

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Факультет прикладної математики

Методичні рекомендації
для самостійної роботи з дисципліни
«Нейронечіткі технології в складних системах»

для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
спеціальності 113 Прикладна математика

Дніпро -2020

Уміщено загальні відомості та методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів вищої освіти за третім (освітньо-науковим) рівнем з дисципліни «Нейронечіткі технології в складних системах». Основну увагу приділено рекомендаціям щодо самостійного вивчення тем дисципліни та самоконтролю знань.

Для здобувачів вищої освіти за третім (освітньо-науковим) рівнем факультету прикладної математики ДНУ, які навчаються за спеціальністю 113 Прикладна математика.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для самостійної роботи з дисципліни
«Нейронечіткі технології в складних системах»

Укладач:

Притоманова Ольга Михайлівна

ЗМІСТ

1 ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ «НЕЙРОНЕЧІТКІ ТЕХНОЛОГІЇ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ».....	4
2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ТА ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ.....	6
3 ТЕСТОВІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ.....	21
4 ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	24

1 ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ «НЕЙРОНЕЧІТКІ ТЕХНОЛОГІЇ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ»

Метою вивчення дисципліни «Нейронечіткі технології в складних системах» для здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня спеціальності «Прикладна математика» є вивчення основних понять теорії нечітких множин та нечіткої логіки, які необхідні для проектування нейронечітких систем, нечіткої ідентифікації, нечіткої кластеризації та класифікації. Вивчення дисципліни буде сприяти досягненню таких компетентностей:

- здатність до проведення самостійних наукових досліджень, виявлення, постановки та розв'язання наукових проблем;
- здатність до використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій, пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність до створення адекватних математичних моделей на основі положень наукових теорій та відомостей про об'єкт дослідження;
- здатність досліджувати побудовані математичні моделі та визначати рамки їх застосування;
- здатність обирати раціональні шляхи розв'язання поставлених задач, застосовувати сучасний математичний апарат та комп'ютерні технології;
- здатність застосовувати математичні моделі для дослідження складних процесів у природничих, технічних, економічних і соціальних системах;
- здатність аналізувати одержані результати, надавати їх інтерпретацію та визначати межі придатності.

Наведені компетентності мають забезпечити такі результати навчання:

- уміти обґрунтовувати вибір математичної моделі на основі інтелектуального аналізу даних про об'єкт дослідження та наявного спектру моделей;

- уміти розробляти методиками та обчислювальні алгоритми математичного та комп'ютерного моделювання складних природничих, технічних, економічних і соціальних систем;
- уміти розробляти програмне забезпечення для реалізації алгоритмів моделювання складних систем і процесів.

Зміст дисципліни розкривається у таких темах:

- Тема 1. Вступ до інтелектуальних технологій ідентифікації: нечіткі множини.
- Тема 2. Вступ до інтелектуальних технологій ідентифікації: нейронні мережі.
- Тема 3. Прийняття рішень та ідентифікація. Лінгвістичні правила в прийнятті рішень.
- Тема 4. Принципи лінгвістичного моделювання.
- Тема 5. Лінгвістична апроксимація: об'єкти з неперервним виходом.
- Тема 6. Лінгвістична апроксимація: об'єкти з дискретним виходом.
- Тема 7. Застосування композиційного правила виведення. Ієрархічні об'єкти та складні системи.
- Тема 8. Нейронна настройка лінгвістичних моделей.
- Тема 9. Нейролінгвістична ідентифікація складних об'єктів.

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ТА ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

Тема 1. Вступ до інтелектуальних технологій ідентифікації: нечіткі множини.

Нечіткі множини виступають як узагальнення поняття звичайної множини в тих випадках, коли елемент може належати множині тільки певною мірою. Теорія нечітких множин дозволяє більш адекватно описувати ситуації невизначеності, зумовлені неможливістю чітко описати переваги або множину допустимих альтернатив.

Операції над нечіткими множинами можна визначити різними способами залежно від конкретних задач, за умови, що вони будуть правильно виконуватись стосовно чітких множин.

Нечіткі числа являють собою особливі нечіткі множини, що задані на множині дійсних чисел. Будучи узагальненням поняття числа й інтервалу, вони широко використовуються в нечіткому моделюванні. Розрізняють кілька видів нечітких чисел. Найбільш поширеними серед них є нечіткі числа К-типу, зокрема, трикутні й трапецоїдні числа. Операції із нечіткими числами здійснюються на основі принципу узагальнення і мають деякі специфічні властивості, що відрізняються від властивостей операцій над звичайними числами. Розгляд нечітких чисел L-R-типу значно спрощує обчислення при проведенні таких операцій. Визначення операцій над нечіткими числами може бути здійснено різними способами.

Методи побудови функцій належності поділяють на прямі й непрямі. В основу більшості методів покладено врахування думок експертів та властивостей характеристик, які описує нечітка множина. Крім того, ці методи забезпечують виконання певних вимог, справедливих стосовно функції належності, наприклад, монотонність і неперервність.

Поняття бінарного відношення дозволяє формалізувати операції попарного порівняння об'єктів й математично обґрунтувати вибір одного

або кількох об'єктів у тому разі, коли неможливо задати критерій на множині альтернатив, але реально оцінити переваги однієї альтернативи над іншою. Бінарні відношення можна задавати за допомогою матриці, графа або розрізів. До них застосовують операції перетину, об'єднання, доповнення та інші.

У теорії прийняття рішень важливе значення мають такі властивості відношень як рефлексивність, симетричність (асиметричність), транзитивність. Нечіткі відношення являють собою розширення поняття бінарного відношення на клас нечітких множин. Їх властивості зумовлені ознаками нечітких множин і бінарних відношень.

Принцип узагальнення - це спосіб розширення області визначення відображення на клас нечітких множин.

Контрольні питання і навчальні завдання до теми 1

1. Де і для яких задач доцільно застосовувати нечітку логіку?
2. Що таке нечітка множина? Наведіть приклади нечітких множин.
3. Представте нечіткими множинами такі висловлювання:
 - висока швидкість потяга;
 - дорога сукня;
 - висока тактова частота;
 - вимогливий викладач;
 - низька похибка вимірювання.
4. Дайте визначення та наведіть приклади понять: чітка підмножина функція приналежності, нечітка підмножина, множина належностей, нечітка змінна, лінгвістична змінна, терм-множина, терм, семантична процедура, нечітке число, нечітке число ($L-R$)-типу, функція приналежності нечітких чисел ($L-R$)-типу, нечітке n -арне відношення, нечітке відношення на множині.
5. У чому відмінності звичайних та нечітких чисел?
6. Характеристики та властивості нечітких множин: висота, чи є множина нормальною, субнормальною або порожньою; чи є множина

унімодальною, ядро, носій, межі, точки переходу, найближча чітку множину, чи є множина опуклою, міра нечіткості Егера, міру нечіткості Коско, чітка множина альфа-рівня.

7. Операції над нечіткими множинами: доповнення, включення, рівність, об'єднання, перетинання, різниця, симетрична різниця, диз'юнктивна сума, алгебраїчний добуток, алгебраїчна сума, обмежена сума, обмежена різниця, обмежений добуток, драстичне перетинання, драстичне об'єднання, λ -сума, зведення в ступінь, CON, DIL, множення на число, опукла комбінація, декартовий добуток, нормалізація, нечітке включення.

8. Властивості нечітких операцій та закони нечіткої логіки.

9. Функції приналежності нечітких множин: аналітичний запис, формат виклику у пакеті MATLAB, графіки.

10. Нечіткі операції у пакеті MATLAB.

Література до теми 1. [3, 4, 6, 8, 11]

Тема 2. Вступ до інтелектуальних технологій ідентифікації: нейронні мережі.

Штучна нейронна мережа - математична модель, яка представляє собою систему з'єднаних між собою простих обчислювальних елементів (нейронів). Ця математична модель імітує функціонування біологічної нейронної мережі. Нейрон складається з тіла, синапсів - утворень на дендритах, які отримують вхідний сигнал, та аксону - відросту, по якому передається вихідний сигнал. Основною властивістю нейронів є здатність до збудження та пригнічення під впливом вхідних електричних сигналів, що надходять по синапсам.

Існує багато типів штучних мереж: мережі прямого розповсюдження; рекурентні нейронні мережі; самоорганізаційні карти тощо. В лабораторній роботі досліджується багат шаровий персептрон - нейронна мережа прямого розповсюдження. В багат шаровому персептроні кожен нейрон представляється досить простою структурою. Нейрон містить суматор, на який подаються зважені вхідні сигнали. Після суматора сигнал подається на

функцію активації, яка відображає його у вихідний сигнал. Кожен вхід нейрона має вагу, який послаблює чи підсилює вхідний сигнал. Вагові коефіцієнти можуть бути як додатними, так і від'ємними, тобто вхідний сигнал може як збуджувати нейрон, так і пригнічувати його.

На базі логічних елементів нейронної мережі можна створити нейрокомп'ютер, який не програмується за звичайною фон-неймановською концепцією, а навчається. Замість створення схем послідовностей різних логічних операцій, операція нейрона визначається вхідними вагами, а отже для програмування алгоритму достатньо налаштувати ваги. Навчання - це процес налаштування ваг вхідних зв'язків нейронів штучної нейронної мережі. Функція активації може бути реалізована пороговою, лінійною сигмоїдною функціями або гіперболічним тангенсом. Головними властивостями, яким повинна відповідати функції активації, є існування похідної у кожній її точці та простота обрахунку власне похідної. Тому порогова функція не використовується в сучасних методах навчання багат шарових нейронних мереж. Найчастіше застосовується сигмоїдна функція активації.

Теоретично доведено, що двошарова нейрона мережа з нелінійною функцією активації є універсальним апроксиматором, який здатен описати довільну гладку залежність з якою завгодно точністю. Але залишається відкритим питання як отримати нейрону мережу з потрібною точністю - скільки потрібно нейронів у прихованому шарі, якими мають бути їх параметри?

Встановлення невідомих параметрів нейронної мережі здійснюється під час її навчання. Навчання проводиться таким чином: мережі надається приклад задачі, який вона вирішує. Якщо відповідь мережі відрізняється від бажаної, тоді параметри мережі змінюють, таким чином щоб її вихід наблизився до очікуваного. Закріплення результатів проводиться шляхом повторення прикладів, доки мережа не почне видавати рішення з бажаною

точністю. Якщо бажана точність не досягається після численних ітерацій навчання, це може свідчити про недостатню складність мережі.

Під час ідентифікації прикладних залежностей необхідна складність нейронної мережі наперед невідома, і не може бути достовірно визначена за формальними ознаками. Раціональним є підхід до поступового нарощування складності мережі. Тобто спочатку залежність слід ідентифікувати за допомогою простих моделей, і у разі незадовільної точності перейти до складних моделей.

Особливістю нейронних мереж є прихованість знань. Знаючи архітектуру мережі і її параметри ми не можемо якісно описати залежність між її входами та виходами.

Контрольні питання і навчальні завдання до теми 2

1. Що таке штучна нейрона мережа?
2. Які особливості дельта-правила навчання нейронної мережі?
3. Які переваги та недоліки алгоритму зворотного розповсюдження помилки?
4. Що таке перенавчання нейронної мережі і як його запобігти?
5. Навіщо потрібна контрольна вибірка?
6. Як впливає кількість даних на якість навчання нейронної мережі?
7. Яка роль зміщення в нейронній мережі?
8. Які функції активації використовуються в нейронних мережах?
9. Як обираються початкові ваги нейронної мережі?
10. Як визначити необхідну кількість прихованих шарів в нейронній мережі?
11. Як визначити необхідну кількість нейронів в прихованого шару?
12. Чи можна застосувати алгоритм зворотного розповсюдження помилки для навчання нейронної мережі з пороговою функцією активації?
13. Що може призвести до того, що після навчання нейронної мережі помилка на тестовій вибірці набагато вище ніж на навчальній?

14. Що може призвести до того, що після навчання нейронної мережі помилки на навчальній і тестовій вибірці майже однакові, але мають досить високе значення?

Література до теми 2 [1, 2, 3, 7, 10, 11]

Тема 3. Прийняття рішень та ідентифікація. Лінгвістичні правила в прийнятті рішень.

Теорія нечітких множин - це математичний апарат, що дозволяє описувати поняття, які не можуть бути висловлені чітко. Застосування цієї теорії доцільне в тих випадках, коли інформації для прийняття рішення недостатньо або коли опис ситуації засобами звичайних множин дуже «огрубляє» модель, що не дозволяє домогтись задовільного результату.

Задачі нечіткого математичного програмування являють собою узагальнення звичайних задач математичного програмування. Їх класифікують залежно від того, які елементи задачі є нечіткими, що зумовлює використання різних підходів до розв'язування. У тому разі, коли нечіткою в задачі є множина допустимих рішень, вона може бути зведена до задачі досягнення нечіткої мети або до задачі багатокритеріальної оптимізації. Коли обмеження задачі задано нечітко, то може бути застосований метод розкладання на множини рівня.

Якщо ж нечіткими є параметри цільової функції, то буде корисним метод послідовної або кусково-лінійної редукції. Перелічені підходи належать до непрямих методів розв'язування задач НМП.

Нечіткі відношення є узагальненням поняття бінарного відношення. Нечіткі відношення переваги використовують для опису й моделювання ситуацій, у яких інформація про переваги альтернатив не може бути висловлена однозначно. Вони дозволяють враховувати їх «деякою мірою». У багатьох випадках це дає можливість побудувати більш адекватну математичну модель і спростити розв'язування задачі.

Контрольні питання і навчальні завдання до теми 3

1. Інженерія знань та нечіткість.
2. Нечіткі відношення та операції з ними.
3. Нечіткі множини та виведення.
4. Дефазифікація: загальне призначення та методи: середній з максимальних, найбільший з максимальних, найменший з максимальних, центр тяжіння, метод медіани, висотна дефазифікація.
5. Методи нечіткого виведення.
6. Порівняння методів побудови нечіткого логічного виведення Мамдані та Сугено.
7. Створення нечітких моделей у пакеті MATLAB.
8. Що являє собою нечітке відношення переваги?
9. Які властивості має нечітке відношення переваги, що воно характеризує?
10. Які альтернативи називають недомінованими?
11. Які види згорток можна використовувати при виборі альтернатив на основі кількох відношень переваги? Охарактеризуйте особливості кожної з них.
12. Яким чином здійснюють раціональний вибір альтернатив, коли відоме відношення переваги на даній множині альтернатив?
13. Як відбувається раціональний вибір альтернатив, коли задано кілька відношень переваги на множині альтернатив?
14. Яким чином виконують раціональний вибір альтернатив, коли задано відношення переваги на множині альтернатив й нечітку перевагу на множині ознак?

Література до теми 3 [4, 5, 7, 9]

Тема 4. Принципи лінгвістичного моделювання.

Лінгвістичні змінні являють собою математичний опис якісних понять, їх використовують для формального відображення процесу мислення

людини в ході прийняття рішень. Для цього створюють нечіткі логічні висловлювання та алгоритми нечіткого виведення. Існує декілька видів таких алгоритмів. Найбільш відомі серед них алгоритми Мамдані, Цукамото, Сугено, Ларсена.

Системи нечіткого логічного виведення відіграють важливу роль у багатьох ситуаціях застосування теорії нечітких множин, зокрема, при побудові нечітких контролерів, у розробці нечітких експертних систем та ін.

Контрольні питання і навчальні завдання до теми 4

1. В чому особливості нечіткої бази знань?
2. Наведіть приклади лінгвістичних змінних.
3. Чим відрізняється логічне виведення від нечіткого логічного виведення?
4. Наведіть приклад правила з нечіткої бази знань.
5. Що таке “плато насичення” кривої навчання?
6. Чому навіть за максимальної кількості правил в базі знань нев’язка не дорівнює нулю?
7. Дайте визначення лінгвістичної змінної. Який вона має зміст? Наведіть приклади.
8. Що являє собою нечітка змінна? Чи завжди вона є лінгвістичною?
9. Як називаються підсилювачі чи послаблювачі значень лінгвістичних змінних? Яким чином вони впливають на нечітку множину?
10. Що таке базова шкала для вимірювання нечіткої множини? Її характер суб’єктивний чи об’єктивний?
11. Що таке нечітке висловлювання? Скільки видів таких висловлювань ви знаєте?
12. Чим багатовимірні лінгвістичні змінні відрізняються від одновимірних?
13. На яких тавтологічних висловах базується булівське логічне виведення?
14. Із яких чотирьох етапів складається алгоритм логічного виведення?

15. Що являє собою максимінна композиція нечітких відношень?
16. Які операції можуть бути застосовані для отримання логічного висновку?

Література до теми 4 [3, 5, 8]

Тема 5. Лінгвістична апроксимація: об'єкти з неперервним виходом.

Контрольні питання і навчальні завдання до теми 5

1. Які операції передбачені для побудови композиції вихідної нечіткої множини?
2. Які методи дефазифікації нечітких множин ви знаєте? Яка між ними існує відмінність?
3. Наведіть приклад застосування алгоритму узагальнення Заде в системі прийняття рішень.
4. Опишіть алгоритм логічного виведення Мамдані, наведіть приклад його застосування.
5. Із яких кроків формується алгоритм логічного виведення Ларсена? Наведіть приклад його застосування.
6. Яка послідовність дій в алгоритмі логічного виведення Цукамото? Наведіть приклад його використання.
7. Дати опис алгоритму логічного виведення Сугено і Такагі й навести приклад його застосування.
8. Наведіть приклад розв'язування задачі аналізу експертних висловлювань.
9. Який метод зведення до чіткості застосовується в системах прийняття рішень найчастіше? Які його варіанти вам відомі?
10. Чим відрізняється зведення до чіткості на безперервній нечіткій множині значень вихідної величини від виконання тієї самої операції на дискретній множині цих значень? Наведіть приклад застосування обох методів зведення до чіткості.

Література до теми 5 [3, 5, 8]

Тема 6. Лінгвістична апроксимація: об'єкти з дискретним виходом.

Контрольні питання і навчальні завдання до теми 6

1. Сформулюйте задачу класифікації.
2. Наведіть приклади застосування автоматичних класифікаторів.
3. Назвіть основні переваги автоматичних нечітких класифікаторів.
4. Обґрунтуйте мінімальний обсяг бази знань для задач класифікації.
5. Чому кількість термів вихідної змінної дорівнює кількості класів?
6. Які основні способи вибору правил нечіткого класифікатора?
7. Які функції належності можна застосовувати в нечіткому класифікаторі?
8. Чому функції належності термів змінної x майже не змінилися під час навчання нечіткого класифікатора вин?
9. Які корективи потрібно ввести в сценарій навчання, щоб функції належності термів змінної x налаштувалися під час оптимізації?

Література до теми 6 [3, 5, 8]

Тема 7. Застосування композиційного правила виведення. Ієрархічні об'єкти та складні системи.

Нечітке керування - один з актуальних напрямів використання нечітких множин, а також механізму нечіткого логічного виведення на практиці. За допомогою нечітких множин можна моделювати поведінку особи, що приймає рішення в антропотехнічних системах, та поліпшувати показники систем автоматичного й автоматизованого керування за рахунок підвищення точності моделей процесів.

Нечітка множина може застосовуватися для опису об'єкта керування або середовища, але більш сучасним є підхід, в основі якого використання нечіткого регулятора, котрий формує вплив на об'єкт керування з урахуванням нечітких правил.

Застосувавши для розбиття області припустимих значень вхідних і вихідних параметрів регулятора на нечіткі множини та встановивши між ними відповідність, можна створити базу правил, за допомогою якої

формуватиметься автоматичне логічне виведення контролера.

Нечіткі контролери складаються з блока фазифікації, формування логічного виведення і блока дефазифікації для отримання керувального впливу. У ролі кожного з блоків можуть розглядатися різні функції, що впливає на якість керування процесами в системі.

Нечіткий контролер з кількома вхідними змінними і однією вихідною може бути нейронною мережею прямого поширення, де вхідний, прихований та вихідний шари відповідають значенням вхідних змінних, правилам нечіткого виведення та вихідній змінній, а функції належності вхідного та вихідного шарів - ваговим коефіцієнтам. За рахунок навчання останніх можна отримати оптимальні згідно з обраним критерієм налаштування системи нейронечіткого керування.

Контрольні питання і навчальні завдання до теми 7

1. Дайте визначення поняття системи керування.
2. Який сенс вкладають у поняття входу і виходу системи?
3. Визначте поняття об'єкта керування і керувального пристрою. Як вони взаємодіють?
4. Що являє собою зворотний зв'язок у системі керування? Яка його функція?
5. Які основні класифікації систем керування ви знаєте?
6. У чому полягає алгоритм синтезу системи керування?
7. Який тип керування називається нечітким? У яких випадках його застосовують?
8. У яких випадках використовувати нечітке керування не бажано (не рекомендовано)?

Література до теми 7 [3, 5, 8, 11]

Тема 8. Нейронна настройка лінгвістичних моделей.

Нечіткою нейронною мережею називається поєднання штучної нейронної мережі з механізмом нечіткого логічного виведення. Інакше

кажучи, це обчислювальна система, котра містить кілька шарів штучних нейронів, хоча б один з яких відповідає системі правил (базі знань).

Нечітка нейронна мережа формально за структурою ідентична багатошаровій нейронній мережі з навчанням, але сховані в ній шари відповідають таким етапам функціонування нечіткої системи:

- перший шар нейронів виконує функцію введення нечіткості (fuzzification) на основі заданих функцій належності вхідних параметрів певній базовій шкалі;
- другий шар відображає сукупність нечітких правил;
- третій шар виконує функцію приведення результатів виведення до чіткості (defuzzification).

У розділі розглянуто мережу ANFIS, яку можна використовувати для налаштування функції належності, а також бази правил у нечіткій експертній системі.

Алгоритм навчання нейронної мережі - це метод або математична модель переважно багаторазового застосування, що використовується для підвищення ефективності цієї мережі. Нейронна мережа архітектури ANFIS навчається за допомогою методу градієнтного спуску.

Для використання цього алгоритму на практиці достатньо заповнити таблицю початкових наближень, аби на кожне правило їх припадало не менше 10 - 15, тоді алгоритм стає стабільним і збіжним.

Узагальненням нейронної мережі ANFIS виступає нечітка нейронна мережа називана TSK (за прізвищами авторів - Takagi, Sugeno і Kang), яка реалізує логічне виведення і задана п'ятишаровою структурою.

Навчання нечітких нейромереж, так само, як і класичних чітких мереж, може відбуватись і відповідно до алгоритму навчання з учителем, коли використовується цільова функція, і за алгоритмом самоорганізації без учителя. Базова форма алгоритму самоорганізації дозволяє точно знайти положення центрів відповідних груп даних (кластерів), на які розбивається вихідний багатовимірний простір. Такі центри надалі можуть

використовуватися в гібридному алгоритмі навчання нейронечіткої мережі. відіграючи роль початкових значень, що суттєво прискорює процес навчання й гарантує збіжність до глобального мінімуму.

Нечіткі системи - це універсальні апроксиматори функцій. Їх можна розглядати як тришарову нейронну мережу (НМ) прямої дії. Перший шар містить вхідні змінні, середній (прихований) шар - нечіткі правила і третій - вихідні змінні. Іноді використовують п'ятишарову архітектуру, де нечіткі множини являють собою нейрони другого - четвертого рівнів). Нечіткі нейронні системи апроксимують n-вимірні невідомі функції, що частково визначені навчальними даними.

Контрольні питання і навчальні завдання до теми 8

1. Структура та елементи нейро-нечітких мереж.
2. Застосування нейро-нечітких мереж для видобування знань з даних.
1. Нечітка кластеризація як підхід до представлення знань.
3. Який алгоритм кластер-аналізу призводить до отримання мережі меншої складності?
4. Як впливає задана кількість циклів навчання на точність навчання?
5. Як впливає задана точність навчання на тривалість навчання?
6. Які вимоги мають пред'являтися до навчальної вибірки та як це вплине на процес навчання?
7. Функції пакету MATLAB для створення нейро-нечітких мереж.
8. Редактор ANFISEDIT.

Література до теми 8 [1, 2, 5, 6, 10]

Тема 9. Нейролінгвістична ідентифікація складних об'єктів.

Методи, що базуються на теорії нечітких множин та нейронних мережах, мають широке застосування в різних галузях діяльності і дозволяють знаходити оптимальні рішення при неповних або неточних даних.

В цілому алгоритми створені на базі нечітких множин добре

zareкомендували себе на практиці для виконання найрізноманітнішого кола завдань:

- створення математичної моделі багат шарового оцінювання запасів;
- застосування нечітких рівнянь та елементів нечіткої логіки у діагностуванні складних систем (наприклад, пакет програм Thermix-2D для аналізу динаміки АЕС);
- керування нестационарним процесом руху морських геолого-геофізичних комплексів;
- оцінювання показників якості програмних засобів;
- у системах штучного інтелекту для управління роботою технологічного устаткування;
- контроль систем розробки родовищ, видобутку і транспортування газу та керування ними;
- опис дій диспетчерського персоналу за допомогою лінгвістичних правил поведінки, моделювання відхилень від прийнятих алгоритмів (помилки і поганої роботи диспетчерів, виникнення несправностей, перешкод) з використанням нечітких алгоритмів.

Контрольні питання і навчальні завдання до теми 9

1. Що таке оптимізація? Сформулюйте задачу оптимізації вагових коефіцієнтів правил нечіткої бази знань.
2. Обґрунтуйте можливість застосування методів лінійного програмування для розв'язання задач оптимізації вагових коефіцієнтів.
3. Яке рішення задачі оптимізації називається глобальним?
4. Оцініть час, який необхідно витратити на оптимізацію вагових коефіцієнтів методом повного перебору варіантів?
5. Назвіть керовані змінні в задачі настройки функцій належності .
6. Яка різниця між задачами умовної та безумовної оптимізації?
7. Якими методами можна розв'язати задачу настройки функцій належності?
8. Що являє собою нечітке відношення переваги?

9. Які властивості має нечітке відношення переваги, що воно характеризує?
10. Які альтернативи називають недомінованими?
11. Які види згорток можна використовувати при виборі альтернатив на основі кількох відношень переваги? Охарактеризуйте особливості кожної з них.
12. Яким чином здійснюють раціональний вибір альтернатив, коли відоме відношення переваги на даній множині альтернатив?
13. Як відбувається раціональний вибір альтернатив, коли задано кілька відношень переваги на множині альтернатив?
14. Яким чином виконують раціональний вибір альтернатив, коли задано відношення переваги на множині альтернатив й нечітку перевагу на множині ознак?

Література до теми 9 [1, 2, 5, 6, 10]

3 ТЕСТОВІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

Варіант 1

1. Що таке нечіткість знань (зміст терміну «нечіткість»)?
2. Дайте визначення характеристик та властивостей нечітких множин: висота.
3. Що таке: нечітка величина?
4. Що таке правила Мамдані нечіткої бази знань?
5. У чому полягає метод редукції нечітких термів?

Варіант 2

1. Що таке: нечітка множина
2. Дайте визначення операцій над нечіткими множинами: доповнення.
3. Що таке: мода нечіткого відношення?
4. Які вимоги мають пред'являтися до навчаючої вибірки?
5. Що таке нейро-нечітка асоціативна пам'ять Коско?

Варіант 3

1. Де і для яких задач доцільно застосовувати нечітку логіку?
2. Дайте визначення характеристик та властивостей нечітких множин: нормальність,
3. Що таке: нечіткий інтервал?
4. Що таке правила Такагі- Сугено нечіткої бази знань?
5. Що таке фазифікація?

Варіант 4

1. Що таке: чітка підмножина.
2. Дайте визначення операцій над нечіткими множинами: включення.
3. Що таке: скінчене й нескінчене нечіткі відношення?
4. Які мають властивості нечіткі операції?
5. Що таке: кластер

Варіант 5

1. Де і для яких задач недоцільно застосовувати нечітку логіку?
2. Дайте визначення характеристик та властивостей нечітких множин: субнормальність
3. Що таке: нечітке число?
4. Що таке нечітка база знань?
5. Як і для чого можна виконати об'єднання суміжних термів по ознаках?

Варіант 6

1. Що таке: функція належності.
2. Дайте визначення операцій над нечіткими множинами: непорівненість?
3. Що таке: рефлексивне й антирефлексивне нечіткі відношення?
4. Які існують узагальнення нечітких операцій?
5. Як впливає задана кількість циклів навчання на точність навчання?

Варіант 7

1. Які існують методи побудови функцій належності?
2. Дайте визначення характеристик та властивостей нечітких множин: порожність
3. Що таке: нечіткий нуль?
4. Що таке антецедент і консеквент правила?
5. Що таке: кластерний аналіз.

Варіант 8

1. Що таке: нечітка підмножина.
2. Дайте визначення операцій над нечіткими множинами: рівність.
3. Що таке: симетричне й асиметричне нечіткі відношення?
4. У чому відмінності звичайних та нечітких чисел?
5. У чому полягають особливості паралельних нейро-нечітких мереж

Варіант 9

1. Які існують методи запису функцій належності?
2. Дайте визначення характеристик та властивостей нечітких множин: унімодалність
3. Що таке: позитивне і негативне нечіткі числа.
4. Що таке нечітке логічне виведення?
5. Що таке нейро-нечітка мережа?

Варіант 10

1. Що таке: нечітка змінна.
2. Дайте визначення операцій над нечіткими множинами: власна нечітка підмножина.
3. Що таке: зворотне й транзитивне нечіткі відношення?
4. Що таке задача кластеризації,
5. Як виконати об'єднання нечітких термів у кластери

4 ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна:

1. Згуровский М.З. Зайченко Ю.П. Основы вычислительного интеллекта. - К.: Изд. «Наукова думка», 2013.- 406 с.
2. Штовба С.Д., Мазуренко В.В. Интеллектуальні технології ідентифікації залежностей. Лабораторний практикум : електронний навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2014. 113 с.
3. Ротштейн О.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / О. П. Ротштейн.- Винница: “Універсум-Вінниця”, 1999. - 320 с.
4. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Бином, 2009. 800 с.

Додаткова:

5. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. – М.: Горячая линия-Телеком, 2015. – 284 с.
6. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
7. Нечеткие гибридные системы. Теория и практика. Под ред. Н.Г. Ярушкиной.. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2007. 208 с.
8. Advances in Data Analysis with Computational Intelligence Methods / Janusz Kacprzyk (ed.). Springer Nature. 2018. 412 p.
9. Applied Mathematics and Computational Intelligence / Anna M. Gil-Lafuente (ed.). Springer Nature. 2018. 428 p.
10. Siddique N. Intelligent Control: A Hybrid Approach Based on Fuzzy Logic, Neural Networks and Genetic Algorithms. Springer, 2013. — 282 p.
11. Springer Handbook of Computational Intelligence / Janusz Kacprzyk (ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. 1633 p. DOI 10.1007/978-3-662-43505-2.