

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине

«Искусственный интеллект в профессиональной сфере»

для направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
направленность (профиль) Охрана окружающей среды и рациональное
использование природных ресурсов

Ставрополь
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ИЗУЧЕНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКА – ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТЖИГА
 2. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АССОЦИАТИВНЫХ СЕТЕЙ
 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ НА ВЕРОЯТНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ НОВЫХ ОБРАЗОВ
 4. ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ
- ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ШАБЛОН ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

ВВЕДЕНИЕ

Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, изучение и освоение проблем и методов решения задач искусственного интеллекта, включая задачи поддержки принятия решений. Оно включает изучение содержания и методов инженерии знаний, роли особенностей и места экспертных систем как систем искусственного интеллекта, возможностей систем искусственного интеллекта в приложениях, предназначенных для систем поддержки решения.

Задачами освоения дисциплины:

- сформировать представления о системах искусственного интеллекта, моделях представления знаний, системах, основанных на знаниях, экспертных системах, формализации информации;
- ознакомить с основными методами поиска решений, применяемых в системах искусственного интеллекта и машинного обучения;
- сформировать навыки по использованию интеллектуальных систем в решении практических задач.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате изучения дисциплины:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-4 Способен реализовать мероприятия по ресурсо- и энергосбережению процессов очистки сточных вод и обработки осадка	ИД-1 осуществляет организацию технологических режимов природоохранных объектов, соблюдая правила охраны окружающей среды, промышленной и специальной безопасности	Пороговый уровень понимает основные парадигмы представления знаний, их преимущества и недостатки Повышенный уровень понимает целенаправленный многокритериальный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и в других источниках
	ИД-2 производит лабораторные исследования, замеры, анализы отобранных природных образцов; проводит мероприятия по санитарной обработке рабочего места, стерилизации оборудования	Пороговый уровень оформляет и представляет публично результаты профессиональной деятельности с использованием информационных технологий Повышенный уровень демонстрирует понимание современного состояния и тенденций развития систем, базирующихся на знаниях
	ИД-3 осуществляет планирование работ,	Пороговый уровень составляет презентацию и

	определение границ территорий и объектов мониторинга поднадзорных территорий	рассказывает о результатах проведенного анализа на публике Повышенный уровень оценивает корректность и воспроизводимость применения методов прикладной математики и информатики
--	--	--

НАИМЕНОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
<u>5</u> семестр			
1.	Изучение классических методов поиска – градиентного спуска и моделирования отжига	3	1,5
2.	Методы построения ассоциативных сетей	3	1,5
3.	Исследование влияния параметров обучающей выборки на вероятность распознавания новых образов	3	1,5
4.	Изучение методов анализа пространства признаков	4,5	1,5
	Итого за 5 семестр	13,5	6
	Итого	13,5	6

1. Изучение классических методов поиска – градиентного спуска и моделирования отжига

Цель работы – ознакомиться с методами поиска в непрерывном пространстве состояний в случаях отсутствия и наличия вторичных минимумов. Данная работа имеет два варианта выполнения.

Вариант 1

Задание по работе:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Реализовать методы градиентного спуска и моделирования отжига.
3. Для функций двух видов: вогнутой и с вторичными минимумами применить методы поиска, оценить скорость их сходимости и возможность нахождения глобального минимума.

Теоретическая часть

Метод градиентного спуска

Метод градиентного спуска – это классический метод поиска минимума дифференцируемой функции с аргументами, принимающими вещественные значения. Данный метод, как правило, применяется для многомерных функций, поскольку в одномерном случае существуют более эффективные методы поиска.

Как известно, градиент некоторой функции $f(\mathbf{x})$ в некоторой точке показывает направление локального наискорейшего увеличения функции.

Этот факт используется в методах градиентного спуска (подъема).

Эти методы описываются следующей последовательностью действий:

1. Выбрать начальную точку $\mathbf{x}_0 = (x_{1,0}, \dots, x_{n,0})$. Установить номер итерации: $i=0$.

2. Для текущей точки определить значение градиента:

$$\nabla f(\mathbf{x}_i) = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}(\mathbf{x}_i), \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n}(\mathbf{x}_i) \right) \quad (1)$$

В случае если градиент не может быть вычислен аналитически, его компоненты могут быть оценены:

$$\frac{\partial f}{\partial x_j}(\mathbf{x}_i) \approx \frac{f(x_{1,i}, \dots, x_{j-1,i}, x_{j,i} + \Delta x, x_{j+1,i}, \dots, x_{n,i}) - f(\mathbf{x}_i)}{\Delta x} \quad (2)$$

3. Определить положение следующей точки:

$$\mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{x}_i - \frac{\nabla \phi(\xi_i)}{\|\nabla \phi(\xi_i)\|}$$

$$\mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{x}_i - d \quad , \quad (3)$$

где d – параметр, определяющий скорость спуска, и положить $i=i+1$.

4. Перейти к шагу 2, если не выполнен критерий останова.

Существует несколько способов ввода критерия останова. Самый простой – это наложить ограничение на количество итераций. Другие способы связаны с проверкой того, что текущая точка или значение функции f меняются мало. При фиксированном шаге d изменение положения текущей точки происходит всегда на одну и ту же величину. Однако в этом случае можно проверять изменение за несколько итераций и

сравнивать с d : $\frac{|x_i - \xi_{i-k}|}{kd}$.

Существует также возможность адаптивного выбора шага d . Для этого на каждой итерации осуществляется выбор такого значения из $d_0 = d, d_1 = d/w, d_2 = dw$ (где w – некоторый параметр, как правило $w \in (1,2]$), что значение функции в точке $x_{i+1} = x_i - d_j \frac{\nabla \phi(\xi_i)}{|\nabla \phi(\xi_i)|}$ минимально.

Таким образом, если при большом d метод градиентного спуска «проскакивает» минимум, то d будет уменьшаться. Уменьшение d ниже заданного порога также служит критерием останова. Напротив, на пологих участках значение d будет увеличиваться.

При условии существования глобального минимума функции f метод градиентного спуска обычно сходится (за исключением случаев, когда вдоль некоторого направления функция, монотонно убывая, стремится к некоторому конечному пределу при $|x| \rightarrow \infty$). Сходимость метода обеспечивается тем, что на каждой итерации выбирается такая точка x_i , что $f(x_i) < f(x_{i-1})$. Метод, однако, не гарантирует нахождения глобального минимума, поскольку при достижении любого локального минимума метод не в состоянии определить направление на более глубокий минимум (и вообще обнаружить его существование) и останавливается в соответствии с выбранным критерием останова.

В связи с этим, выбор начальной точки может существенным образом сказываться на получаемом результате.

Метод моделирования отжига

Метод моделирования отжига предназначен для поиска глобального минимума некоторой функции $f : S \rightarrow R$, где S – некоторое пространство (необязательно непрерывное), элементы которого интерпретируются как состояния некоторой воображаемой физической системы, а значения самой функции – как энергия этой системы $E=f(x)$ в состоянии $x \in S$.

В методе моделирования отжига система в каждый момент времени находится в некотором состоянии x_i , а также обладает некоторой температурой T , которая является управляемым параметром.

На каждой итерации система случайным образом переходит в новое состояние $x_i \rightarrow x_{i+1}$. Механизм выбора нового состояния состоит из двух частей:

1. Сначала выбирается x_{i+1} в соответствии с некоторой функцией распределения $g(x_{i+1}, x_i, T)$. Как правило, эта функция зависит только от расстояния $|x_{i+1} - x_i|$, причем с увеличением этого расстояния вероятность перехода понижается.

2. После случайного выбора x_{i+1} проверяется вероятность перехода в это новое состояние, исходя из разности энергий и текущей температуры: $h(\Delta E, T)$, $\Delta E = f(x_{i+1}) - f(x_i)$. Здесь $h(\Delta E, T)$ показывает вероятность перехода в состояние с другой энергией. Проверка производится следующим образом: выбрасывается случайное число из диапазона $[0, 1]$. Если это число оказывается меньше, чем значение вероятности $h(\Delta E, T)$, то новое состояние

x_{i+1} принимается, в противном случае шаг 1 повторяется. Функция $h(\Delta E, T)$, как правило, стремится к 1 при $\Delta E \rightarrow -\infty$, стремящемся в минус бесконечность, и стремится к 0 при $\Delta E \rightarrow +\infty$, стремящемся в плюс бесконечность (то есть предпочтение в среднем отдается состояниям с меньшей энергией).

Поскольку метод моделирования отжига базируется на физических принципах, то и функции распределения вероятностей $g(x_{i+1}, x_i, T)$ и $h(\Delta E, T)$ также часто заимствуются из физики. В частности, достаточно популярен больцмановский отжиг, в котором:

$$g(x_{i+1}, x_i, T) = (2\pi T)^{-D/2} \exp(-|x_{i+1} - x_i|^2 / 2T), \quad (4)$$

где D – размерность пространства S ;

$$h(\Delta E, T) = \frac{1}{1 + \exp(\Delta E / T)} \approx -\Delta E / T. \quad (5)$$

Таким образом, температура T определяет, насколько в среднем может меняться текущее состояние x_i , а также то, насколько в среднем может меняться энергия системы при переходе в новое состояние.

Поскольку переход в состояния с меньшей энергией более вероятен, чем переход в состояния с более высокой энергией, то система будет больше времени проводить именно в низкоэнергетических состояниях.

Чтобы обеспечить сходимость системы к некоторому состоянию с наименьшей энергией, температуру системы понижают с переходом к

следующей итерации. В больцмановском отжиге применяется следующий закон понижения температуры:

$$T_i = T_0 \frac{1}{\ln(1+i)}, \quad (6)$$

где номер итерации $i > 0$. Такой закон может, однако, потребовать большое число итераций, особенно при больших значениях начальной температуры T_0 , в связи с чем используется более быстрое понижение температуры:

$$T_i = \frac{T_0}{1+i}. \quad (7)$$

Начальная температура неявно задает область, в которой будет осуществляться поиск глобального минимума, а также определяет необходимое для сходимости число итераций.

Экспериментальная часть

В данной работе проводят сравнительный анализ методов градиентного спуска и моделирования отжига. Суть сравнительного анализа в данном случае заключается в построении графиков зависимости точности находимого решения от числа итераций для обоих методов и сопоставлении этих графиков для функций различных типов. Для этого необходимо последовательно выполнить следующие действия.

1. Реализовать методы градиентного спуска и моделирования отжига и описать детали выбранной реализации.

2. Для нескольких вогнутых (обладающих единственным минимумом) функций построить графики зависимости $\left| \mathbf{x}_i - \mathbf{x}^* \right|$ (где \mathbf{x}^* - истинное

положение глобального минимума) от номера итерации i для обоих методов. Выбранные для исследования функции должны различаться средним значением модуля градиента (крутизной). Следует обратить внимание на выбор начальной точки \mathbf{x}_0 , которая должна отличаться от искомого минимума \mathbf{x}^* . В методе моделирования отжига следует также обратить внимание на задание начальной температуры T_0 и ее влиянии на скорость сходимости.

3. Для нескольких функций с многими локальными минимумами определить условия сходимости обоих методов к глобальному минимуму. Для градиентного спуска определить, с какой вероятностью метод сходится к глобальному минимуму при случайном выборе (из некоторого фиксированного диапазона) начальной точки. Для метода моделирования отжига определить, какая начальная температура обеспечивает сходимость к глобальному минимуму. Для исследования следует брать функции с разным числом минимумов.

4. Проанализировать полученные результаты. Определить предпочтительность использования каждого из методов при поиске

минимума функции с одним и многими минимумами, опираясь на скорость сходимости и на легкость нахождения глобального минимума. Сделать выводы по работе.

Литература

1. Назаров, А.В. **Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем** / А.В. Назаров, А.И. Лоскутов. – СПб.: Наука и Техника, 2003. – С. 237-238.

Вопросы для самопроверки:

1. Какое условие сходимости метода градиентного спуска к глобальному минимуму?
2. Каков смысл параметра температуры в методе моделирования отжига?
3. На что влияет выбор начальной температуры в методе моделирования отжига?
4. Пусть в методе моделирования отжига используется закон уменьшения температуры $T_i = T_0 / (1 + i)$ и пусть $T_0 = 100$. Сколько требуется итераций, чтобы обеспечить точность нахождения минимума 10^{-4} .
5. Какое основное отличие методов моделирования отжига и градиентного спуска?
6. Как можно было бы совместно использовать два этих метода?

Вариант 2

Задание по работе:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Реализовать генетический алгоритм поиска минимума.
3. Для функций двух видов: вогнутой и с вторичными минимумами применить генетические алгоритмы и оценить скорость сходимости и возможность нахождения глобального минимума в зависимости от размера начальной популяции и скорости мутаций.

Теоретическая часть

Генетические алгоритмы и эволюционные стратегии поиска

Генетические алгоритмы (ГА) предназначены для нахождения экстремумов функций от произвольных объектов, используя при этом приемы, заимствованные у естественной эволюции. Сами объекты трактуются как некоторые организмы, а оптимизируемая функция – как приспособленность организмов, или фитнес-функция. Множество

возможных объектов взаимно однозначно отображается на некоторое подмножество множества битовых строк (обычно фиксированной длины). Эти строки трактуются как хромосомы (геномы).

Особенность генетических алгоритмов заключается в том, что они работают с битовыми строками, не опираясь на структуру исходных объектов, что позволяет применять ГА без модификации для любых объектов. Единственно, что требуется для такого применения, – это перекодирование объектов в геномы.

Эволюционные стратегии отличаются от генетических алгоритмов лишь в том, что в первых используются структурированные описания объектов, то есть такие описания, элементы которых имеют вполне четкий смысл в той предметной области, к которой относятся данные объекты.

Двумя основными механизмами эволюции, наиболее часто моделируемыми в генетических алгоритмах и эволюционных стратегиях, являются скрещивание и мутации. При этом схема эволюционных методов поиска выглядит следующим образом.

1. Сгенерировать начальную популяцию (случайную совокупность объектов).
2. Выбрать родительские пары.
3. Для каждой родительской пары с использованием оператора скрещивания породить потомство.
4. В хромосомы порожденного потомства внести случайные искажения оператором мутации.
5. Произвести отбор особей из популяции по значению их фитнес-функции.
6. Повторять шаги 2-4, пока не выполнится критерий остановки.

Рассмотрим каждый из шагов чуть подробнее.

1. Генерация начальной популяции обычно производится равномерно по пространству генов (или по пространству описаний объектов). Размер популяции – установочный параметр.

2. Выбор родительских пар может осуществляться различными способами. Выбор родителей осуществляется в два этапа: выбор первого родителя и формирование пары. При выборе одного родителя обычно используется один из следующих способов:

- с равной вероятностью выбирается любая особь из имеющейся популяции;
- особь выбирается случайно с вероятностью, пропорциональной значению фитнес-функции; то есть в этом случае значение фитнес-функции сказывается не только на том, какие особи останутся в популяции в результате отбора, но и на то, сколько потомства они произведут.

Выбор второго родителя осуществляется по одному из следующих критериев:

- независимо от уже выбранного родителя (то есть второй родитель выбирается абсолютно так же, как и первый);
- на основе ближнего родства;
- на основе дальнего родства.

В последних двух случаях выбор одного родителя влияет на выбор другого родителя: с большей вероятностью формируются пары, состоящие из особей, которые больше похожи друг на друга (то есть ближе находятся в пространстве геномов или описаний объектов) в случае использования ближнего родства и меньше похожи – в случае дальнего родства. В генетических алгоритмах в качестве меры близости обычно используется расстояние Хемминга.

3. Оператор скрещивания – это оператор, который определяет, как из хромосом родителей формировать хромосомы их потомства. Часто применяется следующий оператор скрещивания: хромосомы делятся в некоторой случайной точке и обмениваются этими участками (то есть, все, что идет до этой точки, берется от одного родителя, а все, что после, – от другого). Это односточный кроссинговер. В многоточечном кроссинговере таких участков обмена больше.

При равномерном скрещивании каждый бит хромосомы берется от случайного родителя.

4. Мутации обычно осуществляются как случайная замена одного бита хромосомы. Скорость мутаций выражается в том, как часто они осуществляются. Это управляемый параметр, который влияет на скорость сходимости и вероятность попадания в локальный экстремум.

5. Отбор особей в новую популяцию чаще всего осуществляется одной из двух стратегий:

- пропорциональный отбор, при котором вероятность того, что некая особь останется в следующей популяции, пропорциональна значению фитнес-функции этой особи;
- элитный отбор, при котором из популяции отбираются лучшие по значению фитнес-функции особи, и они детерминированным образом переходят в следующую популяцию.

Формирование новой популяции может осуществляться как на основе потомков и родителей, так и на основе только потомков в зависимости от конкретной реализации.

6. Основные критерии останова базируются либо на числе сменившихся поколений (числе выполненных итераций), либо на некотором условии стабильности популяции. Число поколений не является адаптивным по отношению к виду фитнес-функции, поэтому используется обычно в качестве не основного критерия. Проверка стабильности популяции в общем виде, как правило, требует значительных

вычислений, поэтому чаще используется проверка того, что максимальное по популяции значение фитнес-функции перестает заметно расти от поколения к поколению. Все эти критерии останова соответствуют критериям останова в методе градиентного спуска, но учитывают ту специфику генетических алгоритмов, что в них на каждой итерации одновременно рассматривается не одно, а несколько решений.

Особенности реализации генетических операторов в эволюционных стратегиях

Рассмотрим особенности реализации генетических операторов в эволюционных стратегиях на примере объектов, описаниями которых являются двухкомпонентные векторы: (x, y) .

1. Генерация начальной популяции может осуществляться путем выбора случайных векторов из области $[x_{\min}, x_{\max}] \times [y_{\min}, y_{\max}]$, где величины $x_{\min}, x_{\max}, y_{\min}, y_{\max}$ задают ожидаемые минимальные и максимальные значения переменных x и y искомого положения экстремума фитнес-функции.

2. При выборе родителей особенность эволюционных стратегий выражается в способе задания меры родства. В данном случае, мерой родства двух особей (x_1, y_1) и (x_2, y_2) может служить евклидово расстояние:

$$\sqrt{(\xi_2 - \xi_1)^2 + (\psi_2 - \psi_1)^2}$$

3. Результатом скрещивания двух особей в рассматриваемом случае будет являться особь $((\varepsilon x_1 + (1 - \varepsilon)x_2, \varepsilon y_1 + (1 - \varepsilon)y_2))$, где $\varepsilon \in [0, 1]$ – случайная величина.

4. Результатом мутации для особи (x, y) будет являться особь $(x + \delta_x, y + \delta_y)$, где δ_x, δ_y – случайные величины. Их распределение вероятностей может быть выбрано гауссовым или, для простоты программной реализации, равномерным в некотором интервале. Дисперсия этих величин определяет скорость мутаций.

5 и 6. Операторы отбора и критерии останова в эволюционных стратегиях не имеют особых отличий от тех, которые используются в генетических алгоритмах.

Экспериментальная часть

В данной работе проводят анализ зависимости характеристик работы генетических алгоритмов или эволюционных стратегий (скорости их сходимости и возможности обнаружения глобального экстремума фитнес-функции) от установочных параметров – размера начальной популяции и скорости мутаций, а также от вида оптимизируемой функции.

Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Выполнить реализацию генетического алгоритма или эволюционной стратегии и описать ее детали.

2. Для нескольких выпуклых (обладающих единственным максимумом) функций построить графики зависимости

(где (x^*, y^*) – истинное положение глобального

экстремума, а (x_m, y_m) – максимальное по текущей популяции значение фитнес-функции) от m^2 номера популяции i при различных значениях скорости мутации и размера начальной популяции. Следует обратить внимание на выбор диапазона $[x_{\min}, x_{\max}] \times [y_{\min}, y_{\max}]$. Графики

необходимо построить для двух случаев: когда точка (x^*, y^*) попадает в этот диапазон и когда она находится вне него.

3. Для нескольких функций с многими локальными экстремумами провести те же исследования, что и для функций с единственным экстремумом.

4. Проанализировать полученные результаты. Определить, какое именно влияние оказывает скорость мутаций на функционирование алгоритма поиска. Определить, может ли большая скорость мутаций быть заменена большим размером популяции. Установить различия в характере работы алгоритма поиска для функций с единственным и многими экстремумами. Сделать выводы по работе.

Литература

1. Назаров, А.В. **Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем** / А.В. Назаров, А.И. Лоскутов. – СПб.: Наука и Техника, 2003. – С. 254-281.
2. Люгер, Д.Ф. **Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем** / Д.Ф. Люгер. – 4-е изд.: Пер. с англ. – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2003. – С. 483-516.

Вопросы для самопроверки:

1. В чем основное отличие генетических алгоритмов от эволюционных стратегий?
2. Из каких основных шагов состоят генетические алгоритмы?
3. Как влияет скорость мутаций на скорость сходимости алгоритмов поиска?
4. При использовании какого типа родства: ближнего или дальнего, – скорость сходимости алгоритма будет больше?

5. Если при использовании эволюционных стратегий область задания начальной популяции $[x_{\min}, x_{\max}] \times [y_{\min}, y_{\max}]$ не содержит искомого экстремума, то благодаря какому из генетических операторов этот экстремум все же может быть найден? Или при таких условиях он не может быть найден в принципе?

6. Благодаря какому генетическому оператору эволюционные методы существенно отличаются от градиентного спуска, и в чем именно заключается это отличие?

2. Методы построения ассоциативных сетей

Цель работы – ознакомиться с методами извлечения ассоциативных связей между понятиями на основе психофизических экспериментов, а также с методами построения баз знаний, включающих понятия и взаимосвязи между ними, которые описаны в рамках логических представлений. Данная работа имеет два варианта выполнения.

Вариант 1

Задание по работе:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Реализовать программу проведения тестирования в некоторой предметной области для выявления ассоциативных связей между понятиями.
3. Провести тестирование группы людей. Усреднить и проанализировать интервалы времени, необходимые испытуемым для установления наличия или отсутствия ошибок в утверждениях, связывающих два понятия, на основе чего определить длину пути в ассоциативной сети между соответствующими узлами. Восстановить ассоциативную сеть.

Теоретическая часть

Описание методики построения ассоциативных сетей

Очень давно было замечено, что человек имеет склонность к ассоциированию. Это послужило отправной точкой для создания ассоцианистских теорий, в которых смысл некоторого понятия определяется через его ассоциативные связи с другими понятиями, которые в совокупности образуют своего рода сеть. Понятия являются основой нашего знания о мире, поэтому такую ассоциативную сеть можно рассматривать в качестве представления знаний. Ассоциативные связи возникают на основе опыта и выражают эмпирические отношения между признаками или поведением объектов.

Например, на основании опыта мы ассоциируем понятие «снег» с другими понятиями, такими как «зима», «холод», «белый», «лед» и т.д. Наши знания о снеге и истинность утверждений типа «снег белый» выражаются в виде сети ассоциаций. Если такая сеть реально используется человеком, то можно ли узнать, какова она?

Для ответа на этот вопрос психологами проводится следующий эксперимент. Людям задают вопросы из некоторой области, например, об особенностях и поведении птиц. Эти вопросы выбираются очень простыми: «Может ли голубь летать?», «Может ли канарейка петь?», «Является ли ворона птицей?».

При этом проверяется, конечно же, не правильность ответов на вопросы. Вместо этого оценивается время, требуемое для ответа. Все вопросы составляются так, что в них фигурируют два понятия. Наличие непосредственной ассоциации между этими понятиями должно было сказываться на времени ответа.

Как оказывается, времена ответов действительно различаются. Так, например, для ответа на вопрос «Может ли канарейка летать?» требуется больше времени, чем для ответа на вопрос: «Может ли канарейка петь?».

Коллинс и Квиллиан, ставившие этот эксперимент впервые, объясняли большее время ответа на некоторый вопрос тем, что участвующие в вопросе понятия, хотя и расположены достаточно близко в ассоциативной сети, не являются непосредственно связанными. При этом оказалось, что свойства объектов запоминаются людьми на наиболее абстрактном уровне. Вместо того чтобы запоминать каждое свойство для каждой птицы (канарейки летают, вороны летают, голуби летают), люди хранят информацию о том, что канарейки – птицы, а птицы, как правило, способны летать. Поскольку поют не все птицы, то способность к пению – более частное свойство, которое запоминается на менее абстрактном уровне, чем способность летать, поэтому и ответ на вопрос «Может ли канарейка петь?» требует меньше времени, так же, как и ответ на вопрос «Является ли канарейка желтой?». Таким образом, быстрее всего вспоминаются самые конкретные свойства объектов. Как оказалось, и исключения из правил также запоминаются на самом нижнем, детальном уровне. Примером может служить вопрос «Может ли страус летать?», который для ответа требует меньше времени, чем тот же вопрос о канарейке или другой «нормальной» птице.

На рис. 1 представлен пример фрагмента ассоциативной сети, которая могла бы быть построена в результате такого эксперимента. В рамках данной работы предполагается, что в областях, относящихся к здравому смыслу, ассоциативные связи у разных людей устанавливаются сходным образом, поэтому для получения надежных значений времен ответов можно и нужно проводить усреднение по некоторой группе людей. При этом выпор сферы понятий для тестирования нужно выбирать таким

образом, чтобы ответы на составленные вопросы были очевидными для всех испытуемых. При малом числе испытуемых может использоваться повторное тестирование одного и того же человека, но необходимо, чтобы были выполнены следующие условия: база вопросов является достаточно большой (порядка 100 вопросов) и время перед повторным тестированием должно быть значительным (не менее суток).



Рис. 1. Пример фрагмента ассоциативной сети

Экспериментальная часть

В данной работе производят построение ассоциативной сети для некоторой ограниченной системы общеизвестных понятий на основе времени ответа человека на вопросы, связывающие пары понятий. Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Реализовать программу тестирования, которая выбирает из базы случайные, но неповторяющиеся вопросы и определяет с высокой точностью (порядка 0.1 секунды) время ответа. Ввод ответа рекомендуется осуществлять по факту нажатия одной из двух заранее определенных клавиш. Не рекомендуется использовать способы ввода, требующие перемещения мышки или ввода слов с нажатием Enter, поскольку это существенно снижает точность оценки времени. Показ очередного вопроса рекомендуется осуществлять только при готовности человека (о чем он может сообщать программе путем нажатия некоторой третьей клавиши). Рекомендуется, чтобы программа автоматически записывала результаты ответов в лог-файл.

2. Составить базу вопросов. Для этого следует выбрать область со сложными (иерархическими) отношениями между понятиями, которые предположительно описываются ассоциативной сетью, подобной представленной на рис. 1. Однако сами понятия должны быть общеизвестными, а ответы на вопросы – не требующими привлечения дополнительных знаний.

3. Провести тестирование группы людей. При этом требуется установить предпочтительную продолжительность тестирования одного человека. Для этого необходимо определить, спустя какой промежуток времени начинает систематически увеличиваться время ответов или число ошибок. При тестировании каждого человека требуется объяснить ему условия эксперимента и продемонстрировать их на нескольких вопросах, которые затем не учитываются при анализе результатов.

4. Произвести усреднение времен ответов на вопросы по группе людей и вычислить дисперсии времен для каждого вопроса. Установить достоверность различия средних времен ответов на разные вопросы.

5. Построить ассоциативную сеть, если времена ответов на вопросы достоверно различаются. Построение сети рекомендуется начинать с пар понятий, которым соответствуют наименьшие времена ответов. Эти понятия должны быть непосредственно связаны в сети.

6. Проанализировать полученные результаты. Если построение ассоциативной сети осуществлено удачно, то проанализировать ее структуру, в противном случае определить возможные причины неудачи. Сделать выводы по работе.

Литература

1. Люгер, Д.Ф. **Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем** / Д.Ф. Люгер. – 4-е изд.: Пер. с англ. – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2003. – С. 226-230.

Вопросы для самопроверки:

1. На основе какого принципа формируются тестовые вопросы, используемые при построении ассоциативной сети?
2. Какой критерий используется при определении «ассоциативного расстояния» между понятиями?
3. Почему не все пары понятий, имеющих отношение друг к другу, в ассоциативной сети связаны непосредственно?
4. Насколько корректно производить усреднение результатов (времени ответов), полученным при тестировании разных людей?
5. Какие группы понятий предпочтительнее использовать при построении ассоциативной сети и почему? Если требуется построить ассоциативную сеть для специальных понятий, как следует подбирать тестируемых людей? Что означает различие структуры ассоциативной сети, построенной по разным группам людей?
6. Какие ограничения имеет представление знаний в форме ассоциативных сетей, и как эти ограничения могут быть сняты в рамках других представлений?

Вариант 2

Задание по работе:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Выбрать систему понятий из некоторой предметной области и описать взаимосвязи между этими понятиями.
3. Реализовать программу на языке Пролог, в которой установленные взаимосвязи описываются логическими формулами в исчислении предикатов в виде общих правил и частных фактов. Определить возможности интерпретатора Пролога по ответу на вопросы из данной области.

Теоретическая часть

Краткое описание основ языка Пролог

Программа на языке Пролог преимущественно состоит из списка логических утверждений, которые можно разделить на факты и общие правила. Эти утверждения состояются из имен предикатов, переменных и их значений, которые представляют собой символьную строку, начинающуюся с буквы, а также совокупности логических операций. В конце каждого утверждения ставится точка ".". Переменные обязательно начинаются с прописной буквы, поэтому все значения должны начинаться со строчной буквы. Используемые в Прологе обозначения логических операций представлены в табл. 1.

Табл. 1. Логические операции в Прологе

Имя операции	Логическая операция	Обозначение в Прологе
и	\wedge	,
или	\vee	;
если	\Leftarrow	:-
не		not

Рассмотрим некоторые примеры утверждений на языке Пролог. Ниже приведен пример списка фактов, не содержащих переменных.

man(serg). man(alex).

father(serg, alex).

mother(kat, serg).

Эти факты говорят, что предикаты "man", "father", "mother" истинны при указанных значениях аргументов. Пролог работает в рамках предположения о замкнутости базы знаний. Это означает то, что все

предикаты будут ложны для всех значений переменных, для которых не было указано обратное.

Общие правила в Прологе записываются так же, как и факты, но в них присутствуют переменные. При этом подразумевается, что общее правило верно при всех значениях всех входящих в него переменных. Иными словами, правило

$$p1(X) :- p2(X,Y).$$

означает логическое выражение

$$(\forall X,Y)p2(X,Y) \Rightarrow p1(X).$$

Рассмотрим некоторые примеры общих фактов, записанных на языке Пролог, и приведем для них соответствующие формулы в логике предикатов.

$father(X, Y) :- man(X), parent(X, Y).$

$$(\forall X,Y)man(X) \wedge parent(X,Y) \Rightarrow father(X,Y)$$

Если некто X является мужчиной и родителем Y , то X – отец Y . $parent(X, Y) :- mother(X, Y); father(X, Y).$

$$(\forall X,Y)mother(X,Y) \vee father(X,Y) \Rightarrow parent(X,Y)$$

X является родителем Y , если X – отец или мать Y .

$grandfather(X, Y) :- father(X, Z), parent(Z, Y).$

$$(\forall X,Y)(grandfather(X,Y) \Leftarrow (\exists Z) father(X,Z) \wedge parent(Z,Y))$$

X является дедушкой Y только тогда, когда X является отцом (некоторого) родителя Y .

За исполнение программы на языке Пролог отвечает интерпретатор, который интерактивно взаимодействует с пользователем, отвечая на его запросы. Запрос к интерпретатору также представляется в виде логического выражения, истинность которого требуется установить. Рассмотрим следующую простую программу.

$mother(X, Y) :- woman(X), parent(X, Y).$

$father(X, Y) :- man(X), parent(X, Y).$

$grandfather(X, Y) :- father(X, Z), parent(Z, Y). man(serg).$

$man(alex). woman(kat).$

$parent(serg, victor).$

$parent(kat, victor).$

$parent(victor, alex).$

И посмотрим на следующие запросы, начинающиеся с приглашения "?-", на которые интерпретатор возвращает некоторый ответ.

?- $father(serg, victor).$

Yes

?- $grandfather(serg, alex).$

Yes

?- mother(kat, alex).

No

?- father(victor, alex).

No

Как видно, для обработки этих запросов интерпретатору необходимо выполнить логический вывод, а не просто обратиться к базе правил. Также видно, как действует предположение о замкнутости базы знаний: поскольку в базе нет фактов об истинности `parent(kat, alex)` и `man(victor)`, то последние два запроса возвращают "Нет".

В Прологе существуют также и запросы в виде выражений с переменными. Посмотрим, как работают эти запросы.

?- mother(kat, X).

X = victor Yes

?- grandfather(X, alex).

X = serg Yes

?- grandfather(X, Y).

X = serg, Y = alex Yes

?- grandfather(X, kat).

No

?- man(X).

X = serg Yes

Здесь можно отметить следующее. В подобного рода запросах предполагается квантор существования для входящих в него переменных. Выражение истинно, если найдется хотя бы одно подходящее значение X (не имеет значения, как именно обозначать переменные в запросе). В действительности, при нахождении в базе первого значения, для которого введенное выражение истинно, интерпретатор спрашивает пользователя, продолжать ли поиск. Поиск продолжается при нажатии команды ";" (или) до тех пор, пока не будет дан ответ "Нет" в связи с исчерпанием всех возможностей, например,

?- man(X).

X = serg ; X = alex ; No

Более сложные выражения в запросах также допустимы, например,

?- mother(kat, X), father(Y, X).

X = victor, Y = serg Yes

Этот запрос позволяет определить, кто является отцом сына kat.

Следует обратить внимание на некорректность работы программы, содержащей противоречия вида

$\text{something}(X) :- \text{not}(\text{something}(X)).$

а также циклические определения вида

$\text{man}(X) :- \text{not}(\text{woman}(X)).$

$\text{woman}(X) :- \text{not}(\text{man}(X)).$

Экспериментальная часть

В данной работе производят построение простейшей базы знаний в рамках логического представления с использованием языка Пролог и устанавливают возможности и ограничения: 1) логических представлений при описании понятий и взаимосвязей между ними; 2) интерпретатора отвечать на запросы. Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Выбрать систему взаимосвязанных понятий, подобную системе родственных отношений, но отличную от нее.
2. Формализовать отношения между понятиями в форме логических выражений в рамках исчисления предикатов первого порядка.
3. Реализовать логические выражения как общие правила в программе на языке Пролог; дополнить программу совокупностью частных фактов. Полученная в результате программа является основой отчета по лабораторной работе.
4. Определить возможности созданной базы знаний по ответу на запросы, требующие логического вывода (т.е. ответы на которые не содержатся в базе в явном виде). Установить запросы, на которые ответ интерпретатора не соответствует ожидаемому (уделить внимание неявному предположению замкнутости базы знаний).
5. Проанализировать полученные результаты. Сделать выводы по работе: сформулировать эмпирически обоснованные преимущества и недостатки логических представлений для систем взаимосвязанных понятий.

Литература

1. Люгер, Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Д.Ф. Люгер. – 4-е изд.: Пер. с англ. – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2003. – С. 609-684.
2. Джексон, П. Введение в экспертные системы: учеб. пособие / П. Джексон. – Пер. с англ. – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2001. – С. 177-200.

Вопросы для самопроверки:

1. К какому типу представлений знаний можно отнести язык Пролог?
2. Из каких базовых элементов состоит программа на языке Пролог?
3. Что означает высказывание, согласно которому программирование на языке Пролог является декларативным?
4. Имеет ли значение порядок, в котором в программе на Прологе заданы правила и факты?
5. Как реализуется предположение о замкнутости базы знаний в языке Пролог? Какие следствия из этого можно сделать?
6. В чем заключается функция интерпретатора языка Пролог?
7. Какие понятия или взаимосвязи между понятиями затруднительно представить на языке Пролог? Какие преимущества и недостатки Пролог имеет по сравнению с другими языками программирования и с другими представлениями знаний?

3. Исследование влияния параметров обучающей выборки на вероятность распознавания новых образов

Цель работы – ознакомиться с методами распознавания образов и освоить их применение в различных условиях, определяемых характером обучающей выборки: ее размером, наличием в ней выбросов, степенью перекрытия классов. Данная работа имеет два варианта выполнения.

Вариант 1

Задание по работе:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Реализовать методы эталонных образов и ближайшего соседа.
3. Путем варьирования обучающей выборки определить влияние следующих факторов на вероятности правильного распознавания: наличие в обучающей выборке выбросов, размер обучающей выборки, форма областей, занимаемых классами в пространстве признаков.

Теоретическая часть

Постановка задачи дискриминантного распознавания образов

В распознавании образов рассматривается вопрос о разделении объектов на классы. При этом требуется по некоторому описанию объекта (такое описание называется образом) определить его отношение к тому или иному классу. В зависимости от способа описания объектов различают дискриминантные, логические и синтаксические методы распознавания. В

данной лабораторной работе изучаются простейшие дискриминантные методы.

В дискриминантном распознавании образов объекты представляются в виде векторов. Каждый из компонентов этих векторов рассматривается как признак с вещественным значением, а сам вектор называется вектором признаков.

Решающим правилом называется правило, которое по вектору признаков, описывающих объект, позволяет определить соответствующий данному объекту класс. Задача распознавания образов заключается в восстановлении решающего правила по совокупности примеров – обучающей выборке, состоящей из векторов признаков, для каждого из которых задан также соответствующий класс.

Итак, пусть обучающая выборка состоит из M пар x_i, α_i , где x_i – образ объекта (вектор признаков), а α_i обозначает класс, к которому данный объект принадлежит. На основе этой обучающей выборки требуется построить решающее правило $\varphi(x)$, которое для произвольного образа x будет определять номер наиболее подходящего класса.

В данной работе рассматривается случай двух классов.

Метод эталонных образов

Метод эталонных образов – это один из эвристических методов построения решающих правил. В основу этого метода положена идея, которая заключается в том, что некоторая совокупность объектов, объединенных в отдельный класс, может быть представлена одним или несколькими эталонными объектами. Эти эталонные объекты являются наиболее типичными представителями класса. Типичность эталонного объекта означает, что он в среднем максимально похож на все объекты класса.

Поскольку сходство двух объектов может трактоваться как величина, противоположная расстоянию между ними, то эталон – это объект, для которого минимально среднее расстояние до других объектов.

Пусть в обучающей выборке первому классу соответствует M_1 элементов $x_{1,i}$, а второму классу – M_2 элементов $x_{2,i}$. Тогда эталонные образы для каждого из классов могут быть определены как

$$x_{0,1} = \frac{1}{M_1} \sum_{i=1}^{M_1} x_{1,i}, \quad x_{0,2} = \frac{1}{M_2} \sum_{i=1}^{M_2} x_{2,i}. \quad (8)$$

Классы, однако, могут обладать разными свойствами. Простейшим свойством является характерный размер класса, который вычисляется как

$$r_1 = \sqrt{\frac{1}{M_1} \sum_{i=1}^{M_1} |x_{1,i} - x_{0,1}|^2}, \quad r_2 = \sqrt{\frac{1}{M_2} \sum_{i=1}^{M_2} |x_{2,i} - x_{0,2}|^2} \quad (9)$$

Тогда для классификации нового образа \mathbf{x} используется следующая решающая функция:

$$k(\mathbf{x}) = \frac{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_{0,1}|}{r_1} - \frac{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_{0,2}|}{\bar{r}_2} \quad (10)$$

Если значение этой функции отрицательное, то образ относится к первому классу, в противном случае – ко второму. Разделяющая поверхность для двух классов задается уравнением $k(\mathbf{x}) = 0$.

Метод ближайшего соседа

Другой широко распространенный эвристический метод распознавания – метод ближайшего соседа (или его обобщение – метод k - ближайших соседей).

Идея этого метода крайне проста: новый образ относится к тому классу, к которому он ближе. При этом расстояние от образа до класса определяется как расстояние от образа до ближайшего элемента класса.

Тогда на основе обучающей выборки $\mathbf{x}_i, \alpha_i, i=1, \dots, M$, может быть построено следующее решающее правило:

$$\Phi(\mathbf{x}) = \alpha_{\arg \min_i |\mathbf{x} - \mathbf{x}_i|} \quad (11)$$

В соответствии с данным решающим правилом просматривается вся обучающая выборка, в ней находится образ, расположенный наиболее близко к данному и устанавливается, к какому классу он принадлежит (это известно, поскольку он находится в обучающей выборке). Этот класс и приписывается новому образу.

Экспериментальная часть

В данной работе проводят сравнительный анализ метода эталонных образов и метода ближайшего соседа. При этом основными характеристиками являются вероятность распознавания и скорость работы в зависимости от параметров обучающей выборки: ее размеров, наличия в ней выбросов, формы областей, занимаемых классами. Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Выполнить реализацию методов эталонных образов и ближайшего соседа.
2. Сформировать выборку образов, которую разделить на обучающую и тестовую часть. Образы из тестовой выборки не участвуют в обучении, а используются затем для определения процента правильных ответов, даваемых тем или иным методом. Разделение на обучающую и тестовую выборку желательно производить случайным образом. Размер тестовой выборки должен быть достаточно большим (по крайней мере, несколько

десятков элементов).

3. Варьируя обучающую выборку, определить проценты правильного распознавания каждого из методов. Обучающую выборку следует изменять следующим образом: добавлять и исключать из нее элементы, чтобы менялся размер выборки, вносить в обучающую выборку ошибки (для нескольких элементов указывать неправильный класс).

4. Для определения скорости работы каждого из методов следует варьировать размер обучающей выборки. Для формирования обучающих выборок больших размеров допустимо многократно дублировать содержимое исходной обучающей выборки. Для определения времени классификации нового образа следует многократно (в цикле) вызывать классифицирующую процедуру и оценивать время для такого многократного вызова, после чего делить полученное общее время на число вызовов.

5. Проанализировать полученные результаты. Определить, как влияют ошибки в обучающей выборке на каждый из методов, при каких размерах обучающей выборки у какого из методов больше процент правильного распознавания (и при какой форме областей, занимаемых классами), как влияет размер обучающей выборки на время классификации нового образа в каждом из методов. Сделать выводы по работе.

Литература

1. **Потапов, А.С. Распознавание образов и машинное восприятие: общий подход на основе принципа минимальной длины описания** / А.С. Потапов. – СПб.: Политехника, 2007. – С. 135-138, 152-155.
2. **Ту, Дж. Принципы распознавания образов** / Дж. Ту, Р. Гонсалес – М.: Мир, 1978. – С. 90-98.

Вопросы для самопроверки:

1. К какому типу методов распознавания относятся методы ближайшего соседа и эталонных образов, и что, на ваш взгляд, это означает?
2. Какова форма разделяющей поверхности в методе эталонных образов?
3. Какова форма разделяющей поверхности в методе ближайшего соседа?
4. Работа какого из этих двух методов будет в большей степени нарушена, если пространство признаков сильно растянуть в направлении одного из признаков, оставив остальные направления неизменными?
5. В каком из двух методов время классификации нового образа зависит от размера обучающей выборки?
6. Какой из двух методов более чувствителен к ошибкам в обучающей выборке?

Вариант 2

Задание по работе:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Реализовать метод решающих функций.
3. Путем варьирования обучающей выборки определить влияние следующих факторов на вероятности правильного распознавания: наличие в обучающей выборке выбросов, размер обучающей выборки, форма областей, занимаемых классами в пространстве признаков.

Теоретическая часть

Постановку задачи дискриминантного распознавания образов см. в теоретической части первого варианта выполнения работы. Здесь будет рассмотрен только сам метод решающих функций.

Решающей функцией $k(\mathbf{x})$ для двух классов $a_1, a_2 \in A$ называется такая функция $k: X \rightarrow R$, что $k(\mathbf{x}) > 0$, если образ \mathbf{x} принадлежит классу a_1 , и $k(\mathbf{x}) < 0$, если образ \mathbf{x} принадлежит классу a_2 .

Обычно рассматриваются не произвольные решающие функции, а лишь функции, относящиеся к некоторому параметрическому семейству, элементы которого $k(\mathbf{x}, \mathbf{w})$ определяются вектором параметров $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_n)$, где n – количество параметров. Выбор конкретных значений параметров w_i соответствует выбору решающей функции. Тогда решение задачи распознавания образов сводится к определению оптимальных значений параметров по обучающей выборке.

Мы рассматриваем задачу построения решающих функций для случая двух классов a_1 и a_2 . Как и раньше, в задаче распознавания имеются исходные данные: $D = ((\mathbf{x}_1, A_1), (\mathbf{x}_2, A_2), \dots, (\mathbf{x}_M, A_M))$ – обучающая выборка из M элементов, в которой $\mathbf{x}_i \in R^N$ – образы, представленные N -компонентными векторами признаков, а $A_i \in \{a_1, a_2\}$ – соответствующие им классы.

Важное параметрическое семейство составляют *линейные решающие функции*. Поиск линейных решающих функций проще как с теоретической, так и с практической точки зрения, а классификаторы, построенные на их основе, являются также и наиболее эффективными по отношению к требуемым вычислительным ресурсам. Линейные решающие функции задаются следующим образом:

$$k(\mathbf{x}, \mathbf{w}) = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_N x_N + w_{N+1} = \mathbf{w} \mathbf{x}', \quad (12)$$

где $\mathbf{x}' = (x_1, x_2, \dots, x_N, 1)^T$ – дополненный вектор признаков, а $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_{N+1})$ – вектор весов, который требуется определить по

обучающей выборке, исходя из условий: $\mathbf{w}\mathbf{x}'_i > 0$, если $A_i = a_1$ и $\mathbf{w}\mathbf{x}'_i < 0$, если $A_i = a_2$. Разделяющая поверхность, задаваемая уравнением $\mathbf{w}\mathbf{x}'_i = 0$, в данном случае будет гиперплоскостью.

Чтобы представить эти условия единообразно, обычно пользуются следующим приемом. Пусть $z_i = 1$, если $A_i = a_1$, и $z_i = -1$, если $A_i = a_2$, тогда ограничения на вектор параметров будут следующие:

$$(\forall i) z_i \mathbf{w}\mathbf{x}'_i > 0. \quad (13)$$

В зависимости от критерия качества и метода поиска параметров, максимизирующих этот критерий, могут быть построены различные процедуры нахождения линейных решающих функций.

Одной из идей здесь является применение классического метода наименьших квадратов (МНК). Необходимо, чтобы решающая функция правильно классифицировала образы обучающей выборки. Это можно выразить в виде следующего условия: $\kappa(\mathbf{x}_i, \mathbf{w}) = z_i$. Тогда задача

распознавания сводится к задаче аппроксимации, для которой в рамках МНК можно записать следующую целевую функцию:

$$L = \sum_{i=1}^M (\kappa(\mathbf{x}_i, \mathbf{w}) - z_i)^2. \quad (14)$$

Удобство линейных решающих функций в том, что для их нахождения используется линейный МНК, имеющий эффективное решение. Для определения значений параметров, при которых достигается минимум критерия (14), продифференцируем его и получим систему линейных уравнений:

$$\frac{\partial L}{\partial w_k} = \sum_{i=1}^M \left(\sum_{j=1}^{N+1} w_j x_{i,j} - z_i \right) x_{i,k} = 0, \quad (15)$$

которую не представляет сложности решить.

Не любые два набора точек в R^N разделяются гиперплоскостью, задаваемой линейной решающей функцией, а значит, не все образы в таких наборах могут быть корректно классифицированы с помощью линейной решающей функции. Это является платой за простоту и вычислительную эффективность линейных методов. Нелинейные методы сложны и вычислительно трудоемки. К счастью, существует стандартный прием, позволяющий расширять процедуры построения линейных решающих функций на нелинейные функции. Этот прием заключается в том, что вводятся *обобщенные решающие функции* вида

$$\kappa(\mathbf{x}, \mathbf{w}) = w_1 f_1(\mathbf{x}) + w_2 f_2(\mathbf{x}) + \dots + w_n f_n(\mathbf{x}), f_i: R^N \rightarrow R. \quad (16)$$

В частности, несложно получить линейные решающие функции, используя

$$n = N + 1 \text{ и } f_i(\mathbf{x}) = x_i' .$$

Функции $f_i(\mathbf{x})$ предполагаются известными заранее, то есть имеется возможность однозначно получить их значения для любого вектора \mathbf{x} . Тогда решающие функции вида (16) оказываются линейными по неизвестным параметрам w_i , и несложно убедиться, что любой метод, предназначенный для нахождения параметров линейных решающих функций, также будет работать и для обобщенных решающих функций. Один из стандартных способов задания обобщенных решающих функций – это представление их в виде многочленов (при этом, обычно используются ортонормированные системы функций, например, многочлены Лежандра или Эрмита). При этом, однако, количество параметров в обобщенной решающей функции перестает быть фиксированным. На практике при полуавтоматическом распознавании образов варианты обобщенной решающей функции можно задавать вручную, подбирая наиболее подходящие дополнительные признаки $f_i(\mathbf{x})$.

Экспериментальная часть

В данной работе проводят анализ метода обобщенных решающих функций при задании дополнительных признаков вручную. При этом основной характеристикой является вероятность распознавания в зависимости от параметров обучающей выборки: ее размеров, наличия в ней выбросов, формы областей, занимаемых классами, – и в зависимости от привлекаемых дополнительных признаков. Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Выполнить реализацию метода обобщенных решающих функций.

2. Сформировать выборку образов, которую разделить на обучающую и тестовую часть. Образы из тестовой выборки не участвуют в обучении, а используются затем для определения процента правильных ответов, даваемых при тех или иных дополнительных признаках. Разделение на обучающую и тестовую выборку желательно производить случайным образом. Размер тестовой выборки должен быть достаточно большим (по крайней мере, несколько десятков элементов).

3. Варьируя обучающую выборку, определить проценты правильного распознавания для различных дополнительных признаков (рекомендуется использовать линейные и квадратичные решающие функции). Обучающую выборку следует изменять следующим образом: добавлять и исключать из нее элементы, чтобы менялся размер выборки, вносить в обучающую выборку ошибки (для нескольких элементов указывать неправильный класс).

4. Для нелинейно разделимых классов образов осуществить перебор дополнительных признаков и найти минимальное количество признаков,

при которых корректное разделение находится методом обобщенных решающих функций.

5. Проанализировать полученные результаты. Определить, как влияют ошибки в обучающей выборке на метод обобщенных решающих функций, при каких размерах обучающей выборки и при каких дополнительных признаках больше процент правильного распознавания (и при какой форме областей, занимаемых классами). Сделать выводы по работе.

Литература

1. **Потапов, А.С. Распознавание образов и машинное восприятие: общий подход на основе принципа минимальной длины описания** / А.С. Потапов. – СПб.: Политехника, 2007. – С. 144-152.
2. **Ту, Дж. Принципы распознавания образов** / Дж. Ту, Р. Гонсалес – М.: Мир, 1978. – С. 53-87.

Вопросы для самопроверки:

1. В чем заключается основная идея метода решающих функций?
2. В каком смысле метод обобщенных решающих функций можно назвать линейным, а в каком – нелинейным? Почему для этого метода верны обе эти характеристики?
3. Какая проблема возникает в методе обобщенных решающих функций, когда количество дополнительных признаков может быть произвольным? Как эта проблема может решаться?
4. Любой ли формы разделяющие поверхности могут быть построены в методе обобщенных решающих функций?
5. Как влияют выбросы в обучающей выборке на качество строящейся решающей функции? Можно ли модифицировать метод решающих функций так, чтобы он был менее чувствителен к выбросам?

4. Изучение методов анализа пространства признаков

Цель работы – ознакомиться с методами анализа пространства признаков в рамках задач кластеризации и выбора признаков, а также освоить их применение в различных условиях, определяемых характером распределения образов обучающей выборки. Данная работа имеет два варианта выполнения.

Вариант 1

Задание по работе:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Реализовать метод k внутригрупповых средних.
3. Путем варьирования взаимного расположения и формы кластеров, образуемых образцами обучающей выборки, определить ограничения метода кластеризации.

Теоретическая часть

Постановка задачи выделения кластеров в пространстве признаков

В задаче распознавания без учителя машинной системе предоставляется лишь совокупность образов $\mathbf{x}_i \in X, i=1, \dots, M$. При этом на основе этих образов система должна сформировать некое множество классов $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ и построить решающее правило $\varphi: X \rightarrow A$.

Поскольку решающее правило относит каждый образ из обучающей выборки к одному из классов, то задача, по сути, сводится к тому, чтобы объединить образы обучающей выборки в группы (на основе которых и формируются классы). Такое объединение называется *группированием*. Здесь возникает вопрос: на каком основании какие-то образы следует относить к одной группе, а какие-то – к другой?

Один из интуитивно очевидных ответов на этот вопрос заключается в том, что объединяться должны похожие друг на друга образы. Степень сходства определяется расстоянием в пространстве признаков. Выбор метрики, однако, во многом произволен, хотя чаще всего используют евклидово расстояние. Если в классы объединяются наиболее близко расположенные друг к другу образы, то задача группирования превращается в задачу *кластеризации*, то есть в задачу поиска кластеров (областей, содержащих компактно расположенные группы образов).

Алгоритм k внутригрупповых средних

Алгоритм k внутригрупповых средних (или кратко алгоритм k средних) требует задания числа кластеров, исторически обозначаемых через k . Здесь для обозначения числа классов будет использоваться переменная d , а через $A = \{a_1, \dots, a_d\}$ будет обозначаться множество классов. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Каждому из d кластеров произвольным образом назначаются их центры (или эталонные образы) $\mathbf{x}_{0,i}$. Часто в качестве этих центров выступают первые d образов обучающей выборки $\mathbf{x}_{0,i} = \mathbf{x}_i, i = 1, \dots, d$.

2. Каждый образ выборки относится к тому классу, расстояние до центра которого минимально:

$$A_i = \arg \min_{a_j \in A} s(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_{0,j}), i = 1, \dots, M, \quad (17)$$

где $s(\mathbf{x}, \mathbf{x}')$ – функция расстояния, в качестве которой может использоваться как евклидово расстояние, так и другие метрики, например, полезным может быть нормированное евклидово расстояние:

$$s(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_{0,j}) = \frac{\|\mathbf{x}_i - \xi_{0,j}\|}{r_j}, \quad (18)$$

где r_j – размер j -го кластера. Этот размер вычисляется как внутриклассовое расстояние (среднеквадратичное расстояние от образов класса до его центра).

3. Центры кластеров пересчитываются, исходя из того, какие образы к каждому из них были отнесены:

$$\mathbf{x}_{0,j} = \frac{1}{M_j} \sum_{(\forall i) A_i=a_j} \mathbf{x}_i, \quad \text{где } M_j -$$

количество образов, попавших в класс a_j . После пересчитываются

радиусы кластеров:

$$r_j^2 = \frac{1}{M_j} \sum_{(\forall i) A_i=a_j} \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_{0,j}\|^2.$$

($\forall i) A_i=a_j$

4. Шаги 2 и 3 повторяются, пока не будет достигнута сходимость, то есть пока классы не перестанут изменяться.

Экспериментальная часть

В данной работе проводят анализ метода k внутригрупповых средних, используемого для распознавания без учителя (кластеризации). При этом требуется установить влияние формы и взаимного расположения кластеров на возможность их обнаружения данным методом, а также устойчивость результатов метода при выборе различных начальных центров кластеров. Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Выполнить реализацию метода k внутригрупповых средних.

2. Сформировать различные обучающие выборки образов, варьирующиеся по форме кластеров (круглые, сильно вытянутые, неправильной формы типа «Г»), их относительным размерам (одинаковые или разные размеры кластеров) и близости расположения кластеров.

3. Для нескольких обучающих выборок определить различия в конечных результатах при использовании разных способов задания начальных центров кластеров: начальные центры формируются из близко расположенных образов, случайно выбранных образов, наиболее удаленно расположенных образов. Оценить количество итераций, требуемых методу для схождения, при разных способах задания начальных центров.

4. Установить различия в результатах кластеризации для нескольких обучающих выборок в зависимости от того, используется ли евклидово расстояние, или оно нормируется на размеры кластеров.

5. Определить характер формируемых кластеров в случаях, когда заданное значение k отличается (как в большую, так и в меньшую сторону) от действительного числа кластеров в обучающей выборке.

6. Проанализировать полученные результаты. Определить ограничения метода k средних. Сделать выводы по работе.

Литература

1. **Потапов, А.С. Распознавание образов и машинное восприятие: общий подход на основе принципа минимальной длины описания** / А.С. Потапов. – СПб.: Политехника, 2007. – С. 185-191.
2. **Ту, Дж. Принципы распознавания образов** / Дж. Ту, Р. Гонсалес – М.: Мир, 1978. – С. 101-112.

Вопросы для самопроверки:

1. К какому типу методов распознавания относится метод k внутригрупповых средних?
2. Какое ограничение данного метода мешает утверждать, что метод является полностью автоматическим?
3. Классы какой формы строятся методом k внутригрупповых средних?
4. Какой способ задания начальных центров кластеров в данном методе предпочтительнее?
5. В чем различие метода k средних при нормировании евклидового расстояния на размеры кластеров и без нормирования?
6. Какие эффекты возникают, когда заданное значение k больше или меньше действительного числа кластеров?

Вариант 2

Задание по работе:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Реализовать метод оценивания плотности вероятностей на основе смесей.
3. Путем варьирования компонент смеси и их количества, определить ограничения метода на основе смесей.

Теоретическая часть

Часто возможна такая ситуация, что никаких предположений о виде плотности распределения сделать нельзя. В этом случае используют непараметрические методы оценивания. Однако и в этих методах все же необходимо делать некоторые априорные допущения, такие, как, например, непрерывность или симметрия плотности распределения вероятностей. Один из широко распространенных подходов к непараметрическому оцениванию заключается в представлении неизвестной плотности в виде линейной комбинации плотностей известного (параметрического) вида. Это т.н. *смеси*. Мы рассмотрим *конечные смеси*, которые представляются в виде:

$$p(x) = \sum_{i=1}^m p(x | w_i) P(w_i), \quad (19)$$

где m – число компонентов смеси. Чтобы подчеркнуть, что величины $P(w_i)$ являются численными коэффициентами, мы будем использовать обозначение $P_i = P(w_i)$. Поскольку они имеют смысл вероятностей, то для них должны выполняться ограничения $0 \leq P_i \leq 1$ и $P_1 + \dots + P_m = 1$. Поскольку нас интересует оценивание плотностей распределения вероятностей, как векторы параметров w_1, \dots, w_m , так и коэффициенты P_1, \dots, P_m являются неизвестными. В связи с этим необходимо писать:

$$p(x | w_1, \dots, w_m, P_1, \dots, P_m) = \sum_{i=1}^m P_i \cdot p(x | w_i), \quad (20)$$

Смеси полезны и как средство непараметрического оценивания плотностей распределения вероятности в отдельных классах. При этом работа со смесью может вестись абсолютно так же, как и с обычной параметрической плотностью. В частности, здесь оказывается применимым метод стохастической аппроксимации.

Один из способов использования смеси для оценивания плотностей заключается в разложении последних по базисным функциям. Если в уравнении (19) в качестве набора функций $\{p(x | w)\}_{i=1}^m$ использовать

полную систему функций (задаваемую, как правило, априори), то с помощью смеси можно будет аппроксимировать произвольную (непрерывную) плотность вероятностей. Это является замечательным свойством, когда априорные сведения о виде плотности вероятностей отсутствуют. Выбор набора базисных функций, казалось бы, не накладывает никаких ограничений на то, какие плотности могут быть восстановлены, коль скоро либо этот набор является полным, либо пространство, натянутое на него, гарантированно содержит искомую плотность.

Одной из наиболее популярных смесей является смесь нормальных плотностей.

В частном случае для аппроксимации плотности распределения элементов одного класса можно жестко задать параметры смеси следующим образом. Количество m компонентов смеси равно числу

эталонных образов M . Ковариационные матрицы всех компонентов являются единичными матрицами. Вектор средних $x_{0,i}$ i -го компонента смеси равен i -му образу обучающей выборки $x_{0,i} = x_i$, а коэффициенты смеси $P_i = 1/M$. Иными словами, в каждую точку обучающей выборки «помещается» нормальное распределение с единичной ковариационной матрицей.

Экспериментальная часть

В данной работе проводят исследование метода оценивания плотности вероятностей на основе смесей, используемого для оценки неизвестной плотности вероятностей. При этом требуется установить влияние типа входящих в смесь распределений и их количества на точность оценки. Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Сгенерировать обучающую выборку на основе заданной функции распределения плотности вероятностей.
2. Реализовать метод, основанный на представлении искомого распределения в виде конечных смесей, с целью оценки плотности вероятности в произвольной точке.
3. Оценить при каких входящих типах распределений в смесь, обнаружение искомого распределения будет наилучшим.
4. Установить, как количество входящих в смесь компонентов влияет на обнаружение искомого распределения, и на быстродействие программы
5. Проанализировать полученные результаты. Определить ограничения метода конечных смесей. Сделать выводы по работе.

Литература

1. Потапов, А.С. Распознавание образов и машинное восприятие: общий подход на основе принципа минимальной длины описания / А.С. Потапов. – СПб.: Политехника, 2007. – С. 191-197.

Вопросы для самопроверки:

1. К каким методам оценивания относится подход на основе смесей?
2. Как вы понимаете метод конечных смесей? Какие допущения в нем используются?
3. Для каких способов обучения применим подход на основе смесей? Почему?
4. Какие вы знаете алгоритмы для оценки неизвестных параметров распределения компонент смеси?

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «Системы искусственного интеллекта»
для студентов направления подготовки 18.03.02 Энерго- и
ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и
биотехнологии
направленность (профиль) Охрана окружающей среды и рациональное
использование природных ресурсов

Ставрополь
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	11
2. Цель и задачи самостоятельной работы	12
3. Технологическая карта самостоятельной работы студента	13
4. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом	13
4.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой	13
4.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим и лабораторным занятиям	16
4.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний	17
4.4. Методические рекомендации по написанию научных текстов (докладов, рефератов, эссе, научных статей и т.д.)	17
4.5. Методические рекомендации по подготовке к экзаменам и зачетам	20
5. Контроль самостоятельной работы студентов	21
6. Список литературы для выполнения СРС	21

1. Общие положения

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов (СРС) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения.

К основным видам самостоятельной работы студентов относятся:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание докладов;
- подготовка к семинарам, практическим и лабораторным работам, их оформление;
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний (педагогических, психологических, методических и др.);
- выполнение учебно-исследовательских работ, проектная деятельность;
- подготовка практических разработок и рекомендаций по решению проблемной ситуации;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;
- выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин;
- выполнение выпускной квалификационной работы и др.

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

Самостоятельная работа по дисциплине «Искусственный интеллект в профессиональной сфере» направлена на формирование следующих **компетенций**:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-4 Способен реализовать мероприятия по	ИД-1 осуществляет организацию технологических режимов природоохранных	Пороговый уровень понимает основные парадигмы представления знаний, их

ресурсо-энергосбережению процессов очистки сточных вод и обработки осадка	и объектов, соблюдая правила охраны окружающей среды, промышленной и специальной безопасности	преимущества и недостатки Повышенный уровень понимает целенаправленный многокритериальный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и в других источниках
	ИД-2 производит лабораторные исследования, замеры, анализы отобранных природных образцов; проводит мероприятия по санитарной обработке рабочего места, стерилизации оборудования	Пороговый уровень оформляет и представляет публично результаты профессиональной деятельности с использованием информационных технологий Повышенный уровень демонстрирует понимание современного состояния и тенденций развития систем, базирующихся на знаниях
	ИД-3 осуществляет планирование работ, определение границ территорий и объектов мониторинга поднадзорных территорий	Пороговый уровень составляет презентацию и рассказывает о результатах проведенного анализа на публике Повышенный уровень оценивает корректность и воспроизводимость применения методов прикладной математики и информатики

2. Цель и задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРС совпадает с целью обучения студента – формирование набора общенаучных, профессиональных и специальных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки «Педагогическое образование».

При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности. Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

3. Технологическая карта самостоятельной работы студента

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателями	Всего
5 семестр					
ПК-4	Подготовка к лабораторным работам	Собеседование	2,565	0,135	2,700
ПК-4	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	48,735	2,565	51,300
Итого за 5 семестр			51,300	2,700	54,000
Итого			51,300	2,700	54,000

4. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом

4.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия.

Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанно читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста:**

информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)

усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)

аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)

творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Вопросы для собеседования

Базовый уровень

Тема 1. Введение в интеллектуальные системы.

1. История искусственного интеллекта.
2. Основные направления исследований в области искусственного интеллекта.
3. Модели представления знаний. Вывод, основанный на знаниях.
4. Основные понятия теории нечетких знаний.

Тема 2. Основные понятия систем, основанных на знаниях.

1. Основные понятия и структура экспертных систем.
2. Классификации систем, основанных на знаниях.
3. Технология проектирования и разработки интеллектуальных систем.

Тема 3. Разработка экспертных систем

1. Этапы разработки экспертных систем.
2. Разработка прототипа экспертной системы.
3. Коллектив разработчиков интеллектуальных систем.

Тема 4. Определение и структура инженерии знаний

1. Поле знаний. Пирамида знаний.
2. Стратегии получения знаний.
3. Теоретические аспекты извлечения знаний.
4. Теоретические аспекты структурирования знаний.

Тема 5. Системы с естественно-языковым интерфейсом.

1. Основные понятия систем с естественно-языковым интерфейсом
2. Постановка задачи проектирования естественно-языкового диалогового интерфейса
3. Основные понятия теории построения грамматик

Тема 6. Самообучающиеся системы.

1. Понятие и характеристика самообучающихся систем.
2. Классификация самообучающихся систем
3. Проектирование адаптивных обучающих систем.

Тема 7. Адаптивные системы

1. Основные схемы адаптивных систем
2. Идентификация моделей

Тема 8. Программные продукты разработки интеллектуальных систем.

1. Цели, принципы и парадигмы технологий разработки программного обеспечения
2. Модели жизненного цикла интеллектуальных систем.
3. Языки представления знаний и проектирования искусственного интеллекта.
4. Инструментальные пакеты для искусственного интеллекта.
5. WorkBench-системы.

Тема 9. Интеллектуальные Интернет-технологии.

1. Онтологии и онтологические системы.
2. Программные агенты. Мультиагентные системы.
3. Проектирование и реализация агентов.

4. Информационный поиск в среде Интернет.

Повышенный уровень

Тема 1. Введение в интеллектуальные системы.

1. Этапы развития интеллектуальных систем.
2. Перспективы развития интеллектуальных систем.
3. Приведите примеры на каждую модель представления знаний.
4. Опишите шкалы оценивания нечетких знаний.

Тема 2. Основные понятия систем, основанных на знаниях.

1. Чем экспертные системы отличаются от базы данных?
2. Назовите признаки, по которым классифицируются системы искусственного интеллекта.
3. Назовите основные особенности в разработке интеллектуальных систем.

Тема 3. Разработка экспертных систем

1. Какие этапы следуют после разработки промышленного варианта.
2. Как осуществляется взаимодействие всех разработчиков экспертной системы.
3. Назовите характерные психологические черты каждого из разработчиков экспертной системы.

Тема 4. Определение и структура инженерии знаний

1. Назовите отличия данных от знаний.
2. Чем отличаются понятия «извлечение» знаний от «приобретения».
3. Назовите методы извлечения знаний.

Тема 5. Системы с естественно-языковым интерфейсом.

1. Назовите отличия систем с естественно-языковым интерфейсом от информационных систем.
2. Перечислите основные характеристики систем с естественно-языковым интерфейсом.

Тема 6. Самообучающиеся системы.

1. Какие системы можно отнести к самообучающимся.
2. Назовите признаки, по которым классифицируются самообучающиеся системы.

Тема 8. Программные продукты разработки интеллектуальных систем.

1. Какие технологии не используются при разработке систем искусственного интеллекта и почему.
2. Приведите примеры систем, соответствующих основным моделям жизненного цикла.

Тема 9. Интеллектуальные Интернет-технологии.

1. Как осуществляется интеллектуальный поиск в Интернет.
2. Как осуществляется поиск похожих людей в сети Инстаграмм.

4.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим и лабораторным занятиям

Для того чтобы практические и лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором

отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

4.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, провести самопроверку усвоенных знаний, ответив на контрольные вопросы по изученной теме.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

4.4. Методические рекомендации по написанию научных текстов (докладов, рефератов, эссе, научных статей и т.д.)

Перед тем, как приступить к написанию научного текста, важно разобраться, какова истинная цель вашего научного текста - это поможет вам разумно распределить свои силы и время.

Во-первых, сначала нужно определиться с идеей научного текста, а для этого необходимо научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного). Во-вторых, научиться организовывать свое время, ведь, как известно, свободное (от всяких глупостей) время – важнейшее условие настоящего творчества, для него наконец-то появляется время. Иногда именно на организацию такого времени уходит немалая часть сил и талантов.

Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно (чтобы и самому понятно было), а также стремясь структурировать свой текст. Каждый раз надо представлять, что ваш текст будет кто-то читать и ему захочется сориентироваться в нем, быстро находить ответы на

интересующие вопросы (заодно представьте себя на месте такого человека). Понятно, что работа, написанная «сплошным текстом» (без заголовков, без выделения крупным шрифтом наиболее важных мест и т. п.), у культурного читателя должна вызывать брезгливость и даже жалость к автору (исключения составляют некоторые древние тексты, когда и жанр был иной и к текстам относились иначе, да и самих текстов было гораздо меньше – не то, что в эпоху «информационного взрыва» и соответствующего «информационного мусора»).

Объем текста и различные оформительские требования во многом зависят от принятых в конкретном учебном заведении порядков.

Реферат (доклад) - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов.

Реферат не должна составляться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в реферате должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки реферата студентом.

Выполнение реферата начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания реферата. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать работу.

Рабочий вариант текста реферата предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки реферат сдается на кафедру для его оценивания руководителем.

Требования к написанию реферата

Написание 1 реферата является обязательным условием выполнения плана СРС по любой дисциплине профессионального цикла.

Тема реферата может быть выбрана студентом из предложенных в рабочей программе или фонде оценочных средств дисциплины, либо определена самостоятельно, исходя из интересов студента (в рамках изучаемой дисциплины). Выбранную тему необходимо согласовать с преподавателем.

Реферат должен быть написан научным языком.

Объем реферата должен составлять 20-25 стр.

Структура реферата:

● Введение (не более 3-4 страниц). Во введении необходимо обосновать выбор темы, ее актуальность, очертить область исследования, объект исследования, основные цели и задачи исследования.

● Основная часть состоит из 2-3 разделов. В них раскрывается суть исследуемой проблемы, проводится обзор мировой литературы и источников Интернет по предмету исследования, в котором дается характеристика степени разработанности проблемы и авторская аналитическая оценка основных теоретических подходов к ее решению. Изложение материала не должно ограничиваться лишь описательным подходом к раскрытию выбранной темы. Оно также должно содержать собственное видение рассматриваемой проблемы и изложение собственной точки зрения на возможные пути ее решения.

● Заключение (1-2 страницы). В заключении кратко излагаются достигнутые при изучении проблемы цели, перспективы развития исследуемого вопроса

● Список использованной литературы (не меньше 10 источников), в алфавитном порядке, оформленный в соответствии с принятыми правилами. В список использованной литературы рекомендуется включать работы отечественных и зарубежных авторов, в том числе статьи, опубликованные в научных журналах в течение последних 3-х лет и ссылки на ресурсы сети Интернет.

● Приложение (при необходимости).

Требования к оформлению:

- текст с одной стороны листа;
- шрифт Times New Roman;
- кегль шрифта 14;
- межстрочное расстояние 1,5;
- поля: сверху 2,5 см, снизу – 2,5 см, слева - 3 см, справа 1,5 см;
- реферат должен быть представлен в сброшюрованном виде.

Порядок защиты реферата:

Защита реферата проводится на практических занятиях, после окончания работы студента над ним и исправления всех недочетов, выявленных преподавателем в ходе консультаций. На защиту реферата отводится 5-7 минут времени, в ходе которого студент должен показать свободное владение материалом по заявленной теме. При защите реферата приветствуется использование мультимедиа-презентации.

Оценка реферата

Реферат оценивается по следующим критериям:

- соблюдение требований к его оформлению;
- необходимость и достаточность для раскрытия темы приведенной в тексте реферата информации;
- умение студента свободно излагать основные идеи, отраженные в реферате;
- способность студента понять суть задаваемых преподавателем и сокурсниками вопросов и сформулировать точные ответы на них.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если в докладе студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует для написания доклада современные научные материалы; анализирует полученную информацию; проявляет самостоятельность при написании доклада.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если качество выполнения доклада достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы по теме доклада.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если материал доклада излагается частично, но пробелы не носят существенного характера, студент допускает

неточности и ошибки при защите доклада, дает недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не подготовил доклад или допустил существенные ошибки. Студент неуверенно излагает материал доклада, не отвечает на вопросы преподавателя.

Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

<i>Уровень выполнения контрольного задания</i>	<i>Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)</i>
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Темы докладов

1. Моделирование биологических систем.
2. Автоматический компьютерный синтез речи по тексту. Методы синтеза речи.
3. Примеры систем обработки естественного языка.
4. Классификация инструментальных средств ЭС и организация знаний в ЭС.
5. Модели представления знаний: логическая, сетевая, фреймовая, продукционная.
6. Методы озвучивания речи.
7. История возникновения и современные направления исследований в области ИИ.
8. Классификация систем распознавания речи.
9. Распознавание символов. Шаблонные системы. Структурные системы. Признаковые системы.
10. Речевой вывод информации.
11. Машинный интеллект и робототехника.
12. Типы задач решаемые в ЭС.
13. Основные направления исследований в области искусственного интеллекта.
14. Предпосылки возникновения систем понимания естественного языка. Понимание в диалоге.
15. Распознавание рукописных текстов.

4.5. Методические рекомендации по подготовке к экзаменам и зачетам

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

Экзаменационная сессия - это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 3-4 дня. Не следует думать, что 3-4 дня достаточно для успешной подготовки к экзаменам.

В эти 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Во-первых, очень важно соблюдение режима дня; сон не менее 8 часов в сутки, занятия заканчиваются не позднее, чем за 2-3 часа до сна. Оптимальное время занятий - утренние и дневные часы. В перерывах между занятиями рекомендуются прогулки на свежем воздухе, неустойчивые занятия спортом. Во-вторых, наличие хороших собственных конспектов лекций. Даже в том случае, если была пропущена какая-либо лекция, необходимо во время ее восстановить (переписать ее на кафедре), обдумать, снять возникшие вопросы для того, чтобы запоминание материала было осознанным. В-третьих, при подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Здесь можно эффективно использовать листы опорных сигналов.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

5. Контроль самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы проводится преподавателем в аудитории.

Предусмотрены следующие виды контроля: собеседование, оценка реферата, оценка презентации, оценка участия в круглом столе, оценка выполнения проекта.

Подробные критерии оценивания компетенций приведены в Фонде оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации.

6. Список литературы для выполнения СРС

Основная литература:

1. Интеллектуальные информационные системы и технологии / Ю.Ю. Громов. - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. - 244 с. - ISBN 978-5-8265-1178-7

2. Матвеев, М. Г. Модели и методы искусственного интеллекта. Применение в экономике / М.Г. Матвеев; А.С. Свиридов; Н.А. Алейникова. - Москва: Финансы и статистика, 2011. - 448 с. - ISBN 978-5-279-03279-2.

3. Пальмов С.В. Интеллектуальные системы и технологии Электронный ресурс: учебное пособие / С.В. Пальмов. - Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. - 195 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

Дополнительная литература:

1. Аверченков В.И. Система формирования знаний в среде Интернет: Монография / Аверченков В. И. - Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. - 181 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 5-89838-328-X

2. Богомолова М.А. Экспертные системы (техника и технология проектирования) Электронный ресурс: учебно-методическое пособие / М.А. Богомолова. - Самара:

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. - 47 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

3. Сотник С.Л. Проектирование систем искусственного интеллекта Электронный ресурс: учебное пособие / С.Л. Сотник. - Проектирование систем искусственного интеллекта, 2021-01-23. - Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. - 228 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

4. Ясницкий Л. Н. Введение в искусственный интеллект: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по мат. напр. и спец. /Л.Н. Ясницкий. - 3-е изд., стер. - М.: Академия, 2010. - 176 с.: ил. - (Высшее профессиональное образование. Информатика и вычислительная техника). - Библиогр.: с.170-173. - ISBN 978-5-7695-7042-1.

Методическая литература:

1. Методические указания к лабораторным занятиям (электронный вариант)

2. Методические указания к самостоятельной работе (электронный вариант)

Интернет-ресурсы:

1. Романов П.С. Основы искусственного интеллекта; Учебно-метод. пособие. – <http://www.studfiles.ru/preview/2264160/>

2. Иванов В. Основы искусственного интеллекта – <https://libtime.ru/expertsystems/osnovy-iskusstvennogo-intellekta.html>

3. Сайт Основы ИИ – <https://sites.google.com/site/osnovyiskusstvennogointellekta/> -

4. Воройский Ф. С. Информатика. Энциклопедический словарь-справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 768 с. – Доступно: <http://physics-for-students.ru/bookpc/informatika/slovar.zip>

5. Соболев Б.В. Информатика: учебник/ Б.В. Соболев [и др.] – Изд. 3-е, дополн. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 446 с. – Доступно: <http://physics-for-students.ru/bookpc/informatika/Sobol.rar>