм роботи адаптивного управління ПР, на прикладі виконання найпростішої операції взяття маніпулятором довільно розташованої деталі, для подальшого виконання операції складання.

В роботі застосован метод параметричного моделювання – моделювання процесів або об'єктів з використанням параметрів елементів моделі та співвідношень між цими параметрами, полягає в створенні математичної моделі об'єктів з параметрами, при зміні яких відбуваються зміни конфігурації загального об'єкту або процесу, яке моделюється.

Адаптивна ієрархічна параметрична модель, виконана у виді «древа побудови», яка містить у собі 3 «гілки»:

- «гілка» параметрів самого ПР;
- «гілка» параметрів навколишнього середовища;
- «гілка» параметрів об'єкта впливу.

Адаптивна варіаційна параметрична модель, яка враховує:

- параметри навколишнього середовища;
- параметри об'єкта впливу.

Обрана модель підтримки прийняття рішень з урахуванням конкретних умов робочого простору, можливостей моделі робота, характеристик його сенсорної системи і інших показників. Застосован метод нечіткої логіки при розробці математичного опису зазначених систем. Наведено методи побудови функцій належності. Проведено опис параметрів елементів моделі на основі принципів нечіткої логіки. Розроблена модель прийняття рішень для адаптивного управління ПР, полягає в управлінні оптимальним з можливих, шляхом зміни станів від початкового заданого до кінцевого, відповідного досягненню поставленої мети – цільового.

Проведено аналіз безпечної роботи в приміщенні де виконуються дослідження по темі атестаційної роботи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки з «Розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітні програми: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І.Ш. Невлюдов, В.В. Косенко, В.В. Євсєєв. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 55 с.

2. ДСТУ 3008: 2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. - К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.

3. Невлюдов, І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів [Текст]: Підручник / І.Ш. Невлюдов. – Харків: Компанія СМІТ, 2005. – 592 с.

4. Невлюдов, І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Ш. Невлюдов. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017 р. – 444 с.

5. Схиртладзе, А.Г. Оборудование машиностроительных предприятий [Текст]: Учебник / А.Г. Схиртладзе, В.И. Выходец, Н.И. Никифоров, Я.Н. Отений. – Волгоград: ВолгГТУ, 2005. – 128 с.

6. Василенко, Н.В. Основы робототехники [Текст]: Учебник / Н.В. Василенко К.Д. Никитин В.П. Пономарёв А.Ю. Смолин. – Томск: МГП «Раско», 1993. – 470 с.

7. Системы управления промышленных роботов. Вычислительные устройства робототехнических систем [Электронный ресурс] / Учебные материалы для студентов. Введение в робототехнику. Режим доступа: [www/ URL: http://vunivere.ru/work22114/page7](http://vunivere.ru/work22114/page7).

8. Промышленные роботы. Принцип работы. [Электронный ресурс] / RoboMatic. Industrial Robots. Режим доступа: [www/ URL: http://www.robomatic.ru/robots/printsip-raboty](http://www.robomatic.ru/robots/printsip-raboty).

9. Decision Support Systems – DSS (definition) [Электронный ресурс] / Information builders. Режим доступа: [www/ URL: http://www.informationbuilders.com/decision-support-systems-dss](http://www.informationbuilders.com/decision-support-systems-dss).
10. Decision support system – DSS [Электронный ресурс] / Webopedia. Режим доступа: [www/ URL: http://www.webopedia.com/TERM/D/decision_support_system.html](http://www.webopedia.com/TERM/D/decision_support_system.html)
11. Тюкин, И.Ю. Адаптация в нелинейных динамических системах [Текст] / И.Ю. Тюкин, В.А. Терехов. – Санкт-Петербург: ЛКИ, 2008. – 384 с.
12. Юревич, Е.И. Теория автоматического управления [Текст] / Е.И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 560с.
13. Волкова, В.Н. Моделирование систем и процессов [Текст]: Учебник для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, В.Н. Козлов [и др.]; под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова – М. : Издательство Юрайт, 2015. – 449 с.
14. Промышленность, производство: основы робототехники [Электронный ресурс] / Рефераты. Режим доступа: [www/ URL: https://uchil.net/?cm=103400](https://uchil.net/?cm=103400).
15. Жданов А.А. Применение нечеткой логики в имитационной системе автономного адаптивного управления [Текст] / А.А. Жданов, М.В. Караваяев // Труды Института системного программирования РАН. Том 3, 2002 – С. 121-137.
16. Определение и основные характеристики нечетких множеств [Электронный ресурс] / БГТУ им. В.Г.Шухова. Режим доступа: [www/ URL: http://nrsu.bstu.ru/chap21.html](http://nrsu.bstu.ru/chap21.html).
17. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH [Текст] / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ Петербург, 2005. – 736 с.
18. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у випускних роботах ОКР «бакалавр» усіх форм навчання [Текст] / Упоряд.: Б.В. Дзюндзюк, В.А. Айвазов, Т.Є. Стищенко. – Харків: ХНУРЕ, 2012. – 28 с.