

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Нечеткие системы»
для магистрантов направления 09.04.03 «Прикладная
информатика» направленность (профиль) «Управление
знаниями»

Ставрополь
2026

Введение

Дисциплина «Нечеткие системы», формирует профессиональные навыки магистранта по направлению подготовки 09.04.03 «Прикладная информатика».

Изучение дисциплины «Нечеткие системы» базируется проведении лабораторных работ и индивидуальных занятий под руководством преподавателя, самостоятельной работе студентов

Задачами курса являются:

- формирование знаний об областях применения нечетких систем, методах и алгоритмах решения практических задач, использующих нечеткие множества и нечеткую логику;
- изучение основных теоретических положений, методов и математических моделей, используемых в теории нечетких систем;
- получение практической подготовки в применении изученных методов и алгоритмов для решения задач обработки информации и управления.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. Исследование способов формирования нечетких множеств и операций над ними	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2	6
Моделирование нечеткой системы средствами инструментария	6
нечеткой логики	6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. Исследование алгоритма нечеткой кластеризации	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. Изучение свойств линейного нейрона и линейной нейронной сети	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5	12
Изучение многослойного нелинейного перцептрона	12
и алгоритма обратного распространения ошибки	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6	14
Изучение радиальных базисных, вероятностных нейронных сетей,	14
сетей регрессии	14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7	17
Изучение сетей Кохонена и алгоритма обучения без учителя	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8	19
Основные элементарные функции генетических вычислений	19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9	Ошибка! Закладка не определена.
Интегральные функции генетических вычислений	Ошибка! Закладка не определена.
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	21

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. Исследование способов формирования нечетких множеств и операций над ними

Цель работы: изучить методы построения нечетких множеств с использованием различных типов функций принадлежности.

Формируемые компетенции: ПК-2, 3

Теоретическая часть

Пусть E - универсальное множество, x - элемент E , а R - определенное свойство. Обычное (четкое) подмножество A универсального множества E , элементы которого удовлетворяют свойству R , определяется как множество упорядоченной пары $A = \{\mu_A(x)/x\}$, где $\mu_A(x)$ - характеристическая функция, принимающая значение 1, когда x удовлетворяет свойству R , и 0 - в другом случае.

Нечеткое подмножество отличается от обычного тем, что для элементов x из E нет однозначного ответа "нет" относительно свойства R . В связи с этим, нечеткое подмножество A универсального множества E определяется как множество упорядоченной пары $A = \{\mu_A(x)/x\}$, где $\mu_A(x)$ - характеристическая функция принадлежности (или просто функция принадлежности), принимающая значение в некотором упорядоченном множестве M (например, $M = [0,1]$).

Функция принадлежности указывает степень (или уровень) принадлежности элемента x к подмножеству A . Множество M называют множеством принадлежностей. Если $M = \{0,1\}$, тогда нечеткое подмножество A может рассматриваться как обычное или четкое множество.

Пусть A и B - нечеткие множества на универсальном множестве E .

Говорят, что A содержится в B , если $\forall x \in E \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$.

Обозначение: $A \subseteq B$.

Иногда используют термин "доминирование", то есть в случае если $A \subseteq B$, говорят, что B доминирует A .

Равенство

A и B равны, если $\forall x \in E \mu_A(x) = \mu_B(x)$.

Обозначение: $A = B$.

Дополнение

Пусть $M = [0,1]$, A и B - нечеткие множества, заданные на E . A и B дополняют друг друга, если

$$\mu_A(x) = 1 - \mu_B(x).$$

Обозначение: $B = \bar{A}$ или $A = \bar{B}$

Очевидно, что $\bar{\bar{A}} = A$. (Дополнение определено для $M = [0,1]$, но очевидно, что его можно определить для любого упорядоченного M).

Пересечение

$A \cap B$ - наибольшее нечеткое подмножество, которое содержится одновременно в A и B .

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)).$$

Объединение

$A \cup B$ - наименьшее нечеткое подмножество, которое включает как A , так и B , с функцией принадлежности:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)).$$

Разность

$A - B = A \cap \bar{B}$ с функцией принадлежности:

$$\mu_{A-B}(x) = \mu_A \cap \bar{B}(x) = \min(\mu_A(x), 1 - \mu_B(x)).$$

Дизъюнктивная сумма

$A \oplus B = (A - B) \cup (B - A) = (A \cap \bar{B}) \cup (\bar{A} \cap B)$ с функцией принадлежности:

$$\mu_{A \oplus B}(x) = \max\{\min\{\mu_A(x), 1 - \mu_B(x)\}; \min\{1 - \mu_A(x), \mu_B(x)\}\}$$

Задание.

Пусть эксперт определяет толщину изделия, с помощью понятия "маленькая толщина", "средняя толщина" и "большая толщина", при этом минимальная толщина равняется 10 мм, а максимальная - 80 мм.

Оборудование и материалы: для выполнения данной лабораторной работы необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Adobe Reader, Matlab.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Содержание отчета: отчет по лабораторной работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полутонный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой лабораторной работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Что такое нечеткое множество и каково его основное отличие от обычного (четкого) множества?
2. Что такое функция принадлежности?
3. Какие конъюнктивные и дизъюнктивные операторы вы знаете?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер.с польск.И.Д.Рудинского. [Электронный ресурс] : / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843
2. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2006. - 452 с.
3. Математические основы теории систем : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. - Томск : ТМЦДО, 2002. - 104 с.
4. Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие/ С.Н. Павлов; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 134 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Моделирование нечеткой системы средствами инструментария нечеткой логики

Цель работы: изучить метод построения нечеткой системы средствами инструментария нечеткой логики (ИНЛ).

Формируемые компетенции: ПК-2, 3

Теоретическая часть

В составе *Matlab* присутствуют пять основных средств графического интерфейса пользователя (ГИП), которые обеспечивают доступ к ИНЛ: редакторы системы нечеткого вывода (СНВ), функции принадлежности, правил вывода, а также средства просмотра правил и поверхности вывода. Эти средства связаны между собой динамически и производимые изменения в одном из них влекут изменения в других.

Редактор СНВ предоставляет возможность формирования проектируемой системы на высоком уровне абстракции: количество входных и выходных переменных, наименование переменных.

Редактор функций принадлежности (ФП) используется для определения формы ФП, ассоциированных с каждой переменной.

Редактор правил вывода применяется для редактирования списка правил, которые определяют поведение проектируемой системы.

Средство просмотра правил вывода используется в целях диагностики и может показывать, например, активность правил или форму влияния отдельных ФП на результат нечеткого вывода.

Средство просмотра поверхности вывода используется для отображения зависимости выхода системы от одного или двух входов. Другими словами, оно генерирует и выводит карту поверхности вывода разработанной СНВ.

Редактор СНВ. Построение нечетких систем по Мамдани.

Для построения создаваемой системы в командной строке основного окна *Matlab* необходимо набрать команду **fuzzy**. Окно редактора новой СНВ содержит входную, обозначенную *input1* и выходную — *output1* переменные. По умолчанию ИНЛ предлагает создавать СНВ типа Мамдани.

Для того чтобы добавить новую переменную, необходимо выбрать в меню **Edit** соответствующий пункт (для входной переменной — **Addinput**, для выходной — **Addoutput**). Изменение наименования переменной происходит по шагам.

Задание

1. Для наиболее характерного объекта или процесса предметной области, заданной вариантом, разработать нечёткую систему. Тип системы определяется преподавателем. Количество правил, входных и выходных переменных должно быть достаточным для адекватного (реалистичного) описания поведения выбранного объекта/протекания выбранного процесса. Количество переменных – не менее четырёх и не более семи. В правилах использовать связки «И», «ИЛИ», «НЕ» (хотя бы единожды). Функции принадлежности применять, по возможности, те же, что и в работе 1 (иной выбор обосновать); Т-нормы, S-конормы и функцию дополнения использовать стандартные.

2. Используя Fuzzy Logic Constructor, реализовать нечёткую систему и для ряда наборов значений входных переменных произвести расчёт значений выходных переменных объекта или процесса. Построить для разработанной нечёткой системы ряд поверхностей вывода, используя различные комбинации входных и выходных переменных. Подготовить и сдать печатный отчёт, включающий полное описание созданной нечёткой системы и результаты расчётов с необходимыми пояснениями и выводами. Устранить, если потребуется, выявленные в нём ошибки и недочёты.

Оборудование и материалы: для выполнения данной лабораторной работы необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Adobe Reader, Matlab.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Содержание отчета: отчет по лабораторной работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой лабораторной работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Что такое нечеткое множество и каково его основное отличие от обычного (четкого) множества?

2. Что такое функция принадлежности?

3. Какие конъюнктивные и дизъюнктивные операторы вы знаете?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. [Электронный ресурс] : / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843

2. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2006. - 452 с.

3. Математические основы теории систем : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. - Томск : ТМЦДО, 2002. - 104 с.

4. Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие/ С.Н. Павлов; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 134 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. Исследование алгоритма нечеткой кластеризации

Цель работы: изучить алгоритм нечеткой кластеризации.

Формируемые компетенции: ПК-2, 3

Теоретическая часть

Кластеризация – это разделение множества входных векторов на группы (кластеры) по степени «схожести» друг на друга.

Задача кластеризации сходна с задачей классификации, является ее логическим продолжением, но ее отличие в том, что классы изучаемого набора данных заранее не predetermined.

Синонимами термина «кластеризация» являются «автоматическая классификация», «обучение без учителя» и «таксономия».

Кластеризация предназначена для разбиения совокупности объектов на однородные группы (кластеры или классы). Если данные выборки представить как точки в признаковом пространстве, то задача кластеризации сводится к определению «сгущений точек».

Цель кластеризации – поиск существующих структур.

Кластеризация является описательной процедурой, она не делает никаких статистических выводов, но дает возможность провести разведочный анализ и изучить «структуру данных».

Кластер можно охарактеризовать как группу объектов, имеющих общие свойства.

Характеристиками кластера можно назвать два признака:

- внутренняя однородность;
- внешняя изолированность.

Наибольшее применение кластеризация первоначально получила в таких науках как биология, антропология, психология. Для решения экономических задач кластеризация длительное время мало использовалась из-за специфики экономических данных и явлений.

Задача кластеризации заключается в сопоставлении каждому элементу входного множества степени принадлежности к каждому кластеру.

Основные этапы решения задачи кластеризации:

- Найти координаты центров кластеров;
- Построить матрицу степеней принадлежности.

Задание.

1. Классификация эффективности продаж по объему продукции и скоростью реализации.
2. Решить задачу с помощью средств MatLab.
3. Найти центры кластеров и построить график изменения значений целевой функции.

Оборудование и материалы: для выполнения данной лабораторной работы необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Adobe Reader, Matlab.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Содержание отчета: отчет по лабораторной работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полутонный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой лабораторной работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Что такое нечеткое множество и каково его основное отличие от обычного (четкого) множества?

2. Что такое функция принадлежности?
3. Какие конъюнктивные и дизъюнктивные операторы вы знаете?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер.с польск.И.Д.Рудинского. [Электронный ресурс] : / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843
2. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2006. - 452 с.
3. Математические основы теории систем : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. - Томск : ТМЦДО, 2002. - 104 с.
4. Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие/ С.Н. Павлов; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 134 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. Изучение свойств линейного нейрона и линейной нейронной сети

Цель работы: изучить свойства линейного нейрона.

Формируемые компетенции: ПК-2, 3

Теоретическая часть

Хотя отдельные нейроны и способны после некоторой процедуры обучения решать ряд задач искусственного интеллекта, все же для эффективного решения сложных задач по распознаванию образов, идентификации и классификации объектов, распознаванию и синтезу речи, оптимальному управлению применяют достаточно большие группы нейронов, образуя из них искусственные нейронные сети в виде связанных между собой слоёв, напоминающие биологические нейронные (нервные) сети человека и животных.

Существует множество способов организации искусственных нейронных сетей, которые могут содержать различное число слоёв нейронов. Нейроны могут быть связаны между собой как внутри отдельных слоёв, так и между слоями. В зависимости от направления передачи сигнала эти связи могут быть прямыми или обратными. Слой нейронов, непосредственно принимающий информацию из внешней среды, называется входным слоем, а слой, передающий информацию во внешнюю среду, – выходным слоем. Остальные слои, если они имеются в сети, называются промежуточными, или скрытыми. В ряде случаев такого функционального распределения слоёв сети не производится, так что входы и выходы могут присоединяться к любым слоям и иметь произвольное число компонент.

Структура, или архитектура сети искусственных нейронов зависит от той конкретной задачи, которую должна решать сеть. Она может быть однослойной без обратных связей или с обратными связями, двухслойной с прямыми связями, трехслойной с обратными связями и т. д. Сети с обратными связями называют часто рекуррентными. Описание архитектуры искусственной нейронной сети помимо указания числа слоёв и связей между ними должно включать сведения о количестве нейронов в каждом слое, виде функций активации в каждом слое, наличии смещений для каждого слоя, наличии компонент входных, выходных и целевых векторов, а в ряде случаев и характеристики топологии слоёв. Например, для аппроксимации любой функции с конечным числом точек разрыва широко используется сеть с прямой передачей сигналов. В этой сети имеется несколько слоёв с сигмоидальными функциями активации. Выходной слой содержит нейроны с линейными функциями активации. Данная сеть не имеет обратных связей, поэтому её называют сетью с прямой передачей сигналов (FF-net). Графически искусственная нейронная сеть изображается в виде функциональной или структурной схемы. На функциональной схеме сети с помощью геометрических фигур изображаются её функциональные блоки, а стрелками показываются входы, выходы и связи. В блоках и на стрелках указываются необходимые обозначения и параметры. Структурная схема сети изображается с помощью типового набора блоков, соединительных элементов и обозначений, принятых в инструментальном программном пакете Neural Network Toolbox системы MATLAB и пакете имитационного моделирования Simulink той же системы. Структурная схема сети может быть укрупнённой или детальной, причём степень детализации определяется пользователем. Системы обозначений блоков, элементов и параметров сети является векторно-матричной, принятой в системе MATLAB. Если в обозначении используется два индекса, то, как правило, первый индекс (индекс строки) указывает адресата, или пункт назначения, а второй индекс (индекс столбца) – источник структурной схемы сети. Структурные схемы создаются системой автоматически с помощью команды gensim. Если элементом вектора или матрицы на структурной схеме является сложный объект, то используются соответственно ячейка и массив ячеек.

Программным представлением, или вычислительной моделью искусственной нейронной сети, является объект специального класса network, который включает массив структур с атрибутами сети и набор методов, необходимых для создания сети, а также для её инициализации, обучения, моделирования и визуализации. Класс Network имеет два общих конструктора, один из которых не имеет параметров и обеспечивает создание массива структур с нулевыми значениями полей, а второй – имеет минимальный набор параметров для создания модели нейронной сети, достраиваемой затем до нужной конфигурации с помощью операторов

ров присваивания. Для создания нейронных сетей определённого вида используются специальные конструкторы.

Задание 1. Создать вычислительную модель нейронной сети с двумя выходами, тремя слоями и одним целевым входом, используя общий конструктор сети с параметрами.

Задание 2. Создать точно такую же динамическую сеть `asgnet`, используя конструктор класса `network` без параметров и задавая значения соответствующих полей вычислительной модели с помощью операторов присваивания. Убедиться в идентичности сетей `net` и `asgnet`. Сравнить результаты работы полученных сетей. 48 Задание 3. Используя блоки имитационного моделирования инструментального пакета Simulink системы MATLAB, построить модель динамической сети `asgnet`, провести исследование модели, проверить адекватность её поведения поведению модели `net` и оформить электронный отчёт с помощью генератора Report Generator.

Оборудование и материалы: для выполнения данной лабораторной работы необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Adobe Reader, Matlab.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Содержание отчета: отчет по лабораторной работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой лабораторной работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Что такое нечеткое множество и каково его основное отличие от обычного (четкого) множества?

2. Что такое функция принадлежности?

3. Какие конъюнктивные и дизъюнктивные операторы вы знаете?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер.с польск.И.Д.Рудинского. [Электронный ресурс] : / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843

2. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2006. - 452 с.

3. Математические основы теории систем : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. - Томск : ТМЦДО, 2002. - 104 с.

4. Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие/ С.Н. Павлов; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 134 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Изучение многослойного нелинейного перцептрона и алгоритма обратного распространения ошибки

Цель работы: изучить возможности многослойного перцептрона как аппроксиматора и классификатора.

Формируемые компетенции: ПК-2, 3

Теоретическая часть

Перцептрон – это однослойная нейронная сеть с S нейронами и R входами, каждый из которых может состоять из нескольких элементов. Передаточной функцией каждого нейрона является ступенчатая функция типа `hardlim` или `hardlims`. Помимо основных входов, нейроны перцептрона имеют вход для постоянного смещения, равного единице. Элементы входов и смещения взвешиваются с помощью функции скалярного произведения `dotprod` и суммируются с помощью функции накопления `netsum`.

Создание перцептрона производится следующей функцией:

`net = newp(PR, S, tf, lf),`

где `net` – объект класса `network`;

`PR` – массив размера $R \times 2$ минимальных и максимальных значений для R векторов входа;

`S` – число нейронов перцептрона;

`tf` – передаточная функция из списка `{ hardlim, hardlims }`, причем по умолчанию задается `hardlim`;

`lf` – обучающая функция из списка `{ learnp, learnpn }`, причем по умолчанию – `learnp`.

При создании перцептрона, матрица весов и вектор смещений инициализируются нулями с помощью функций `initzero`. Обучение перцептрона производится с помощью функции адаптации `adapt`, которая корректирует веса и смещения по результатам обработки каждой пары входных и выходных значений (обучение с 74 учителем). Применение функции `adapt` гарантирует, что любая задача классификации с линейно отделимыми векторами будет решена за конечное число циклов настройки. Функция обучения `train`, когда настройка параметров сети выполняется не после каждого прохода, а в результате всех проходов обучающего множества, в ряде случаев не обеспечивает сходимости процесса настройки, поэтому не используется для обучения перцептрона.

Настройка весов и смещений, реализуемая функциями `learnp` и `learnpn`, производится по следующим правилам:

а) для входных сигналов вычисляются выходные;

б) определяются ошибки как разность между целевым выходом и соответствующим выходным сигналом;

в) производится корректирование весов и смещений путем сложения старых значений с приращениями, каждое из которых равно произведению соответствующего сигнала на ошибку того нейрона, для которого корректируется параметр.

Оборудование и материалы: для выполнения данной лабораторной работы необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Adobe Reader, Matlab.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Содержание отчета: отчет по лабораторной работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой лабораторной работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Задание 1. Создать персептрон с одним нейроном и одноэлементным входом, диапазон значений которого от 0 до 1, и проанализировать значения параметров его вычислительной модели.

Контрольные вопросы:

1. Что такое нечеткое множество и каково его основное отличие от обычного (четкого) множества?

2. Что такое функция принадлежности?

3. Какие конъюнктивные и дизъюнктивные операторы вы знаете?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер.с польск.И.Д.Рудинского. [Электронный ресурс] : / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843

2. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2006. - 452 с.

3. Математические основы теории систем : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. - Томск : ТМЦДО, 2002. - 104 с.

4. Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие/ С.Н. Павлов; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 134 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Изучение радиальных базисных, вероятностных нейронных сетей, сетей регрессии

Цель работы: изучить модель вычислений радиального базисного нейрона, структуру и функции сетей регрессии, вероятностных нейронных сетей.

Формируемые компетенции: ПК-2, 3

Теоретическая часть

В предыдущем разделе было описано, как многослойный персептрон моделирует функцию отклика с помощью функций "сигмоидных склонов" - в задачах классификации это соответствует разбиению пространства входных данных посредством гиперплоскостей. Метод разбиения пространства гиперплоскостями представляется естественным и интуитивно понятным, ибо он использует фундаментальное простое понятие прямой линии.

Столь же естественным является подход, основанный на разбиении пространства окружностями или (в общем случае) гиперсферами. Гиперсфера задается своим центром и радиусом. Подобно тому, как элемент *MLP* реагирует (нелинейно) на расстояние от данной точки до линии "сигмоидного склона", в сети, построенной на радиальных базисных функциях (Broomhead and Lowe, 1988; Moody and Darkin, 1989; Haykin, 1994), элемент реагирует (нелинейно) на расстояние от данной точки до "центра", соответствующего этому радиальному элементу. Поверхность отклика радиального элемента представляет собой гауссову функцию (колоколообразной формы), с вершиной в центре и понижением к краям. Наклон гауссова радиального элемента можно менять подобно тому, как можно менять наклон сигмоидной кривой в *MLP*.

Элемент *многослойного персептрона* полностью задается значениями своих весов и порогов, которые в совокупности определяют уравнение разделяющей прямой и скорость изменения функции при отходе от этой линии.

До действия сигмоидной функции активации уровень активации такого элемента определяется *гиперплоскостью*, поэтому в системе *ST Neural Networks* такие элементы называются линейными (хотя функция активации, как правило, нелинейна).

В отличие от них, радиальный элемент задается своим центром и "радиусом". Положение точки в *N*-мерном пространстве определяется *N* числовыми параметрами, т.е. их ровно столько же, сколько весов у линейного элемента, и поэтому координаты центра радиального элемента в пакете *ST Neural Networks* хранятся как "веса". Его радиус (отклонение) хранится как "порог". Следует отчетливо понимать, что "веса" и "пороги" радиального элемента принципиально отличаются от весов и порогов линейного элемента, и если забыть об этом, термин может ввести в заблуждение. Радиальные веса на самом деле представляют точку, а радиальный порог - отклонение.

Сеть типа радиальной базисной функции (*RBF*) имеет промежуточный слой из радиальных элементов, каждый из которых воспроизводит гауссову поверхность отклика. Поскольку эти функции нелинейны, для моделирования произвольной функции нет необходимости брать более одного промежуточного слоя. Для моделирования любой функции необходимо лишь взять достаточное число радиальных элементов. Остается решить вопрос о том, как следует скомбинировать выходы скрытых радиальных элементов, чтобы получить из них выход сети. Оказывается, что достаточно взять их линейную комбинацию (т.е. взвешенную сумму гауссовых функций). Сеть *RBF* имеет выходной слой, состоящий из элементов с линейными функциями активации (Haykin, 1994; Bishop, 1995).

Сети *RBF* имеют ряд преимуществ перед сетями *MLP*. Во-первых, как уже сказано, они моделируют произвольную нелинейную функцию с помощью всего одного промежуточного слоя, и тем самым избавляют нас от необходимости решать вопрос о числе слоев. Во-вторых, параметры линейной комбинации в выходном слое можно полностью оптимизировать с помощью хорошо известных методов линейного моделирования, которые работают быстро и не испытывают трудностей с локальными минимумами, так мешающими при обучении *MLP*. Поэтому сеть *RBF* обучается очень быстро (на порядок быстрее *MLP*).

С другой стороны, до того, как применять линейную оптимизацию в выходном слое сети *RBF*, необходимо определить число радиальных элементов, положение их центров и ве-

личины отклонений. Соответствующие алгоритмы, хотя и работают быстрее алгоритмов обучения *MLP*, в меньшей степени пригодны для отыскания субоптимальных решений. В качестве компенсации, Автоматический конструктор сети пакета *ST Neural Networks* сможет выполнить за Вас все необходимые действия по экспериментированию с сетью.

Другие отличия работы *RBF* от *MLP* связаны с различным представлением *пространства модели*: "групповым" в *RBF* и "плоскостным" в *MLP*.

Опыт показывает, что для правильного моделирования типичной функции сеть *RBF*, с ее более эксцентричной поверхностью отклика, требует несколько большего числа элементов. Конечно, можно специально придумать форму поверхности, которая будет хорошо представляться первым или, наоборот, вторым способом, но общий итог оказывается не в пользу *RBF*. Следовательно, модель, основанная на *RBF*, будет работать медленнее и потребует больше памяти, чем соответствующий *MLP* (однако она гораздо быстрее обучается, а в некоторых случаях это важнее).

С "групповым" подходом связано и неумение сетей *RBF* экстраполировать свои выводы за область известных данных. При удалении от обучающего множества значение функции отклика быстро спадает до нуля. Напротив, сеть *MLP* выдает более определенные решения при обработке сильно отклоняющихся данных. Достоинство это или недостаток - зависит от конкретной задачи, однако в целом склонность *MLP* к некритическому экстраполированию результата считается его слабостью. Экстраполяция на данные, лежащие далеко от обучающего множества, - вещь, как правило, опасная и необоснованная.

Сети *RBF* более чувствительны к "проклятию размерности" и испытывают значительные трудности, когда число входов велико. Как уже говорилось, обучение *RBF*-сети происходит в несколько этапов. Сначала определяются центры и отклонения для радиальных элементов; после этого оптимизируются параметры линейного выходного слоя.

Расположение центров должно соответствовать кластерам, реально присутствующим в исходных данных. Рассмотрим два наиболее часто используемых метода.

Расположение центров должно соответствовать кластерам, реально присутствующим в исходных данных. Рассмотрим два наиболее часто используемых метода.

Выборка из выборки. В качестве центров радиальных элементов берутся несколько случайно выбранных точек обучающего множества. В силу случайности выбора они "представляют" распределение обучающих данных в статистическом смысле. Однако, если число радиальных элементов невелико, такое представление может быть неудовлетворительным (Haykin, 1994).

Алгоритм К-средних. Этот алгоритм (Bishop, 1995) стремится выбрать оптимальное множество точек, являющихся центроидами кластеров в обучающих данных. При *K* радиальных элементах их центры располагаются таким образом, чтобы:

- Каждая обучающая точка "относилась" к одному *центру кластера* и лежала к нему ближе, чем к любому другому центру;
- Каждый *центр кластера* был центроидом множества обучающих точек, относящихся к этому кластеру.

После того, как определено расположение центров, нужно найти отклонения. Величина отклонения (ее также называют сглаживающим фактором) определяет, насколько "острой" будет гауссова функция. Если эти функции выбраны слишком острыми, сеть не будет интерполировать данные между известными точками и потеряет способность к обобщению. Если же гауссовы функции взяты чересчур широкими, сеть не будет воспринимать мелкие детали. На самом деле сказанное - еще одна форма проявления дилеммы пере/недообучения. Как правило, отклонения выбираются таким образом, чтобы колпак каждой гауссовой функций захватывал "несколько" соседних центров. Для этого имеется несколько методов:

Явный. Отклонения задаются пользователем.

Изотропный. Отклонение берётся одинаковым для всех элементов и определяется эвристически с учётом количества радиальных элементов и объёма покрываемого пространства (Haykin, 1994).

К ближайших соседей. Отклонение каждого элемента устанавливается (индивидуально) равным среднему расстоянию до его *K* ближайших соседей (Bishop, 1995). Тем самым отклонения будут меньше в тех частях пространства, где точки расположены густо, - здесь

будут хорошо учитываться детали, - а там, где точек мало, отклонения будут большими (и будет производиться интерполяция).

После того, как выбраны центры и отклонения, параметры выходного слоя оптимизируются с помощью стандартного метода линейной оптимизации - алгоритма псевдообратных матриц (сингулярного разложения) (Haykin, 1994; Golub and Kahan, 1965).

Могут быть построены различные гибридные разновидности радиальных *базисных функций*. Например, выходной слой может иметь нелинейные функции активации, и тогда для его обучения используется какой-либо из алгоритмов обучения многослойных персептронов, например, метод обратного распространения. Можно также обучать радиальный (скрытый) слой с помощью алгоритма обучения сети Кохонена - это ещё один способ разместить центры так, чтобы они отражали расположение данных.

Оборудование и материалы: для выполнения данной лабораторной работы необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Adobe Reader, Matlab.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Содержание отчета: отчет по лабораторной работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой лабораторной работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Какова структура типовой системы нечеткого вывода?
2. В чем отличие метода нечеткого вывода по Суджено от метода нечеткого вывода по Мамдани?
3. Каким образом формируются antecedentes и консеквент нечетких правил в Matlab?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер.с польск.И.Д.Рудинского. [Электронный ресурс] : / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843
2. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2006. - 452 с.
3. Математические основы теории систем : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. - Томск : ТМЦДО, 2002. - 104 с.
4. Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие/ С.Н. Павлов; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 134 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Изучение сетей Кохонена и алгоритма обучения без учителя

Цель работы: изучить алгоритм обучения без учителя на примере задачи кластеризации, алгоритм «победителя» Кохонена.

Формируемые компетенции: ПК-2, 3

Теоретическая часть

Сети Кохонена, или самоорганизующиеся карты (Kohonen maps), предназначены для решения задач автоматической классификации, когда обучающая последовательность образов отсутствует (обучение без учителя). Сеть Кохонена является двухслойной. Она содержит слой входных нейронов и собственно слой Кохонена. Слой Кохонена может быть одномерным, двумерным и трехмерным. В первом случае нейроны расположены в цепочку; во втором – они образуют двумерную сетку (обычно в форме квадрата или прямоугольника), а в третьем – трехмерную систему. Определение весов нейронов слоя Кохонена основано на использовании алгоритмов автоматической классификации (кластеризации или самообучения).

На вход сети подаются последовательно значения векторов $l \times n$ ($x_1, x_2, \dots, x_n$), представляющих отдельные последовательные наборы данных для поиска кластеров, то есть различных классов образов, причем число этих кластеров заранее неизвестно. На стадии обучения (точнее самообучения) сети входной вектор x попарно сравнивается со всеми векторами w_j всех нейронов сети Кохонена. Вводится некоторая функция близости d (например, в виде евклидова расстояния). Активный нейрон с номером s слоя Кохонена, для которого значение функции близости $d(x, w_s)$ минимально, объявляется «победителем». При этом образ, характеризующийся вектором x , будет отнесен к классу, который представляется нейроном-«победителем».

На стадии самообучения сети Кохонена осуществляется коррекция весового вектора не только нейрона-«победителя», но и весовых векторов остальных активных нейронов слоя Кохонена, однако, естественно, в значительно меньшей степени – в зависимости от удаления от нейрона-«победителя». При этом форма и величина окрестности вокруг нейрона-«победителя», весовые коэффициенты нейронов которой также корректируются, в процессе обучения изменяются. Сначала начинают с очень большой области – она, в частности, может включать все нейроны слоя Кохонена.

Оборудование и материалы: для выполнения данной лабораторной работы необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Adobe Reader, Matlab.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Содержание отчета: отчет по лабораторной работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой лабораторной работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается задача кластеризации?
2. Какую структуру имеет НС Кохонена?
3. Каким алгоритмом обучается НС Кохонена?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д.Рудинского. [Электронный ресурс] : / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский

Л. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843

2. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2006. - 452 с.

3. Математические основы теории систем : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. - Томск : ТМЦДО, 2002. - 104 с.

4. Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие/ С.Н. Павлов; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 134 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Основные элементарные функции генетических вычислений

Цель работы: изучить базовые операторы стандартного и мобильного генетических алгоритмов, эволюционных стратегий.

Формируемые компетенции: ПК-2, 3

Теоретическая часть

Для реализации в среде *Matlab* генетических вычислений необходимо разработать следующие элементарные функции.

Chromobin(length, cod) Задаёт хромосому в форме бинарной строки длины *length*, если *cod* = 0, используется двоичное кодирование, если *cod* = 1, используется код Грэя.

Chromoint(length) Задаёт хромосому в форме последовательности целых чисел длины *length*.

Chromolist(length) Задаёт хромосому в форме списка пар (номер гена, целое значение) длины *length*.

InitPopulation Создает исходную первичную популяцию объектов — (*rand*, *cht*, *S*) хромосом, причем *rand* — это функция порождения случайной хромосомы, *cht* — тип хромосомы (*Chromobin*, *Chromoint*, *Chromolist*), по умолчанию *Chromobin*, *S* — количество хромосом в популяции.

Mutationbin(chromo) Мутация в форме инверсии случайно выбранного гена хромосомы *chromo*.

Mutationint(chromo, max) Мутация случайно выбранного гена дополнением до *max* значения.

Mutationlist(chromo, max) Мутация случайно выбранного гена дополнением до *max* значения.

Recombinationbin(chromo1, chromo2) Возвращает двух потомков, составленных из родительских фрагментов *chromo1*, *chromo2*, причем фрагменты получены в случайной точке разрезания, а хромосомы — это бинарные строки.

Recombinationint(chromo1, chromo2) Возвращает двух потомков, составленных из родительских фрагментов *chromo1*, *chromo2*, причем фрагменты получены в случайной точке разрезания, а хромосомы — это последовательности целых.

Recombinationbinm(chromolist, parents, sons) Возвращает потомков в количестве *sons*, составленных из родительских фрагментов, причем список *chromolist* содержит родителей в количестве *parents*.

Фрагменты получены в случайных точках разрезания случайных родителей из *chromolist*, а хромосомы — это бинарные строки.

Recombinationintm(chromolist, parents, sons) Возвращает потомков в количестве *sons*, составленных из родительских фрагментов, причем список *chromolist* содержит родителей в количестве *parents*.

Фрагменты получены в случайных точках разрезания случайных родителей из *chromolist*, а хромосомы — это последовательности целых чисел.

Rang(P, fitfunction) Ранжирование хромосом популяции *P* с помощью функции оптимальности *fitfunction*, причем функция оптимальности задается конкретно для каждой проблемной области.

Selection(Pparents) Пропорциональный отбор хромосом из популяции *P*.

Возвращает подпопуляцию хромосом, участвующих в формировании следующего поколения.

Newgeneration(Pold, Pparents, elite) Формирует новое поколение популяции из старой популяции потомков, выбранных для рекомбинации

хромосом *Pparents*, причем, если параметр *elite* = 0, то элитное сохранение лучших не используется, если *elite* — целое число, то столько лучших хромосом текущего поколения переходит в следующее.

InitPopulationM Создает исходную первичную популяцию объектов — (*rand*, *S*) хромо-

сом, причем *rand* — функция порождения случайной хромосомы, *S* — количество хромосом в популяции, причем формируются не полностью определенные хромосомы типа *Chromolist*. Функция используется для мобильного генетического алгоритма.

Cut(cromo) Разрезает хромосому типа *Chromolist* в случайном месте.

Splice(chromo1, chromo2) Склеивает две хромосомы типа *Chromolist*, причем в результирующей хромосоме возможно дублирование генов, которые доминируют слева направо.

AccumulatePop Функция разрезает и склеивает хромосомы популяции $(P, q)Pop$, причем склеивание доминирует над разрезанием. Функция реализует стадию насыщения мобильного ГА. Параметр *q* - количество поколений в стадии насыщения.

Оборудование и материалы: для выполнения данной лабораторной работы необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Adobe Reader, Matlab.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Содержание отчета: отчет по лабораторной работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой лабораторной работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Как выполняется оператор пропорционального отбора в стандартном ГА?

2. Как выполняется оператор кроссовера в стандартном ГА?

3. Как выполняется оператор мутации в стандартном ГА?

4. Каким образом кодируют хромосомы?

5. Что выполняют операторы Cut и Splice в мобильном ГА?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. [Электронный ресурс] : / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843

2. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2006. - 452 с.

3. Математические основы теории систем : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. - Томск : ТМЦДО, 2002. - 104 с.

4. Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие/ С.Н. Павлов; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 134 с.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Интеллектуальные информационные системы" для студентов специальности 230201.65 "Информационные системы и технологии" / сост. Маликов А. В., Мезенцева О. С.; рец. Мочалов В. П. - Ставрополь: СевКавГТУ, 2008. - 59 с. - Библиогр. с. 57(9 назв.)
2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / Станислав Осовский; пер. с польск. И. Д. Рудинского. - М.: Финансы и статистика, 2004. - 343 с.
3. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Интеллектуальные информационные системы" для студентов специальности 351400 "Прикладная информатика (в экономике)" / сост. О. С. Мезенцева, А. В. Маликов, В. В. Кушнарв; рец. В. П. Мочалов. - Ставрополь: СевКавГТУ, 2002. - 63 с. - Библиогр.: с. 61(6 назв.)
4. Бююль А., Цефель П. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. М.: Diasoft, 2010.
5. Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н., Уебе Г, Шеффер М. Многомерный статистический анализ в экономике: Учеб. Пособие для вузов/ Под редакцией профессора В.Н. Тамашевича. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009.
6. Ромашкина Г.Ф., Габышева Л.К., Рябова Ю.С., Чунихина Н.В. Математические методы в социологических исследованиях. Учебное пособие. Тюмень: изд-во ТюмГУ, 2007.
7. Ромашкина Г.Ф., Габышева Л.К., Рябова Ю.С., Чунихина Н.В. Математические методы в социологических исследованиях. Практикум. Тюмень: изд-во ТюмГУ, 2007.
8. Ромашкина Г.Ф., Габышева Л.К., Рябова Ю.С.. SPSS в социологических исследованиях: Учебное пособие. Тюмень: Издательство ТюмГУ, 2008.
9. Таганов Д.Н. SPSS. Статистический анализ в маркетинговых исследованиях. – СПб: Питер, 2005.
- SPSS Base 15.0. Руководство пользователя SPSS. - М.: СПСС РУСЬ. 2007.
10. SPSS BASE 15. Syntax Reference Guide. Руководство пользователя SPSS. - Chicago:2007.
11. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы: Учебник. – М: Финансы и статистика, 1998.
12. Колемаев В. М., Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник. / Под редакцией В.А. Колемаева. – М.: ИНФРА-М, 1997.
13. Факторный, Дискриминантный и кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика. 1989.
14. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998.
15. Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия/ Гл. ред. Ю.В. Прохоров. М.: Большая Российская энциклопедия, 1999.
16. Дубнов П.Ю. Обработка статистической информации с помощью SPSS. Издательство: АСТ, 2004 г.
17. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
18. Леман Э Теория точечного оценивания. – М.: Наука, 1991.
19. МалхортаНэреш К. Маркетинговые исследования. Практическое руководство, 3-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2002.
20. Мостеллер Ф., Тьюки Дж. Анализ данных и регрессия. М.: Финансы и статистика, 1982.
21. Аверкин А. Я, Федосеева И. Я Параметрические логики в интеллектуальных системах управления. – М.: Вычислительный центр РАН, 2000.
22. Алиев Р. А., Абдикеев Я М, Шахназаров М. М. Производственные системы с искусственным интеллектом. – М: Радио и связь, 1990.
23. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Я. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000.
24. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Я Компьютерная поддержка изобретательства (методы, системы, примеры применения). – М.: Машиностроение, 1988

25. Арбиб М. Метафорический мозг: Пер. с англ. – М.: Мир, 1976.
26. Ауэрбах Ш. Наследственность. Введение в генетику для начинающих. – М.: Атомиздат, 1969.
27. Берштейн Л. С., Боженюк А. В., Малышев Н. Г. Нечеткие модели для экспертных систем САПР. – М.: Энергоатом- издат, 1991-
28. Берштейн Л. С., Мелехин В. Б. Планирование поведения интеллектуального робота. – М.: Энергоатомиздат, 1994.
29. Борисов А. Я, Алексеев А. ВКрумберг О. А. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной. – Рига- Зинатне, 1989.
30. Букатова И. Л. Эволюционное моделирование: идеи, основы теории, приложения. – М.: Знание, 1981.
31. Букатова И. Л., Михасев Ю. И Шаров А. М. Эвоинформатика. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Наука, 1991.
32. Варшавский В. И, Поспелов Д. А. Оркестр играет без дирижера. – М.: Наука, 1984.
33. Васильев В. И, Ильясов Б. Г. Интеллектуальные системы управления с использованием нечеткой логики: Учеб. пособие. – Уфа: УГАТУ, 1997.
34. Васильев В. И., Ильясов Б. Г. Интеллектуальные системы управления с использованием генетических алгоритмов: Учеб. пособие. – Уфа: УГАТУ, 1999
35. Гаазе-Рапопорт М. Г, Поспелов Д. А. От амебы до робота: модели поведения. – М.: Наука, 1987.
36. Горбат А. Н. Обучение нейронных сетей. – М.: Параграф, 1990.
37. Горбань А. Н., Россиев Д. А. Нейронные сети на персональном компьютере. – Новосибирск: Наука, 1996
38. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения МАТЛАБ: Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001.
39. Дьяконов В. МАТНСAD 8/2000: Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001.
40. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей Приложения к представлению знаний в информатике: Пер. с фр. – М: Радио и связь, 1990.
41. Емельянов В. В., Ясиновский С. И. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО. – М.: Изд-во АН-ВИК, 1998.
42. Заде Л. А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. – М.: Знание, 1974.
43. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
44. Ивахненко А. Г., Юрачковский Ю. П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. – М.: Радио и связь, 1987.
45. Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. – М.: Наука, 2001.
46. Кашыков С. А., Шокин Ю. И., Юлдашев З. Х. Методы интервального анализа. – Новосибирск: Наука, 1986.
47. Кандраишна Е. Ю., Литвинцева Л. В., Поспелов Д. А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах/Под ред. Д. А. Поспелова. – М : Наука, 1989.
48. Кафаров В. В, Дорохов И. Н., Марков Е. И Системный анализ процессов химической технологии. Применение метода нечетких множеств. – М: Наука, 1986.
49. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1990.
50. Когаловский М. Р. Энциклопедия баз данных. – М.: Финансы и статистика, 2002.
51. Комарцова Л. Г., Максимов А. В. Нейрокомпьютеры: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
52. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с фр. – М.: Радио и связь, 1982.

53. Кохонен Т. Ассоциативные запоминающие устройства: Пер. с англ — М.: Мир, 1982.
54. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. — 2-е изд. — М.: Горячая линия-Телеком, 2002.
55. Кузин Л. Т. Основы кибернетики: В 2-х т. — Т. 2. Основы кибернетических моделей: Учеб. пособие. — М.: Энергия, 1979
56. Кузнецов В. П. Интервальные статистические модели — М.: Радио и связь, 1991.
57. Кузьмин В. Б. Построение групповых решений в пространствах четких и нечетких бинарных отношений. — М.: Наука, 1982.
58. Курейчик В. М. Генетические алгоритмы. — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998.
59. Любичев А. А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. — М.: Наука, 1982.
60. Мелихов А. Я, Берштейн Л. С., Коровин С. Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. — М.: Наука, 1990.
61. Минский М., Пейперт С. Перцептроны: Пер. с англ. — М.: Мир, 1971.
62. Моисеев Я. Алгоритмы развития. — М.: Наука, 1987.
63. Негойце К Применение теории систем к проблемам управления: Пер. с англ. — М.: Мир, 1981.
64. Нейрокомпьютеры. — В 3-х кн./Под ред. А.И. Галушкина. - М.: ИПРЖР, 2000. - Кн. 3.
65. 46 Нетрадиционные модели и системы с нечеткими знаниями/ Под ред. А. Ф. Блишуна — М.: Энергоатомиздат, 1991.
66. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения- Пер. с англ./Под ред. Р Р Ягера. — М.: Радио и связь, 1986
67. Орлов А. И. Задачи оптимизации и нечеткие переменные — М.: Знание, 1980.
68. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой информации. — М.: Наука, 1981.
69. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польск. И. Д. Рудинского. — М.: Финансы и статистика, 2002.
70. Пospelов Д. А. Логико-лингвистические модели в системах управления. — М.: Энергоиздат, 1981.
71. Пospelов Д. А. Моделирование рассуждений — М.- Радио и связь, 1989
72. Пospelов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. — М.- Наука, 1986.
73. Представление и использование знаний/Под ред. Х. Уэно, М Исвдзука. — М.: Мир, 1989.
74. Прикладные нечеткие системы: Пер. с яп /К Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; Под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Суджено. — М.. Мир, 1993.
75. Растринин Л. А. Статистические методы поиска. — М.: Наука, 1968.
76. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики. Перцептрон и теория механизмов мозга: Пер. с англ. — М.: Мир, 1965.
77. Сориadis Дж. Самоорганизующиеся стохастические системы управления: Пер с англ. — М.: Наука, 1980.
78. Sanots В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. — М.: ИНПРО-РЕС, 1995.
79. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений. — М.. СИНТЕГ, 1998.
80. Трухаев Р. И Модели принятия решений в условиях неопределенности. — М.: Наука, 1981.
81. Уоссермеи Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика: Пер. с англ. — М.: Мир, 1992
82. Управление динамическими системами в условиях неопределенности/С. Т. Кусимов, Б. Г. Ильясов, В. И. Васильев и др. — М.: Наука, 1998.
83. Фогель Л., ОуэнсА., Уолш М. Искусственный интеллект и эволюционное моделирование: Пер. с англ. — М.: Мир, 1969.

84. Цыпкин Я. З. Адаптация и обучение в автоматических системах. – М.: Наука, 1968.
85. Шапиро Д. И. Принятие решений в системах организационного управления: использование расплывчатых категорий – М.: Энергоатомиздат, 1983.
86. Экспертные системы Принципы работы и примеры: Пер. с англ./Под ред. Р. Форсайта. – М.: Радио и связь, 1987.
87. Ярушкина Н. Г Нечеткие нейронные сети //Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 2–3.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы
по дисциплине «Нечеткие системы»
для магистрантов направления 09.04.03 «Прикладная
информатика» направленность (профиль) «Управление
знаниями»

Ставрополь
2022

Введение

Дисциплина «Нечеткие системы», формирует профессиональные навыки по направлению подготовки 09.04.03 «Прикладная информатика».

Изучение дисциплины «Нечеткие системы» базируется на проведении лабораторных работ и индивидуальных занятий под руководством преподавателя, самостоятельной работе студентов

Задачами курса являются:

- формирование знаний об областях применения нечетких систем, методах и алгоритмах решения практических задач, использующих нечеткие множества и нечеткую логику;
- изучение основных теоретических положений, методов и математических моделей, используемых в теории нечетких систем;
- получение практической подготовки в применении изученных методов и алгоритмов для решения задач обработки информации и управления.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины Нечеткие системы – формирование набора профессиональных компетенций будущего магистра по направлению подготовки 09.04.03 «Прикладная информатика».

2. Задачи освоения дисциплины:

- формирование знаний об областях применения нечетких систем, методах и алгоритмах решения практических задач, использующих нечеткие множества и нечеткую логику;
- изучение основных теоретических положений, методов и математических моделей, используемых в теории нечетких систем;
- получение практической подготовки в применении изученных методов и алгоритмов для решения задач обработки информации и управления.

3. Формируемые компетенции - ПК-2, 3

4. План-график выполнения самостоятельной работы

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	СРС в часах	Формы текущего контроля успеваемости
1	Лабораторная работа № 1. Исследование способов формирования нечетких множеств	1.	12	Собеседования по темам курса
2	Лабораторная работа № 2. Моделирование нечеткой системы средствами инструментария нечеткой логики	2.	12	Собеседования по темам курса
3	Лабораторная работа №3. Исследование алгоритма нечеткой кластеризации	3.	12	Собеседования по темам курса
4	Лабораторная работа № 4. Изучение свойств линейного нейрона и линейной нейронной сети	4.	12	Собеседования по темам курса
5	Лабораторная работа № 5. Изучение свойств линейного нейрона и линейной нейронной сети	5.	12	Собеседования по темам курса
6	Лабораторная работа № 6. Изучение многослойного нелинейного перцептрона и алгоритма обратного распространения ошибки	6.	12	Собеседования по темам курса
7	Лабораторная работа № 7. Изучение радиальных базисных, вероятностных нейронных сетей, сетей регрессии	7.	14	Собеседования по темам курса
8	Лабораторная работа № 8. Изучение сетей Кохонена и алгоритма обучения без учителя	8.	13	Собеседования по темам курса
ИТОГО			99	

5. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, взаимосвязь тем лекций с практическими занятиями, темы и виды само-

стоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности.

**Вопросы для собеседования по лабораторным работам
по дисциплине «Нечеткие системы»**

Лабораторная работа № 1. Исследование способов формирования нечетких множеств.

Базовый уровень

1. Что такое нечеткое множество и каково его основное отличие от обычного (четкого) множества?
2. Что такое функция принадлежности?
3. Какие конъюнктивные и дизъюнктивные операторы вы знаете?

Лабораторная работа № 2. Моделирование нечеткой системы средствами инструментария нечеткой логики.

Базовый уровень

1. Какова структура типовой системы нечеткого вывода?
2. В чем отличие метода нечеткого вывода по Суджено от метода нечеткого вывода по Мамлани?
3. Каким образом формируются антецеденты и консеквенты нечетких правил в Matlab?

Лабораторная работа № 3. Исследование алгоритма нечеткой кластеризации

Базовый уровень

1. В чем заключается задача кластеризации?
2. Каковы основные этапы решения задачи кластеризации?
3. Какое влияние на качество решения оказывают дополнительные параметры алгоритма кластеризации?

Лабораторная работа № 4. Изучение свойств линейного нейрона и линейной нейронной сети

Базовый уровень

1. Какие функции выполняет линейный нейрон?
2. Какие функции активации используют в НС?
3. Какие задачи называют линейно сепарабельными?

Продвинутый уровень

1. *Можно ли обучить линейный нейрон выполнять логическую функцию исключающего ИЛИ?*
2. *Какой алгоритм используется для обучения однослойных НС?*

Лабораторная работа № 5. Изучение многослойного нелинейного перцептрона и алгоритма обратного распространения ошибки

Базовый уровень

1. Каким алгоритмом обучают многослойные НС?
2. Из каких основных этапов состоит алгоритм обратного распространения ошибки?

3. Почему алгоритм обратного распространения ошибки относится к классу алгоритмов градиентного спуска?

Продвинутый уровень

1. Как влияет функция принадлежности на правило изменения весов в обратном алгоритме распространения ошибки?

Лабораторная работа № 6. Изучение радиальных базисных, вероятностных нейронных сетей, сетей регрессии.

Базовый уровень

1. Какую функцию называют радиальной базисной функцией?
2. Из каких слоев состоит радиально-базисная НС?
3. Из каких слоев состоит НС регрессии?

Продвинутый уровень

1. Из каких слоев состоит вероятностная НС?
2. Какие виды НС предназначены для решения задачи аппроксимации функций, а какие — для классификации объектов?

Лабораторная работа № 7. Изучение сетей Кохонена и алгоритма обучения без учителя.

Базовый уровень

1. В чем заключается задача кластеризации?
2. Какую структуру имеет НС Кохонена?
3. Каким алгоритмом обучается НС Кохонена?

Лабораторная работа № 8. Основные элементарные функции генетических вычислений.

Базовый уровень

1. Как выполняется оператор пропорционального отбора в стандартном ГА?
2. Как выполняется оператор кроссовера в стандартном ГА?
3. Как выполняется оператор мутации в стандартном ГА?
4. Каким образом кодируют хромосомы?

Продвинутый уровень

1. Что выполняют операторы *Cut* и *Splice* в мобильном ГА?
2. Какой ГА использует хромосомы переменной структуры: стандартный или мобильный?

6. Методические указания по подготовке к зачету

Процедура зачета как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Текущая аттестация студентов магистратуры проводится преподавателями, ведущими практические занятия по дисциплине, на основе результатов устного опроса на практических занятиях и выполнения заданий самостоятельной работы.

К самостоятельному занятию магистрант должен подготовить ответы на вопросы собеседования, выполнить дополнительные задания по теме занятия, проработать дополнительные научные источники, сделать конспект статьи (если это предусмотрено). Максимальную оценку студент получает, если он активно участвует в работе, владеет материалом, умеет логично и четко излагать мысли, творчески подходит к решению основных вопросов темы, показывает самостоятельность мышления.

Основанием для снижения оценки являются:

- слабое знание темы и основной терминологии;
- отсутствие умения применить теоретические знания для решения практических задач.