

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

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
Нечеткая логика и ее приложения
для студентов направления подготовки
02.03.01 «Математика и компьютерные науки»
направленность (профиль)
«Анализ данных и искусственный интеллект»

Введение

Лабораторные занятия - это целенаправленная форма организации педагогического процесса, направленная на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных исследовательских действий в данной сфере науки.

Данные методические указания к лабораторным занятиям разработаны в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Нечёткая логика и её приложения» для студентов направления подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки».

ТЕМА 1. НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА

Лабораторная работа № 1

Характеристические параметры нечётких множеств

Теоретическая часть

Определение 1. Пусть X – универсальное множество, множество A – подмножество X ($A \subseteq X$). *Нечетким множеством* A называется совокупность упорядоченных пар вида: $\langle x, \mu_A(x) \rangle$, где $x \in X$, а $\mu_A(x)$ – функция принадлежности, которая ставит в соответствие каждому элементу $x \in X$ некоторое действительное число из отрезка $[0,1]$.

Определение. Величина

Множество

уровня α

определяется в ви

$$\mu_A^*(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } \mu_A(x) < 0,5 \\ 1, & \text{если } \mu_A(x) > 0,5 \\ 0 \text{ или } 1, & \text{если } \mu_A(x) = 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Молодой}}(x) = \begin{cases} 1, & x \in [1, 25], \\ \frac{1}{1 + ((x - 25)/5)^2}, & x > 25. \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Молодой}}(\text{СИДОРОВ}) := \mu_{\text{Молодой}}(x),$$

Элемент множества X	Признак	Полярное значение, соответствующее значению функции принадлежности	
		0	1
x_1	Высота лба	низкий	широкий
x_2	Профиль носа	курносый	горбатый
x_3	Длина носа	короткий	длинный
x_4	Разрез глаз	узкие	широкие
x_5	Цвет глаз	светлые	темные
x_6	Форма подбородка	остроконечный	квадратный
x_7	Толщина губ	тонкие	толстые
x_8	Цвет лица	темный	светлый
x_9	Очертание лица	овальное	квадратное

- b) «средняя скорость автомобиля»;
 c) «горячий напиток»;
 d) «высокий уровень доходов».

3. Найдите основные характеристики множеств из упражнения 2.

4. Для каждого нечёткого множества из упражнения 2 постройте множества уровня 0,4.

5. Приведите пять примеров нечётких множеств, обладающих следующими характеристиками:

- a) A_1 субнормально;
 b) A_2 унимодально и бесконечно;
 c) A_3 не содержит точек перехода и нормальное;
 d) A_4 конечно и не содержит ядро;
 e) A_5 бесконечно и не содержит границы.

Задания для самостоятельной работы

С помощью нечетких множеств формализовать неточное определение понятия «подходящая температура для купания в Балтийском море». Определите его характеристики: *высота, носитель, точки перехода*

Теоретические задания для развития и контроля владения компетенциями (контрольные вопросы)

1. В чём принципиальная разница между обычным множеством и нечётким множеством?
2. Можно ли задать обычное множество как нечёткое?
3. В чём разница между описанием конечного и бесконечного нечёткого множества?
4. Какие характеристики нечётких множеств имеют смысл для обычных множеств? Ответ аргументируйте.

Лабораторная работа № 2
Функции принадлежности нечётких множеств

Теоретическая часть

Функция принадлежности ставит в соответствие каждому значению x заданной переменной некоторое число из интервала $[0,1]$:

$$\mu(x) = \exp \left[- \left(\frac{x-b}{a} \right)^2 \right]$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & \text{для } -\infty < x \leq m, \\ 0 & \text{в других случаях} \end{cases}$$

$$\mu(x) = w \cdot \exp \left[- \left(\frac{x-m}{a_1} \right)^2 \right] + (1-w) \cdot \exp \left[- \left(\frac{x-m}{a_2} \right)^2 \right]$$

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \exp[-a \cdot (x-b)]}$$

$$\mu(x) = 1 - \frac{1}{1 + \exp[-a \cdot (x - b)]} = \frac{\exp[-a \cdot (x - b)]}{1 + \exp[-a \cdot (x - b)]}$$

Гармоническая функция принадлежности

Выражение для внутренней гармонической функции имеет вид:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0.5 \cdot \left[1 + \cos\left(\pi \frac{x-b}{a}\right) \right] & \text{для } (b-a) \leq x \leq (b+a) \\ 0 & \text{в других случаях} \end{cases}$$

Внутренняя полиномиальная функция принадлежности **второго порядка**, которая определяется выражением

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{x-b}{a}\right)^2, & \text{если } (b-a) \leq x \leq (b+a), \\ 0 & \text{в других случаях.} \end{cases}$$

Правая внешняя полиномиальная функция принадлежности второго порядка определяется по формуле:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < (b-a), \\ 1 - \left(\frac{x-b}{a}\right)^2, & \text{если } (b-a) \leq x \leq (b+a) \\ 1, & \text{если } x > b \end{cases}$$

Левая внешняя полиномиальная функция принадлежности второго порядка определяется по формуле:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < b, \\ 1 - \left(\frac{x-b}{a}\right)^2, & \text{если } b \leq x \leq (b+a) \\ 1, & \text{если } x > (b+a) \end{cases}$$

Содержание отчёта.

1. В рабочей тетради и на доске решите практические задания для развития и контроля владения компетенциями.
2. Дома закрепите полученные практические умения и навыки, решая практические задания для развития и контроля владения компетенциями из заданий для самостоятельной работы дома.

Практические задания

для развития и контроля владения компетенциями

1. Постройте графики функций принадлежности, задав конкретные значения параметров. Придумайте примеры, которые могли бы описываться этими функциями.

$$s(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & \text{для } x \leq a, \\ 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2 & \text{для } a \leq x \leq b, \\ 1-2\left(\frac{x-c}{c-a}\right)^2 & \text{для } b \leq x \leq c, \\ 1 & \text{для } x \geq c. \end{cases}$$

Лабораторная работа № 3
Операции над нечёткими множествами

Теоретическая часть

Определение. Говорят, что $A \subseteq B$, если для всех элементов $x \in X$ выполняется условие

Особенность рассматриваемых операций над нечёткими множествами состоит в том, что для них не выполняются $A \cup \bar{A} \neq X$, $A \cap \bar{A} \neq \emptyset$.

Определение. Алгебраическим нечётким множеством A и B называется нечёткое множество D на универсуме X , функция принадлежности которого имеет вид:

$$\mu_D(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x).$$

Определение. Алгебраическим нечётким множеством A и B называется нечёткое множество C на универсуме X , функция принадлежности которого имеет вид:

$$\mu_C(x) = \mu_A(x) \mu_B(x).$$

Определение. Граничным нечётким множеством A и B называется нечёткое множество $D = A \oplus B$, заданное на том же универсуме X , функция принадлежности которого имеет вид:

- b) максимальное пересечение множеств: $A \cap B, A \cap C, C \cap B$;
- c) дополнение множеств:

ТЕМА 2. НЕЧЕТКИЕ ОТНОШЕНИЯ

Лабораторная работа № 4

Операции над нечёткими величинами и интервалами

Теоретическая часть

Определение. *Нечёткой* ~~называемой~~ произвольное нечёткое множество A , заданное на множестве действительных чисел R , т. е. для которого универсумом X служит всё множество R .

Если в качестве универсума взять подмножество неотрицательных действительных чисел R^+ , то получим определение *неотрицательной* ~~нечёткой~~ *величины*.

Определение. *Нечётким числом* называется нечёткая величина, функция принадлежности которой является выпуклой и унимодальной.

Определение. *Нечётким* ~~называемом~~ нечёткая величина с выпуклой функцией принадлежности.

Определение. *Треугольным* ~~(ТНЧ) называем~~ нечёткое число A_Δ , функция принадлежности которого имеет треугольный вид $f_\Delta(x; a, b, c)$. ТНЧ удобно представить в виде упорядоченного множества $A_\Delta = \langle d, \alpha, \beta \rangle$, где d – модальное значение ТНЧ; α – левый коэффициент нечёткости и β – правый коэффициент нечёткости: $d = \frac{a+b+c}{3}$, $\alpha = \frac{b-a}{c-a}$, $\beta = \frac{c-b}{c-a}$.

Определение. *Трапецевидным* ~~(ТНИ) назыв~~ ~~интервал~~ ~~е~~ является нечёткий интервал A_T с трапецевидной функцией принадлежности f_T . ТНИ удобно представлять в виде упорядоченного множества $A_T = \langle a, b, \alpha, \beta \rangle$, где a и b соответственно верхнее и нижнее модальное значение ТНИ, α – левый коэффициент нечёткости и β – правый коэффициент нечёткости ТНИ.

Определение. *Сложение:* операция сложения нечётких чисел обозначается через $A_\Delta + B_\Delta = C_\Delta$, нечёткое число $C_\Delta = \langle a, \alpha, \beta \rangle$ имеет параметры a , α и β , которые определяются отдельным суммированием характеристик нечёткого числа: $a = a_1 + a_2$, $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$, $\beta = \beta_1 + \beta_2$.

Определение. *Вычитание:* операция вычитания нечётких чисел обозначается через $A_\Delta - B_\Delta = C_\Delta$, нечёткое число $C_\Delta = \langle a, \alpha, \beta \rangle$ имеет параметры a , α и β , которые определяются следующим образом:

$$a = a_1 - a_2, \quad \alpha = \alpha_1 + \beta_2, \quad \beta = \beta_1 + \alpha_2.$$

Определение. *Умножение* ~~нечётких чисел~~ A_Δ и B_Δ , носители которых есть подмножества R^+ , модальные значения $a_1 > 0$, $a_2 > 0$.

Операция умножения таких нечётких чисел обозначается через

$$A_\Delta \cdot B_\Delta = C_\Delta,$$

нечёткое число $С\Delta = \langle a, \alpha, \beta \rangle$ имеет параметры a, α и β , которые определяются следующим образом:

$$a = a_1 a_2, \alpha = a_1 \alpha_2 + a_2 \alpha_1, \beta = a_1 \beta_2 + a_2 \beta_1$$

Определение. Умножение ~~ААчйг ВАх~~ для для которых модальные значения имеют разные знаки: $a_1 < 0$ и $a_2 > 0$. Операция умножения таких нечётких чисел обозначается через $А\Delta \cdot В\Delta = С\Delta$, нечёткое число $С\Delta = \langle a, \alpha, \beta \rangle$ имеет параметры a, α и β , которые определяются следующим образом:

$$a = a_1 a_2, \alpha = a_2 \alpha_1 - a_1 \beta_2, \beta = a_2 \beta_1 - a_1 \alpha_2.$$

Определение. Умножение ~~ААчйг ВАх~~ для для которых модальные значения имеют отрицательные знаки: $a_1 < 0, a_2 < 0$.

Операция умножения таких нечётких чисел обозначается через

$$А\Delta \cdot В\Delta = С\Delta,$$

нечёткое число $С\Delta = \langle a, \alpha, \beta \rangle$ имеет параметры a, α и β , которые определяются следующим образом:

$$a = a_1 a_2, \alpha = -a_2 \beta_1 - a_1 \beta_2, \beta = -a_2 \alpha_1 - a_1 \alpha_2.$$

Определение. Деление ~~ААчйг ВАх~~ для для положительных чисел $А\Delta$ и $В\Delta$, носители которых есть подмножества R^+ , модальные значения $a_1 > 0, a_2 > 0$. Операция деления таких нечётких чисел обозначается через $А\Delta \div В\Delta = С\Delta$, нечёткое число $С\Delta = \langle a, \alpha, \beta \rangle$ имеет параметры a, α и β , которые определяются следующим образом:

Определение. Рассмотрим $\overline{A_T \cdot B_T}$, т. е. тех, носители которых есть подмножества R^+ , а все модальные значения положительны.

Операция умножения таких ТНИ обозначается через $A_T \cdot B_T = C_T = \langle a, v, \alpha, \beta \rangle$ и имеет параметры a, v, α, β , которые определяются следующим образом:

$$a = \overline{a_2} \cdot \overline{a_1}, \quad \overline{v} = \overline{v_2} \cdot \overline{v_1}, \quad \alpha = a_1 \alpha_2 + a_2 \alpha_1, \quad \beta = v_1 \beta_2 + v_2 \beta_1.$$

Определение. Деление $\overline{A_T} / \overline{B_T}$ положительных ТНИ с носителями которых есть подмножества R^+ , модальные значения $a_1 > 0, a_2 > 0$.

Операция деления таких ТНИ обозначается через $A_T \div B_T = C_T$, где $C_T = \langle a, v, \alpha, \beta \rangle$ имеет параметры a, v, α, β , которые определяются следующим образом:

мента – М руб. Величины А, В, Н, N, М заданы нечёткими треугольными числами:

$A = \langle 4, 0.1, 0.1 \rangle$, $B = \langle 5, 0.1, 0.1 \rangle$, $H = \langle 2, 0.1, 0.1 \rangle$,
 $N = \langle 100, 10, 10 \rangle$, $M = \langle 400, 10, 10 \rangle$.

6. На одном и том же полутонном грузовике проверенный опытом водитель имеет норму расхода бензина $A = \langle 16, 1, 1 \rangle$ литров на 100 км, а молодой, менее опытный водитель $B = \langle 19, 1, 2 \rangle$ литров на 100 км. За день водитель проезжает $C = \langle 1000, 50, 50 \rangle$ км, стоимость бензина равна $D = \langle 50, 1, 1 \rangle$ руб. Какова разница в стоимости за бензин за день у опытного и менее опытного водителя?

Контрольные вопросы

1. Какими особенностями должно обладать нечёткое множество, чтобы его можно было назвать нечёткой величиной?
2. Приведите пример нечёткого множества, которое не является нечёткой величиной.
3. Поясните, почему нечёткий интервал является нечётким числом. Верно ли обратное утверждение?
4. Можно ли обычное число представить как нечёткое число, а обычный числовой интервал – как нечёткий интервал?
5. Приведите примеры из жизни, где мы используем нечёткие числа и интервалы для описания приблизительных числовых величин.

Лабораторная работа № 5

Операции над нечёткими отношениями

Теоретическая часть

Пусть имеется некоторое бинарное отношение R на множествах A и B .

Обратным отношением для отношения R будет множество $R^{-1} = \{(b, a) \mid (a, b) \in R\}$, т.е. множество тех же упорядоченных пар, в которых координаты поменялись местами. Следовательно, область определения обратного отношения – это область значений прямого отношения R , а множество его значений – область определения R . Если бинарное отношение R представлено матрицей, то обратное отношение может быть представлено путем транспонирования исходной матрицы.

Пусть Q и R – конечные или бесконечные нечёткие отношения, причём нечёткое отношение $Q = \{ \langle (x_i, x_j), \mu_Q(x_i, x_j) \rangle \mid x_i \in X_1, x_j \in X_2, \mu \in [0, 1] \}$ задано на декартовом произведении универсумов $X_1 \times X_2$, а нечёткое отношение $R = \{ \langle (x_j, x_k), \mu_R(x_j, x_k) \rangle \mid x_j \in X_2, x_k \in X_3, \mu_R \in [0, 1] \}$ – на декартовом произведении универсумов $X_2 \times X_3$.

Определение.

Композиция

двух

бинарных нечётких отношений

отношение $Q \circ R$, заданное на множестве $X_1 \times X_3$, функция принадлежности которого $\forall (x_i, x_k) \in X_1 \times X_3$ определяется формулой

$$\mu_{Q \circ R}(x_i, x_k) = \max_{x_j \in X_2} \{ \min \{ \mu_Q(x_i, x_j), \mu_R(x_j, x_k) \} \}.$$

Определённую таким образом композицию нечётких отношений называют *max-min* или *композицией свёрткой* нечётких отношений.

Практические задания

для развития и контроля владения компетенциями

1. Нечёткая

□ мод

ситуацию, связанную с подбором персонала в области выбора профессии для последующего обучения и получения специальности. С этой целью построим нечёткую модель, основанную на двух бинарных нечётких отношениях S и G .

На множествах X и Y задано нечёткое отношение S , на множествах Y и Z задано нечёткое отношение G . X – множество специальностей, по которым проводится набор на обучение, Y – множество психофизиологических характеристик специальностей. Отношение S содержательно описывает психофизиологическое профилирование специальностей. Z – множество кандидатов на обучение.

Отношение G содержательно описывает психофизиологическое профилирование кандидатов на обучение.

Пусть множество:

- $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$, где x_1 – «менеджер»; x_2 – «программист»; x_3 – «водитель»; x_4 – «секретарь-референт»; x_5 – «переводчик».
- $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, y_{10}\}$, где y_1 – «быстрота и гибкость мышления»; y_2 – «умение быстро принимать решение»; y_3 – «устойчивость и концентрация внимания»; y_4 – «зрительная память»; y_5 – «быстрая реакция»; y_6 – «двигательная память»; y_7 – «физическая выносливость»; y_8 – «координация движений»; y_9 – «эмоциональная устойчивость»; y_{10} – «ответственность».
- $Z = \{z_1, z_2, z_3, z_4, z_5\}$, где элементы множества Z – хорошо известные вам люди, например ваши друзья.

Отношение S задано матрицей M_s .

$$M_s := \begin{pmatrix} 0.9 & 0.9 & 0.8 & 0.4 & 0.5 & 0.3 & 0.6 & 0.2 & 0.9 & 0.8 \\ 0.8 & 0.5 & 0.9 & 0.3 & 0.1 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.5 & 0.5 \\ 0.3 & 0.9 & 0.6 & 0.5 & 0.9 & 0.8 & 0.9 & 0.8 & 0.6 & 0.3 \\ 0.5 & 0.4 & 0.5 & 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.9 & 0.8 \\ 0.7 & 0.8 & 0.8 & 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \end{pmatrix}$$

- 1) Самостоятельно задайте нечёткое отношение G в виде матрицы M_g .
- 2) Постройте $\max$ - $\min$ композицию $S \circ G$ нечётких отношений S и G на множествах X и Z .
- 3) Сделайте вывод о предпочтительном выборе специальностей из множества X кандидатами на обучение из множества Z .
- 4) Составьте обратные отношения S^{-1} и G^{-1} (можно в виде матриц), дайте словесную формулировку данных обратных отношений.

Контрольные вопросы

1. Какие условия должны быть выполнены для осуществления операции композиции между нечёткими отношениями P и Q ?
2. Объясните смысл операции композиции между нечёткими отношениями P и Q .

Лабораторная работа № 6

Свойства нечётких отношений

Теоретическая часть

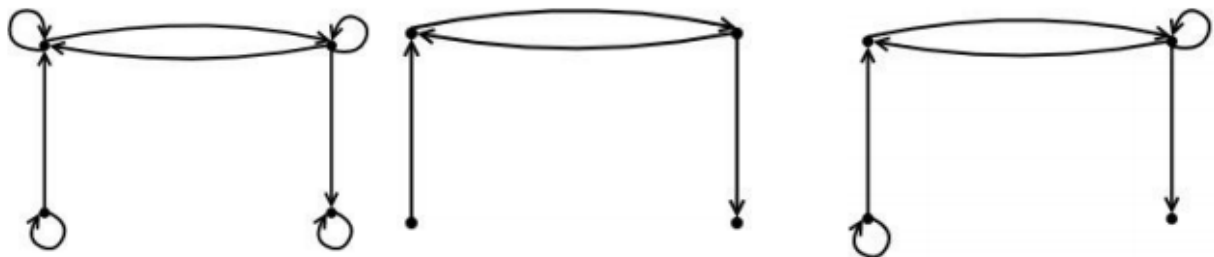
Пусть на универсуме $X \times X$ определено нечёткое отношение Q с функцией принадлежности $\mu_Q(x_i, x_j)$.

Определение. Рефлексивность. Бинарное нечёткое отношение Q называется рефлексивным, если $\forall (x_i, x_i) \in X \times X$ выполняется равенство $\mu_Q(x_i, x_i) = 1$.

Пример. Нечёткое отношение Q « $x_i \square$ приблизительно равен x_j », заданное на множестве $X \times X$, где X – любое числовое множество, является рефлексивным.

Определение. Антирефлексивность. Бинарное нечёткое отношение Q называется антирефлексивным, если $\forall (x_i, x_i) \in X \times X$ выполняется равенство $\mu_Q(x_i, x_i) = 0$.

Пример. Нечёткое отношение Q « x_i намного больше x_j », заданное на множестве $X \times X$, где X – любое числовое множество, является антирефлексивным.



а) рефлексивное

б) антирефлексивное

в) не рефлексивное и не антирефлексивное

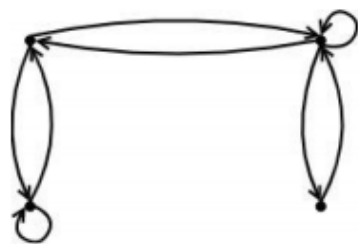
Определение. Симметричность. Бинарное нечёткое отношение Q называется симметричным, если $\forall (x_i, x_j) \in X \times X$ выполняется равенство $\mu_Q(x_i, x_j) = \mu_Q(x_j, x_i)$.

Нечёткое бинарное отношение « $x_i \square$ приблизительно равен x_j », является симметричным.

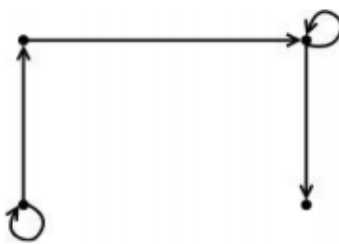
Определение. Антисимметричность. Бинарное нечёткое отношение Q называется антисимметричным, если $\forall (x_i, x_j) \in X \times X$, причём $x_i \neq x_j$, выполняется условие

$$\min\{\mu_Q(x_i, x_j), \mu_Q(x_j, x_i)\} = 0.$$

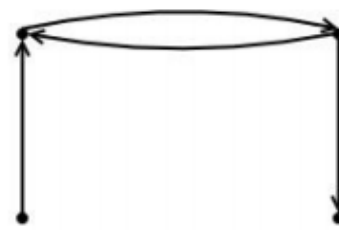
Нечёткое отношение « x_i намного больше x_j » является антисимметричным.



а) симметричное



б) антисимметричное



в) не симметричное и не
антисимметричное

Определение. Транзитивность. Бинарное нечёткое отношение Q называется транзитивным, если $\forall x_i, x_j, x_k \in X$, выполняется условие

$$\mu_Q(x_i, x_k) \geq \max_{x_j \in X} \{\min\{\mu_Q(x_i, x_j), \mu_Q(x_j, x_k)\}\}.$$

Нечёткое отношение «намного больше» является транзитивным.

Практические задания для развития и контроля владения компетенциями

1. Самостоятельно задайте на множестве студентов вашей группы и других групп (где это надо) отношения. Представьте отношения матрицами размером 8×8 .

а) нечёткое отношение Q « x_i хорошо дружит с x_j », заданное на множестве $X \times X$, где X – множество студентов вашей группы;

б) нечёткое отношение Q « x_i учится в одной группе с x_j », заданное на множестве $X \times X$, где X – множество студентов факультета;

в) нечёткое отношение Q « x_i симпатизирует x_j », заданное на множестве $X \times X$, где X – множество студентов вашей группы;

г) нечёткое отношение Q « x_i сидит на занятиях недалеко от x_j », заданное на множестве $X \times X$, где X – множество студентов вашей группы;

д) нечёткое отношение Q « x_i бежит намного быстрее, чем x_j », заданное на множестве $X \times X$, где X – множество студентов вашей группы;

Определите, какими свойствами обладают данные бинарные отношения.

2. Задайте в виде матрицы нечёткие отношения на указанных множествах:

а) нечёткое отношение Q « x_i и x_j расположены недалеко от 5», заданное на множестве $X \times X$, где $X = \{0, 1, 2, \dots, 10\}$.

б) нечёткое отношение Q «небольшое расстояние между x_i и x_j », заданное на множестве $X \times X$, где $X = \{-10, -8, \dots, 0, 2, \dots, 10\}$.

в) нечёткое отношение Q « x_i немного меньше x_j », заданное на множестве $X \times X$, где $X = \{0, 1, 2, \dots, 10\}$.

Определите свойства данных отношений по матричному представлению.

3. Приведите по два примера нечётких отношений из окружающей жизни, областей техники, информатики и т.п., заданных на множестве X , обладающих свойствами:

- а) рефлексивности, симметричности, транзитивности;
- б) антирефлексивности, симметричности;
- в) рефлексивности, симметричности.

При защите работы Вы должны уметь объяснить почему они обладают данными свойствами.

Контрольные вопросы

1. Какими особенностями обладает граф, матрица рефлексивного отношения? антирефлексивного отношения?
2. Какими особенностями обладает граф, матрица симметричного отношения? антисимметричного отношения?
3. Какими особенностями обладает граф, матрица транзитивного отношения?

ТЕМА 3. СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Лабораторная работа № 7 Операции нечёткой логики

Теоретическая часть

Определение. *Нечётким высказыванием* называется любое утверждение, о котором имеет смысл судить, истинно оно или ложно в той или иной степени.

Каждому нечёткому высказыванию A поставим в соответствие функцию истинности $\lambda(A)$, принимающую любые значения на отрезке $[0; 1]$. Значение функции истинности нечёткого высказывания A будем также называть степенью истинности нечёткого высказывания A . Значения функции истинности, совпадающие со значениями ложь и истина для чётких высказываний.

Нечёткое высказывание, принимающее значение истинности 0,5, называется *индифферентностью*, поскольку оно истинно в той же мере, что и ложно.

Определение. *Отрицанием* нечёткого высказывания A называется нечёткое высказывание $\bar{A}$, степень истинности которого определяется выражением $\lambda(\bar{A}) = 1 - \lambda(A)$.

Определение. *Конъюнкцией* нечётких высказываний A и B называется нечёткое высказывание $A \wedge B$, степень истинности которого совпадает со степенью истинности наименее истинного высказывания:

$$\lambda(A \wedge B) = \min \{ \lambda(A); \lambda(B) \}.$$

Определение. *Дизъюнкцией* нечётких высказываний A и B называется нечёткое высказывание $A \vee B$, степень истинности которого совпадает со степенью истинности наиболее истинного высказывания:

$$\lambda(A \vee B) = \max \{ \lambda(A); \lambda(B) \}.$$

Определение. *Импликацией* нечётких высказываний A и B называется нечёткое высказывание $A \rightarrow B$, степень истинности которого определяется выражением: $\lambda(A \rightarrow B) = \max \{ 1 - \lambda(A); \lambda(B) \}$.

Степень истинности импликации не меньше, чем степень ложности её посылки или степень истинности её следствия.

Определение. *Эквиваленцией* нечётких высказываний A и B называется нечёткое высказывание $A \leftrightarrow B$, степень истинности которого определяется выражением:

$$\lambda(A \leftrightarrow B) = \min \{ \max \{ 1 - \lambda(A); \lambda(B) \}; \max \{ 1 - \lambda(B); \lambda(A) \} \}.$$

Порядок выполнения операций над нечёткими высказываниями следующий: скобки, отрицание, конъюнкция, дизъюнкция, затем импликация и эквиваленция в порядке следования.

Определение. *Нечёткой переменной* называется любая переменная x , вместо которой имеет смысл подставить нечёткое высказывание.

Определение. Степень
 жением

правдоистинности формул

$d(F_1(x_1, x_2, \dots, x_n); F_2(x_1, x_2, \dots, x_n)) = \wedge (F_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leftrightarrow F_2(x_1, x_2, \dots, x_n))$,

где операция $\wedge$ берётся по всем определённым наборам степеней истинности высказывательных переменных.

Определение. Если при всех определённых наборах значений переменных $F_1(x_1, x_2, \dots, x_n)$ принимает значение истинности больше или равное 0,5, то формула называется *нечётко истинной* на наборах значений переменных и обозначается И или 1. Если при всех определённых наборах значений переменных формула $F_1(x_1, x_2, \dots, x_n)$ принимает значение истинности меньше или равное 0,5, то формула называется *нечётко ложной* на наборах значений переменных и обозначается Л или 0.

Практические задания для развития и контроля владения компетенциями Задания, решаемые в аудитории

1. Найдите степень истинности следующих высказываний:
 - а) $((A \wedge C) \rightarrow B) \rightarrow$

- а) $F(x, y) = \overline{x \wedge y}$ и $G(x, y) = \overline{x \rightarrow y}$, где $x \in \{0, 1; 0, 5\}$, $y \in \{0, 4; 0, 7; 0, 8\}$;
- б) $F(x, y) = x \leftrightarrow y$ и $G(x, y) = \overline{x \rightarrow y}$, где $x \in \{0, 7; 0, 9\}$, $y \in \{0, 5; 0, 8\}$;
- в) $F(x, y) = \bar{x} \wedge y$ и $G(x, y) = \overline{x \vee y}$, где $x \in \{0, 1; 0, 3; 0, 9\}$, $y \in \{0, 2; 0, 8\}$.

- а) $F(x, y) = (x \rightarrow y) \vee (\bar{x} \wedge \bar{y})$, где $x \in \{0, 1, 0, 2\}$, $y \in \{0, 4, 0, 7\}$;
- б) $F(x, y) = x \wedge (x \rightarrow y)$, где $x \in \{0, 7, 0, 9\}$, $y \in \{0, 5\}$;
- в) $G(x, y) = (\bar{x} \wedge y) \rightarrow (x \vee y)$, где $x \in \{0, 1\}$, $y \in \{0, 2, 0, 8\}$.

b)

Лабораторная работа № 8

Моделирование систем нечёткого вывода

Теоретическая часть

Механизм нечёткого вывода включает следующие этапы:

- 1) формирование базы нечётких правил, связывающих входные и выходные переменные;
- 2) фаззификация входных переменных;
- 3) агрегирование условий в нечётких правилах;
- 4) активация подзаключений в нечётких правилах;
- 5) аккумулялирование заключений нечётких правил;
- 6) дефаззификация.

1. **Правила систем нечёткого вывода** предназначены для формального представления эмпирических знаний или знаний экспертов в той или иной проблемной области. Правила формулируются в виде импликации, то есть с использованием связки «Если..., то...». Условия и заключения правил формулируются в терминах нечётких лингвистических высказываний.

База правил представляет собой конечное множество правил, согласованных относительно используемых в них лингвистических переменных. Наиболее часто база правил представляется в виде структурированного текста

ПРАВИЛО 1: ЕСЛИ «Условие 1», ТО «Заключение 1» (F_1)

ПРАВИЛО 2: ЕСЛИ «Условие 2», ТО «Заключение 2» (F_2)

...

ПРАВИЛО n : ЕСЛИ «Условие n », ТО «Заключение n » (F_n)

Здесь через F_i ($i \in \{1, 2, \dots, n\}$) обозначены коэффициенты определённости или весовые коэффициенты соответствующих правил.

Эти коэффициенты могут принимать значения из интервала $[0; 1]$.

Весовые коэффициенты показывают степень важности каждого правила относительно других правил: чем ближе значение коэффициента к 1, тем значимее это правило. В случае если весовые коэффициенты отсутствуют, считается, что их значения равны 1.

Условия, входящие в правила, могут быть простыми и составными. Простое условие имеет вид « β есть α », где β – нечёткая лингвистическая переменная, а α – одно из возможных значений лингвистической переменной. Составное условие представляет собой конъюнкцию или дизъюнкцию простых условий, например:

« β_1 есть α_1 » И « β_2 есть α_2 » или « β_1 есть α_1 » ИЛИ « β_2 есть α_2 ».

Заключения нечётких правил также могут быть простыми, то есть иметь вид « ω есть γ », где ω – нечёткая лингвистическая переменная, а γ – одно из возможных значений лингвистической переменной, или составными, то есть иметь вид:

« ω_1 есть γ_1 » И « ω_2 есть γ_2 » или « ω_1 есть γ_1 » ИЛИ « ω_2 есть γ_2 ».

В системах нечёткого вывода лингвистические переменные, которые используются в нечётких высказываниях условий правил, называют *входными лингвистическими переменными*, которые используются в нечётких высказываниях заключений правил, называют *выходными лингвистическими переменными*. □

Таким образом, при моделировании системы нечёткого вывода задаётся база правил, для которой необходимо определить:

- 1) множество правил $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$;
- 2) множество входных лингвистических переменных $V = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$;
- 3) для каждой лингвистической переменной β_i : универсум X_i , терм-множество $T_{\beta_i} = \{\alpha_i^1, \alpha_i^2, \dots, \alpha_i^r\}$, процедуры G и M , графики функций принадлежности для всех термов;
- 4) множество выходных лингвистических переменных $W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m\}$;
- 5) для каждой выходной лингвистической переменной ω_j универсум Y_j , терм-множество $T_{\omega_j} = \{\gamma_j^1, \gamma_j^2, \dots, \gamma_j^r\}$, процедуры G и M , графики функции принадлежности для всех термов.

В качестве функций принадлежности термов чаще всего используются кусочно-линейные функции принадлежности.

2. Целью этапа *фаззификации* (введение нечёткости) является установление соответствия между конкретным (обычно численным) значением x_i из универсума X_i каждой входной лингвистической переменной β_i системы нечёткого вывода и значением функций принадлежности термов входной лингвистической переменной.

После завершения этого этапа для всех входных переменных должны быть определены конкретные значения функций принадлежности по каждому из лингвистических термов, которые используются в условиях (подусловиях) базы правил системы нечёткого вывода.

3. *Агрегирование условий* представляет собой процедуру определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечёткого вывода. Если условие правила является простым, то степень истинности такого условия уже найдена на предыдущем этапе. Если условие составное, то согласно определению операций «конъюнкция» и «дизъюнкция» находится степень истинности составного условия.

4. **Активация** в системах нечёткого вывода представляет собой процесс нахождения степени истинности правил нечёткого вывода и определения функции принадлежности всех подзаключений для каждого правила в базе нечётких правил.

Если заключение нечёткого правила является простым, то степень истинности заключения λ равна произведению степени истинности μ условия данного правила на весовой коэффициент F правила: $\lambda = \mu \cdot F$.

Если заключение составное, то есть представляет собой конъюнкцию или дизъюнкцию двух или более подзаключений, то степень истинности каждого из подзаключений находится как произведение степени истинности условия данного правила на весовой коэффициент этого правила. В результате имеем множество C значений истинности каждого подзаключения базы правил $C = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p\}$, где p – общее количество подзаключений в базе правил.

5. **Аккумуляция** (или аккумуляция) заключений в системах нечёткого вывода представляет собой процедуру нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных. Цель аккумуляции заключается в объединении (аккумуляции) всех степеней истинности заключений (подзаключений) для получения функции принадлежности каждой из выходных переменных ω_j . Результат аккумуляции для выходной лингвистической переменной ω_j находится в виде графика функции принадлежности множества $C = \bigcup_k C_j^k$.

6. **Дефаззификация** в системах нечёткого вывода представляет собой процедуру нахождения обычного (не нечёткого) значения для каждой из выходных лингвистических переменных $W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m\}$.

Цель дефаззификации заключается в том, чтобы, используя результаты аккумуляции всех выходных переменных, получить обычное количественное значение каждой из выходных переменных, которое может быть использовано специальными устройствами, внешними по отношению к системе нечёткого вывода. Дефаззификацию называют приведением к чёткости.

Практические задания для развития и контроля владения компетенциями

Составить систему нечеткого логического вывода для представленных в задачах ситуациях и найти нечеткое решение.

Задание 1. Отбор игрока

□ Требуется баскетбольная команда

нать шансы игрока быть отобранным в баскетбольную команду на основе оценки техники игры и роста игрока. Техника игры оценивается в баллах от 0 до 100 в соответствии с табл. 1. Рост игрока измеряется в сантиметрах и оценивается по табл. 2. Уверенность игрока быть зачисленным в команду определяется из табл. 3. Для некоторого игрока известно: техника игры оценивается в 47 баллов, а его рост равен 206 см. Зависимость уверенности

и- игрока

ки

□ игры представлена в табл. 4.

Таблица 1 - Характеристика оценки техники игры

<i>Техника игры</i>	<i>Нижнее значение</i>	<i>Верхнее значение</i>
Отличная	85	100
Очень хорошая	60	90
Хорошая	45	70
Не очень плохая	25	50
Плохая	10	35

Таблица 2 - Характеристика оценки роста игроков

<i>Рост</i>	<i>Нижнее значение</i>	<i>Верхнее значение</i>
Очень высокий	220	230
Высокий	205	223
Не очень высокий	190	210
Низкий	180	195

Таблица 3 - Характеристика уверенности отбора в команду

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

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине
«Нечеткая логика и ее приложения»
для студентов направления подготовки
02.03.01 «Математика и компьютерные науки»
направленность (профиль)
«Анализ данных и искусственный интеллект»

Методические указания по изучению дисциплины для студентов

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

При подготовке к занятиям студент должен просмотреть конспекты лекций, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

Успешное изучение курса требует от студентов посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления основной и дополнительной литературой.

Запись лекции – одна из форм активной самостоятельной работы студентов, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. Культура записи лекции – один из важнейших факторов успешного и творческого овладения знаниями. Последующая работа над текстом лекции воскрешает в памяти ее содержание, позволяет развивать аналитическое мышление. В конце лекции преподаватель оставляет время (5-10 минут) для того, чтобы студенты имели возможность задать уточняющие вопросы по изучаемому материалу.

Лекции имеют в основном обзорный характер и нацелены на освещение наиболее трудных и дискуссионных вопросов, а также призваны способствовать формированию навыков работы с научной литературой. Предполагается также, что студенты приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендуемым программой.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий, пометку материала конспекта, который вызывает затруднения для понимания. Попробуйте найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Как слушать лекцию.

1. Выделяйте основные положения. Нельзя понять и запомнить все, что говорит лектор, однако можно выделить основные моменты. Для этого необходимо обращать внимание на вводные слова, словосочетания, фразы, которые используются, как правило, для перехода к новым положениям, выводам и обобщениям.

2. Старайтесь поэтапно (в момент завершения вопроса, подвопроса, тезиса и т.п.) анализировать и обобщать материал. Это готовит базу для его экономной, свернутой записи.

3. Старайтесь опережать речь лектора, предугадать дальнейшее содержание. С каждым случаем удачи улучшается понимание и запоминание отдельных положений лекции. Даже при неудачах качество восприятия лекции повышается, т.к. вы имеете возможность сравнить ваши предложения и утверждения лектора.

4. Будьте постоянно готовы слушать лекцию до конца, не поддавайтесь соблазну «отдохнуть» на длинной лекции.

Как правильно записывать лекцию.

1. Подготовьте специальную тетрадь для записи лекций: оставьте поля (для вопросов, мелких пометок и рисунков, собственных замечаний и т.д.), оставляйте при записи между строчками интервал (для дополнений, подчеркиваний и т.п.).

2. Не пишите лекцию дословно, подробно записывайте основную информацию, а дополнительные и вспомогательные сведения - очень кратко.

3. Применяйте систему условных сокращений:

а) сокращение общепринятых вспомогательных слов: так как, например (т.к., напр.), так далее (т.д.), таким образом, главным образом (т.о., гл.обр.), смотри (см), может быть (м.б.), так называемый (т.н.), какой-либо (к-л.), который (кт. или ктр.), несколько (неск.), чтобы (чбы.) и т.д.

б) аббревиатуры для ключевых слов курса, например, теория и методика развития математических представлений у детей дошкольного возраста (ТМРМП), формирование математических представлений (ФМП) и другие.

4. При записи и работе над конспектом лекции используйте условные знаки:

I - прочитайте ещё раз, Y – важно, Z - законспектируйте ! – смело, ? – непонятно, S – слишком сложно, A – согласен, N - ново и др.

Как работа с книгой

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.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. Первичное - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача вторичного чтения - полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой.

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и моло-

дому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987.С. 325).

- Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).

- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит очень сэкономить время).

- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

- При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

- Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

- Если книга – Ваша собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

- Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

- «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

- Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае студент (или молодой ученый) будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна 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:

1. информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)

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

4. 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).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких видов чтения:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотрное – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

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

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

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

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

5. 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.

Как готовиться к практическим занятиям

Для того чтобы практические 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.

Самопроверка

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

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.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Как готовиться 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, особенно по математике - 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.

Правила подготовки к зачетам и экзаменам:

- Лучше сразу сориентироваться во всем материале и обязательно расположить весь материал согласно экзаменационным вопросам (или вопросам, обсуждаемым на семинарах), эта работа может занять много времени, но все остальное – это уже технические детали (главное – это ориентировка в материале!).

- Сама подготовка связана не только с «запоминанием». Подготовка также предполагает и переосмысление материала, и даже рассмотрение альтернативных идей.

- Готовить «шпаргалки» полезно, но пользоваться ими нельзя. Главный смысл подготовки «шпаргалок» – это систематизация и оптимизация знаний по данному предмету, что само по себе прекрасно – это очень сложная и важная для студента работа, более сложная и важная, чем простое поглощение массы учебной информации. Если студент самостоятельно подготовил такие «шпаргалки», то, скорее всего, он и экзамены сдавать будет более уверенно, так как у него уже сформирована общая ориентировка в сложном материале.

- Как это ни парадоксально, но использование «шпаргалок» часто позволяет отвечающему студенту лучше демонстрировать свои познания (точнее – ориентировку в зна-

ниях, что намного важнее знания «запомненного» и «тут же забытого» после сдачи экзамена).

- Сначала студент должен продемонстрировать, что он «усвоил» все, что требуется по программе обучения, и лишь после этого он вправе высказать иные, желательно аргументированные точки зрения.

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.

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и семинарских занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы знаний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

- а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;
- б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение - это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма

продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Эффективность усвоения поступающей информации зависит от работоспособности человека в тот или иной момент его деятельности.

Работоспособность - способность человека к труду с высокой степенью напряженности в течение определенного времени. Различают внутренние и внешние факторы работоспособности.

К внутренним факторам работоспособности относятся интеллектуальные особенности, воля, состояние здоровья.

К внешним:

- организация рабочего места, режим труда и отдыха;
- уровень организации труда - умение получить справку и пользоваться информацией;
- величина умственной нагрузки.

Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский выделил следующие условия продуктивности умственной деятельности:

- во всякий труд нужно входить постепенно;
- мерность и ритм работы. Разным людям присущ более или менее разный темп работы;
- привычная последовательность и систематичность деятельности;
- правильное чередование труда и отдыха.

Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела. В течение дня работоспособность изменяется. Наиболее плодотворным является утреннее время (с 8 до 14 часов), причем максимальная работоспособность приходится на период с 10 до 13 часов, затем послеобеденное - (с 16 до 19 часов) и вечернее (с 20 до 24 часов). Очень трудный для понимания материал лучше изучать в начале каждого отрезка времени (лучше всего утреннего) после хорошего отдыха. Через 1-1,5 часа нужны перерывы по 10 - 15 мин, через 3 - 4 часа работы отдых должен быть продолжительным - около часа.

Составной частью научной организации умственного труда является овладение техникой умственного труда.

Физически здоровый молодой человек, обладающий хорошей подготовкой и нормальными способностями, должен, будучи студентом, отдавать учению 9-10 часов в день (из них 6 часов в вузе и 3 - 4 часа дома). Любой предмет нельзя изучить за несколько дней перед экзаменом. Если студент в году работает систематически, то он быстро все вспомнит, восстановит забытое. Если же подготовка шла аврально, то у студента не будет даже общего представления о предмете, он забудет все сданное.

Следует взять за правило: учиться ежедневно, начиная с первого дня семестра.

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях

преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3 - 5 часов ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра, пропущенные дни будут потеряны безвозвратно, компенсировать их позднее усиленными занятиями без снижения качества работы и ее производительности невозможно. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха. Вначале для того, чтобы организовать ритмичную работу, требуется сознательное напряжение воли. Как только человек втянулся в работу, принуждение снижается, возникает привычка, работа становится потребностью.

Если порядок в работе и ее ритм установлены правильно, то студент изо дня в день может работать, не снижая своей производительности и не перегружая себя. Правильная смена одного вида работы другим позволяет отдыхать, не прекращая работы.

Таким образом, первая задача организации внеаудиторной самостоятельной работы – это составление расписания, которое должно отражать время занятий, их характер (теоретический курс, практические занятия, графические работы, чтение), перерывы на обед, ужин, отдых, сон, проезд и т.д. Расписание не предопределяет содержания работы, ее содержание неизбежно будет изменяться в течение семестра. Порядок же следует закрепить на весь семестр и приложить все усилия, чтобы поддерживать его неизменным (кроме исправления ошибок в планировании, которые могут возникнуть из-за недооценки объема работы или переоценки своих сил).

При однообразной работе человек утомляется больше, чем при работе разного характера. Однако не всегда целесообразно заниматься многими учебными дисциплинами в один и тот же день, так как при каждом переходе нужно вновь сосредоточить внимание, что может привести к потере времени. Наиболее целесообразно ежедневно работать не более чем над двумя-тремя дисциплинами.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (черчение, построение графиков и т.п.).

Самостоятельные занятия потребуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Темы докладов (рефератов)

1. Сущность теории нечётких множеств.
2. Нечёткие множества, их характеристические параметры, примеры записи нечётких множеств.
3. Лингвистические модификаторы нечётких множеств. Виды неопределённости - нечёткость, вероятность.
4. Типы функций принадлежности нечётких множеств.
5. Сложение нечётких чисел
6. Вычитание нечётких чисел
7. Умножение нечётких чисел
8. Деление нечётких чисел.
9. Особенности нечётких чисел
10. Унарные операции над нечёткими числами.
11. Включение, равенство, дополнение нечетких множеств.
12. Операторы пересечения, объединения и разности нечётких множеств
13. Определение операций над нечёткими множествами при помощи нечётких операторов (нормы, конормы).
14. Алгебраические операции над нечёткими множествами
15. Этапы развития теории нечётких множеств.
16. Нечёткие числа L-R типа.
17. Нечёткие числа. Принцип обобщения.
18. Операции над числами разных знаков
Арифметические операции на языке L-R (L-P) представлений
19. Четкие соответствия и отношения.
20. Нечеткие соответствия и отношения; способы задания нечетких соответствий и отношений
21. Операции над нечеткими соответствиями и отношениями; композиции нечетких соответствий.
22. Структура нечётких моделей.
23. Блок фаззификации.
24. Вывод в нечётких моделях.
25. Дефаззификация результирующей функции принадлежности.
26. Свойства правил нечётких моделей
27. Рекомендации по построению базы правил
28. Сокращение базы правил
29. Полнота нечёткой модели
30. Непротиворечивость базы правил
31. Связность базы правил
32. Избыточность базы правил
33. Модели Мамдани
34. Модели Такаги-Сугено
35. Нечёткое моделирование на основе экспертных знаний о системе
36. Построение самонастраивающихся нечётких моделей
37. Настройка параметров нечёткой модели на основе генетического алгоритма
38. Реляционные модели.
39. Нечёткие мультимодели.
40. Нейронечёткие модели
41. Структуризация и обучение нейронных сетей
42. Преобразование модели Мамдани в нейронечёткую сеть
43. Преобразование модели Такаги-Сугено в нейронечёткую сеть
44. Статистические нечёткие регуляторы
45. Динамические нечёткие регуляторы

46. Нечёткое управление

47. Формирование структур и настройка параметров нечётких регуляторов

Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Перечень основной литературы:

1. Яхьяева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие / Г. Э. Яхьяева. - 5-е изд. - Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУ-ИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2024. - 315 с. - ISBN 978-5-4497-3309-2. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL:

<https://www.iprbookshop.ru/142277.html>

2. Анисимов К. В. Практикум по основам теории нечётких множеств и нечёткой логики. Ч.2. Нечёткая логика: учебное пособие / К. В. Анисимов, А. Н. Конюхов, К. А. Ципоркова. - Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2022. - 88 с. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL:

<https://www.iprbookshop.ru/137337.html>

Перечень дополнительной литературы:

1. Седова Н. А. Нечеткие отношения: учебное пособие / Н. А. Седова. - Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2024. - 60 с. - ISBN 978-5-4497-3156-2. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL:

<https://www.iprbookshop.ru/140616.html>

2. Бакулева М. А. Нечёткая логика и мягкие вычисления: учебное пособие / М. А. Бакулева, В. П. Корячко, В. И. Орешков. - Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2016. - 64 с. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/121476.html>

3. Яцало Б. И. Нечеткие интеллектуальные системы: конспект лекций. Учебное пособие / Б. И. Яцало. - Москва: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2020. - 132 с. - ISBN 978-5-7262-2713-9. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/116409.html>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

<http://www.intuit.ru> – Интернет-Университет Компьютерных технологий.

<http://www.allmath.ru/> Вся математика – высшая математика, прикладная математика, математические методы в экономике, финансовая математика.