Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 09.12.2024 07:48:17
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра Биомедицинской инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
_____ О.Г. Локтионова
«16» 03 2023 г.

Методы оптимизации и принятия проектных решений – лабораторный практикум

Методические рекомендации по выполнению практических работ для студентов специальности 30.05.03 «Медицинская кибернетика»

Курск 2023

УДК 004

Составители: М.В. Артеменко.

Рецензент

Доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной техники Чернецкая И.Е

Методы оптимизации и принятия проектных решений – лабораторный практикум Методические рекомендации по выполнению практических работ для студентов специальности 30.05.03 «Медицинская кибернетика» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. М.В. Артеменко, − Курск, 2023. − 148 с.: ил.29

Методические указания: содержат краткие теоретические сведения, порядок выполнения и содержание отчета по практическим работам по дисциплине «Методы оптимизации и принятия проектных решений». Содержание методических указаний соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования подготовки специалистов 30.05.03 «Медицинская кибернетика», утвержденной учебно-методическим объединением.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать Формат 60x84x 1/16.
Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября,9 4

Содержание

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ТИПОВЫХ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ 3

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ПОСТРОЕНИЕ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ 10

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3: ОЦЕНКА РИСКА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ 17

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ПОСТРОЕНИЕ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА FUZZY LOGIC TOOLBOX 46

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5. ОЦЕНКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ 55

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6 МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ КОЛЛЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ. РОЛИ ЛПР И КОНСУЛЬТАНТА 74

ПРАКТИЧЕСКОЕ РАБОТА №7. ПОСТРОЕНИЕ БАЗ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ 105

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ДИАГНОСТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ 125

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ТИПОВЫХ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Цель работы: Исследовать поведение интегральной функции принадлежности с точки зрения темпа ее сходимости к определенной ассимптоде в зависимости от методики ее вычисления и ее составляющих.

Краткие теоретические сведения:

Нечеткие множества – это частный случай нечисловых данных.

Пусть *A* - некоторое множество. Подмножество *B* множества *A* характеризуется своей характеристической функцией:

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 1, & x \in B, \\ 0, & x \notin B. \end{cases} \qquad (1)$$

Что такое нечеткое множество? Обычно говорят, что нечеткое подмножество *C* множества *A* характеризуется своей функцией принадлежности $\mu_C : A \to [0;1]$. Значение функции принадлежности в точке *x* показывает степень принадлежности этой точки нечеткому множеству. Нечеткое множество описывает неопределенность, соответствующую точке *x* – она одновременно и входит, и не входит в нечеткое множество *C*. За вхождение - $\mu_C(x)$ шансов, за второе, т.е. за то, что точка не входит в множество, (1-$\mu_C(x)$) шансов.

Если функция принадлежности $\mu_C(x)$ имеет вид (1) при некотором *B*, то *C* есть обычное (четкое) подмножество *A*. Таким образом, теория нечетких множество является более общей или хотя бы не менее общей математической дисциплиной, чем обычная теория множеств, поскольку обычные множества – частный случай нечетких. Соответственно можно ожидать, что теория нечеткости как целое обобщает классическую математику.

По степени общности обычная математика и нечеткая математика эквивалентны. Однако для практического применения, например, в теории принятия решений описание и анализ неопределенностей с помощью теории нечетких множеств весьма плодотворны.

Теория нечеткости является обобщением интервальной математики. Действительно, функция принадлежности:

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 1, & x \in [a;b], \\ 0, & x \notin [a;b] \end{cases}$$

задает интервальную неопределенность – про рассматриваемую величину известно лишь, что она лежит в заданном интервале [*a*,*b*]. Тем самым описание неопределенностей с помощью нечетких множеств является более общим, чем с помощью интервалов.

Л.А. Заде рассматривал теорию нечетких множеств как аппарат анализа и моделирования гуманистических систем, т.е. систем, в которых участвует человек. Его подход опирается на предпосылку о том, что элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечетких множеств или классов объектов, для которых переход от «принадлежности» к «непринадлежности» не скачкообразен, а непрерывен. В настоящее время методы теории нечеткости используются почти во всех прикладных областях, в том числе при управлении предприятиями, качеством продукции и технологическими процессами, при описании предпочтений и оптимизации различных процессов, в том числе диагностического характера .

Л.А. Заде использовал термин «fuzzy set» (нечеткое множество). На русский язык термин «fuzzy» переводится как нечеткий, размытый, расплывчатый, и даже как пушистый и туманный.

В качестве примера аппарата теории нечетких множеств рассмотрим определения теоретико-множественных операций над нечеткими множествами. Пусть *C* и *D* - два нечетких подмножества *A* с функциями принадлежности $\mu_C(x)$ и $\mu_D(x)$ соответственно. Пересечением $C \cap D$, произведением *CD*, объединением $C \cup D$, отрицанием $\overline{C}$, суммой *C*+*D* называются нечеткие подмножества *A* с функциями принадлежности, соответственно:

$$\mu_{C\cap D}(x) = \min(\mu_C(x), \mu_D(x)), \quad \mu_{CD}(x) = \mu_C(x)\mu_D(x), \quad \mu_{\overline{C}}(x) = 1 - \mu_C(x),$$

$$\mu_{C\cup D}(x) = \max(\mu_C(x), \mu_D(x)), \quad \mu_{C+D}(x) = \mu_C(x) + \mu_D(x) - \mu_C(x)\mu_D(x), \quad x \in A, .$$

Теория нечетких множеств в определенном смысле сводится к теории случайных множеств. Однако при решении прикладных задач вероятностно-статистические методы и методы теории нечеткости

Законы де Моргана для нечетких множеств. Законами же Моргана называются следующие тождества алгебры множеств:

$$\overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B}, \quad \overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}. \qquad (2)$$

$$\overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B}, \quad \overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}, \qquad (3)$$

$$\overline{A+B}=\overline{A}\,\overline{B},\quad \overline{AB}=\overline{A}+\overline{B}. \qquad (4)$$

Тождества (3) и (4) называются *законами де Моргана для нечетких множеств*.

Дистрибутивный закон для нечетких множеств. Некоторые свойства операций над множествами не выполнены для нечетких множеств. Так, $A+A\neq A$, за исключением случая, когда A – «четкое» множество (т.е. функция принадлежности принимает только значения 0 и 1).

Носителем нечеткого множества A называется совокупность всех точек $y\in Y$, для которых $\mu_A(y)>0$.

Нечетким логическим выводом (fuzzy logic inference) называется получение заключения в виде нечеткого множества, соответствующего текущим значениям входов, с использованием нечеткой базы знаний и нечетких операций.

В общем случае нечеткий вывод решения происходит за три (или четыре) шага:

1) *этап фаззификации*. С помощью функций принадлежности всех термов входных лингвистических переменных и на основании задаваемых четких значений из универсумов входных лингвистических переменных определяются степени уверенности в том, что выходная лингвистическая переменная принимает конкретное значение.

2) *этап непосредственного нечеткого вывода*. На основании набора правил - нечеткой базы знаний - вычисляются значения истинности для предпосылок всех правил на основании конкретных нечетких операций, соответствующих конъюнкции или дизъюнкции термов в левой части правил. В большинстве случаев это либо максимум, либо минимум из степеней уверенности термов, вычисленных на этапе фузификации, который применяется к заключению каждого правила. Используя один из способов построения нечеткой импликации, получается нечеткая переменная, соответствующая вычисленному значению степени уверенности в левой части правила и нечеткому множеству в правой части правила.

Основным способом построения нечеткой импликации является способ Kleene-Dienes: пусть A и B - нечеткие высказывания и $\mu_A\mu_B$ — соответствующие им функции принадлежности. Импликация A=>B определяется формулами:

A=>B ≡ Ā V B,

$\mu_{A=>}B$ (x, y) = max (1- μ_A (x); μ_B (y)).

Однако, это не единственное обобщение оператора импликации. В таблице приведены другие интерпретации этого понятия, наиболее часто применяемые на практике.

Larsen	$\mu_{A=>B}$ (x, y) = μ_A (x) μ_B (y)
Lukasiewicz	$\mu_{A=>B}$ (x, y) = min (1; 1- μ_A (x) + μ_B (y))
Mamdani	$\mu_{A=>B}$ (x, y) = max (μ_A (x); μ_B (y))
Kleene-Dienes-Lu	$\mu_{A=>B}$ (x, y) = 1- μ_A (x)+ μ_A (x) μ_B (y)

3) *этап композиции (агрегации, аккумуляции)*. Все нечеткие множества, назначенные для каждого терма каждой выходной лингвистической лингвистической переменной, обьединяются вместе, и формируется единственное нечеткое множество - значение для каждой выводимой лингвистической переменной. Обычно используются функции MAX или SUM.

4) *этап дефаззификации (необязательный)*. Используется тогда, когда полезно преобразовать нечеткий набор значений выводимых лингвистических переменных к точным. В теории нечетких множеств процедура дефузификации аналогична нахождению характеристик положения (математического ожидания, моды, медианы) случайных величин в теории вероятности. Имеется достаточно большое количество методов перехода к точным значениям.

Простейшим способом выполнения процедуры дефуззификации является выбор четкого числа, соответствующего максимуму функции принадлежности. Однако пригодность этого способа распространяется лишь на одноэкстремальные функции принадлежности. Для многоэкстремальных функций принадлежности часто используются следующие методы дефузификации:

1) COG (Center Of Gravity) – «центр тяжести»". Физическим аналогом этой формулы является нахождение центра тяжести плоской фигуры, ограниченной осями координат и графиком функции принадлежности нечеткого множества.

2) MOM (Mean Of Maximums) – «центр максимумов». При использовании метода центра максимумов требуется найти среднее

арифметическое элементов универсального множества, имеющих максимальные степени принадлежностей.

3) First Maximum – «первый максимум» - максимум функции принадлежности с наименьшей абсциссой.

Конкретные способы синтеза интегральных функций принадлежности определяется из характера решаемой задачи, ее целей и предметной области.

В связи с этим, на этапе разведочного анализа результатов мониторинга или в процессе диагностики целесообразно проводить исследование зависимости результирующей функции принадлежности от значений функции принадлежностей аргументов в нее входящих.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения - теорию нечетких множеств, принципы выбора и построения функций принадлежности, методы вычисления интегральной функции принадлежности.
2. На абстрактном носителе x синтезировать функции принадлежности согласно Таблице 1.
3. Согласно Таблице 2 составить алгоритм вычисления интегральной функции принадлежности в случае применения N решающих правил обладающих определенными функциями принадлежностями.
4. Оценить значения скорости и ускорения сходимости интегральной функции к единице в зависимости от количества решающих правил и выбранной функции принадлежности.
5. Проанализировать полученные результаты с точки зрения: сходимости, применения определенных функций принадлежности и методов вычисления интегральной функции, количества итераций в процессе вычисления.
6. Сделать выводы.
7. Оформить отчет, включающий в себя результирующую таблицу вида:

	Способ получения интегрального показателя
Функция принадлежности	Скорость, ускорение, график

8. В процессе самостоятельной работы в ходе выполнения лабораторной работы рекомендуется проанализировать показатели вычисления интегральной функции принадлежности в случаях

изменения в итерациях как правил вычисления функций принадлежности, так и правил вычисления интегральной функции.

Таблица 1. – Типовые функции принадлежности

Название функции	Вид функции
S	$s(x;a,b,c)=\begin{cases} 0, для_x \le a \\ 2\cdot\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2, для_a \le x \le b \\ 1-2\cdot\left(\frac{x-c}{c-a}\right)^2, для_b \le x \le c \\ 1, для_x \ge c \end{cases}$
π	$\pi(x;b,c)=\begin{cases} s(x;c-b,c-b/2,c), _для_x \le c \\ 1-s(x;c,c+b/2,c+b), _для_x \ge c \end{cases}$
γ	$\gamma(x;a,b)=\begin{cases} 0, _для_x \le a \\ \frac{x-a}{b-a}, _для_a \le x \le b \\ 1. _для_x \ge b \end{cases}$
t	$t(x;a,b,c)=\begin{cases} 0, _для_x \le a \\ \frac{x-a}{b-a}, _для_a \le x \le b \\ \frac{c-x}{c-b}, _для_b \le x \le c \\ 0. _для_ \ge c \end{cases}$
L	$L(x;a,b)=\begin{cases} 1, _для_x \le a \\ \frac{b-x}{b-a}, _для_a \le x \le b \\ 0, _x \ge b \end{cases}$

Таблица 2 Интегральные функции принадлежности (пример)

№	T(a,b) – «пересечение»	S(a,b) - «объединение»	параметры
1	Min(a,b)	Max(a,b)	
2	a*b	a+b-a*b	
3	MAX(a+b-1,0)	Min(a+b,1)	
4	$\begin{cases} a, & b=1 \\ b, & a=1 \\ 0, & \text{èí à÷å} \end{cases}$	$\begin{cases} a, _ b=0 \\ b, _ a=0 \\ 0, _ a,b \neq 0 \end{cases}$	
5	$\dfrac{a \cdot b}{\gamma+(1-\gamma)\cdot(a+b-a\cdot b)}$	$\dfrac{a+b-(2-\gamma)\cdot a\cdot b}{1-(1-\gamma)\cdot(a\cdot b)}$	$\gamma>0$
6	$\dfrac{a\cdot b}{\max(a,b,\alpha)}$	$\dfrac{a+b-a\cdot b-\min(a,b,1-\alpha)}{\max(1-a,1-b,\alpha)}$	$\alpha\in[0,1]$
7	$1-\sqrt[p]{(1-a)^p+(1-b)^p-(1-a)^p\cdot(1-b)^p}$	$\sqrt[p]{a^p+b^p-a^p\cdot b^p}$	p>0
8	$[1+\sqrt[\lambda]{(\frac{1}{a}-1)^{\lambda}+(\frac{1}{b}-1)^{\lambda}}]^{-1}$	$[1+\sqrt[\lambda]{(\frac{1}{a}-1)^{-\lambda}+(\frac{1}{b}-1)^{-\lambda}}]^{-1}$	λ>0
9	$\max(1-\sqrt[p]{(1-a)^p+(1-b)^p},0)$	$\min(\sqrt[p]{a^p+b^p},1)$	$p\geq 1$
10	$\log_w(1+\frac{(w^a-1)\cdot(w^b-1)}{w-1})$	$1-\log_w(1+\frac{(w^{1-a})\cdot(w^{1-b})}{w-1})$	w= min(1,1-a; 1,1-b)
12	$\max(\frac{a+b-1+\lambda\cdot a\cdot b}{1+\lambda},0)$	$\min(a+b+\lambda\cdot a\cdot b,1)$	$\lambda\geq -1$

Контрольные вопросы:

1. Чем отличается нечеткое множество от четкого?
2. Что такое функция принадлежности?
3. Как получить интегральное значение функции принадлежности в случае анализа нескольких нечетких множеств?
4. Что такое носитель функции принадлежности?
5. Когда рекомендуется применять аппарат теории нечетких множеств при построении диагностических правил?
6. В чем заключается алгоритмы нечеткого вывода Мамдани, Лоренса, Цукамото?
7. Что такое лингвистическая переменная?
8. Каким образом осуществляется коррекция интегральной функции принадлежности в случае неадекватно быстрого приближения ее значения к 1?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ПОСТРОЕНИЕ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ

Цель работы: овладение навыками структурно-параметрической идентификации диагностических правил с применением средств вычислительной техники.

Краткие теоретические сведения.

Под диагностическими правилами понимается процедура вывода заключения о соотнесении состояния анализируемого объекта или процесса к определенному классу или области на основании временно-пространственной регистрации существенных характеристик.

Любой объект (процесс) с точки зрения диагностики подвергается анализу со стороны исследователя, который, как правило, априори знает, какие существенные характеристики ему следует регистрировать для решения диагностической задачи. То есть, в этом случае, исследователь уже владеет набором диагностических правил, которые либо опровергают, либо подтверждают выдвинутую им рабочую гипотезу о состоянии объекта. Так как о каждом состоянии объекта может выдвигаться различное количество гипотез, то, следовательно, диагностические правила каждой из них не должны в случае объединения поглощать друг друга, и, вообще говоря, должны иметь минимальное количество пересечений как по регистрируемым параметрам, так и по диапазонам их изменений.

В общем случае диагностическое правило имеет вид, например, продукции: если значение $P=P_0$, то состояние $S=S_0$.

$$P=F(S, t, dS), \qquad (1)$$

где S - состояние; t - время; dS - диагноз изменения характеристик состояния.

Если зависимость (1) достаточно хорошо идентифицирована (с заданной степенью точности или неопределенности), то нетрудно построить эксперто-диагностическую систему продукционного типа с указанием исследователю технологии реализации необходимой информации для достаточно достоверной диагностики гипотетического состояния.

Рассмотрим **логический механизм** синтеза правила (1).

<u>1 этап</u>. Организация мониторинга состояния заданной глубины и полноты.

2 этап. Выделение множества ортогональных и информативных признаков с точки зрения вариативности. То есть, с одной стороны, селектируем сильно коррелированные характеристики, с другой стороны, отбираем те из них, вариативность которых (отношение дисперсии к среднему значению) выше определенного порогового уровня (например 10%).

3 этап. Кодируем состояния (лучше в двоичном коде): с учителем - то есть исследователь знает состояния, без учителя - выполняется кластер-анализ и задаются состояния или вводится пороговый принцип. Таким образом, получаем значения «логической» функции $Y=(Y_{i1},Y_{i2},Y_{il})$. Если состояний не много, то рекомендуется применять унитарное кодирование с минимизацией Хеменгового расстояния соседних состояний.

4 этап. Кодируем значение признакового пространства, следующим образом (во всех случаях рекомендуется унитарный код). По каждому оставленному признаку выделяем определенный набор состояний, как попадание значения признака в определенный диапазон. Диапазон определяется либо:

1) Экспертом, исходя из его знаний и жизненного опыта.

2) Исследователем, по анализу частоты распределений значений и личного опыта. При достаточно небольшом количестве признаков анализ гистограммы рекомендуется проводить визуально, наблюдая все признаки одновременно (в концепции системный подход).

3) Автоматически (с применением ЭВМ) по следующему алгоритму.

Исследователь задает количество состояний по каждому признаку n_i (каждое из них кодируется, желательно в унитарном коде). Определяется медиана Мо и дисперсия G_o. Определяется удельное отклонение как $G_y = G_o/(n_{i-1})$. В качестве первого диапазона (состояния) выбирается величина внутри диапазона $M_o \pm G_o$. Все значения X_i попавшие в данный диапазон кодируются определенным состоянием S_o. Величина n_i декрементируется и повторяется описанный процесс над «оставшимися» данными. Так продолжается до тех пор, пока n_i не станет равно 0 и всем оставшимся значениям будет присвоено состояние S_n. Граничные значения $M_o \pm G_{yo}$ либо включаются в одно из состояний, либо, что более оптимально, кодируются знаком переходной функции.

5 этап. Определяем функциональные зависимости между полученными булевыми функциями (парные и множественные) и

парное Хеминговое расстояние. Те признаки, у которых это расстояние равно нулю, селектируются путем оставления одного из них с наибольшей вариативностью.

Явный вид логической зависимости между булевыми переменными X_k, k=1,m определяются следующим образом. На первом шаге проверяются условия независимости: поскольку каждая булева функция может иметь два значения истинности, то m булевых функций может образовывать 2^m комбинаций значений истинности. Согласно определению m-булевых функций независимы, если в совокупности при всех возможных значениях аргументов они могут принимать 2^m комбинаций значений истинности. Т.е для проверки независимости необходимо вычислить их изображающие числа и проверить, образуют ли они полный набор чисел. Если да, то функции независимы, в противном случае - зависимы.

На втором шаге в базисе булевых функций выписывают в последовательные строки изображающие числа и определяют какие числа отсутствуют в наборе столбцов (повторяющиеся значения чисел считают один раз). Столбцы набора представляют собой комбинации значений истинности функций $X_i,..., X_m$, при которых соответствующие элементарные произведения составленные из $X_i,..., X_m$ истинны.

Таким образом, если идентифицируется зависимость:

$$F(X_i,...,X_n)=1 \qquad (3),$$

то, следовательно, имеющиеся в наборе столбцы указывают номера тех колонок базиса в $(X_1,...,X_n)$, которые совпадают с номерами изображающего числа $\#F(X_1,...,X_m)$, на которых функция F истинна.

Например, пусть задан протокол мониторинга трех логических функций:

X_1 11001010
X_2 10101100
X_3 11001100

Выпишем последовательно все столбцы в этом наборе изображающих чисел как строки и укажем справа их десятичные значения:

111=7, 101=5, 010=2, 000=0, 111=7, 110=6, 001=1, 000=0

Видно, что десятичные эквиваленты 3 и 4 отсутствуют, а это означает, что по отношению и в (X_1, X_2, X_3) изображающее число связи $F(X_1, X_2, X_3) = 1$ имеет вид $\#F(X_1, X_2, X_3) = 1$.

Минимизируя полученную функцию, получаем:

#F=X1X3+X2X3+X1X2=1

Проверяем:

X1	X2	$\overline{X3}$	$\overline{X1}$X3	X2X3	X1$\overline{X2}$	F
1	1	1	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	1

Таким образом, определяется как логические функции связаны между собой.

6 этап. Идентифицируем логические функции Y=F(X) - парная зависимость и/или Y=F({X}) (4) - множественная зависимость. Заметим, что возможен вариант отсутствия тех или иных функциональных зависимостей.

7 этап. Переходим от полученных булевских функций либо к продукционным диагностическим правилам, либо к схемотехническому решению идентифицирующего диагностического устройства. Однако, второй вариант менее устойчив и мобилен в случае достаточно быстрого изменения окружающей среды, приводящего к изменению в функционировании анализируемого объекта (системы, процесса), а, следовательно, и вида идентифицированных функций.

Как и во множественном регрессионном анализе, при синтезе зависимостей (4) для получения более строгого результата (минимизации пересечений понятий в диагностических, классификационных правилах каждого состояния) рекомендуется руководствоваться правилом максимальной организации (независимости) факторного пространства. Для этого необходимо добиться максимальной независимости X между собой, т.е. в идеале не должно существовать функциональных зависимостей между Xi. Т.е., если на пятом этапе идентифицируется F(x)=1 (3), то необходимо изменить множество X: либо путем исключения переменных (по критерию вариативности), что чревато в общем случае, потерей информации; либо изменить кодирование вводимых сигналов путем уменьшения количества состояний и/или изменения

(экспертным путем) диагностических классов состояний. При достаточно мощной вычислительной технике и сравнительно небольшом размере факторного пространства (до 100 признаков) эти проблемы могут быть решены переборным путем. В противном случае, следует применять методы целенаправленного случайного поиска.

Как и в регрессионном анализе возможно формирование продукционных диагностических правил с учетом фактора запаздывания.

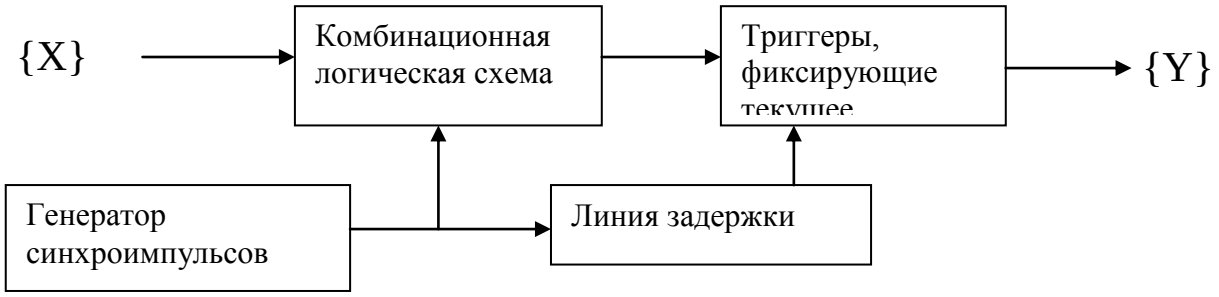
Порядок выполнения работы.

1. Самостоятельно изучите теоретический материал.
2. Согласно номеру варианта (равен порядковому номеру студента в журнале группы) N сформируйте протокол мониторинга наблюдения за процессом X, следующим образом:

Индекс переменной X	Индекс протокола Z (см. таблицу 1)
1	mod(n,8)+1
2	mod(n,8)+2
3	mod(n,8)+3
4	mod(n,8)+4

3. Выберите в качестве выходной величины, определяющей состояние процесса переменную мониторинга с индексом 4.
4. Зададитесь числом состоянием по Y- 3, X1-5, X2- 3, X3 -2.
5. Определите диапазон изменений состояний, причем для Y_1,X_1,- автоматически по дисперсии (здесь и далее рекомендуется использовать интегрированные среды типа EXCEL, STATISTICA), X_2 -- экспертным путем анализа гистограммы, X_3 - экспериментальным путем заданием одного порога (<,>=).
6. Закодируйте состояние по X, У - т.е. получите характеристические числа (вид) булевых функций $X_б$ и $У_б$.
7. Проанализируйте взаимозависимость между булевскими факторами X и сформируйте наиболее ортогональное факторное пространство (векторы которого в наименьшей степени зависимы между собой).
8. Идентифицируйте в минимальном виде (с помощью карт Карно) логические функции $У_б$=F($X_б$).
9. Перейдите от булевского представления к логико-семантическому и сформулируйте диагностические правила продукционного типа.

10. Составьте схемотехническое решение диагностических правил по следующей структуре:



Рассчитайте скважность синхроимпульсов и их характер для обеспечения устойчивой работы схем, считая время срабатывания любого логического элемента 10мс, время срабатывания триггера 50мс.

11. Оформите отчет с указанием последовательности своих действий, необходимых комментариев и выводов.

Контрольные вопросы:

1. Что определяет решающее правило?
2. Какие типы решающих правил применяют в диагностическом процессе при обработке результатов мониторинга?
3. В чем заключается логический способ синтеза решающего правила?
4. Каким образом осуществляется бинарное кодирование признакового пространства при синтезе логических решающих правил?
5. Как формулируется решающее правило продукционного типа?
6. Как осуществляется семантическое описание решающего правила?
7. Каким образом реализуется схемотехническая реализация решающего правила на определенной электронной базе?
8. Как проверяется качество применения решающего правила?

Таблица 1. Результаты регионального мониторинга

год	Всего родилось	Всего заболело	Врожденные пороки (ВП)	асфаксия	Умерло всего	Умерло от ВП	Умерло от асфиксии
1	1657	90	22	6	17	4	5
2	2081	170	24	9	32	3	9
3	2173	201	20	25	32	7	5
4	2676	198	41	17	34	5	5
5	2557	191	51	47	21	3	10
6	2522	586	83	78	23	1	3
7	2893	252	30	19	31	3	7
8	2956	270	45	8	32	6	5
9	2650	197	38	12	25	3	6
10	3036	213	42	36	36	4	12
11	3165	230	37	32	21	2	5
12	3181	218	61	42	27	8	3
13	2930	216	65	58	18	1	6
14	2491	202	41	55	20	2	5
15	2964	185	37	39	25	2	1
16	2425	290	65	87	22	2	7
17	2432	238	50	53	19	3	4
18	2388	196	34	65	19	0	9
19	2290	197	34	58	22	4	9
20	2995	193	45	27	28	5	7

Год	Ревм. пораж. сердца	Инфаркт миокарда	Гипертан. болезнь	стенокардия	Септический эндокартит	летальность
1	107	8	171	30	5	18
2	147	4	151	38	9	20
3	146	22	124	42	4	17
4	122	27	145	56	10	20
5	104	37	134	83	8	23
6	77	37	110	33	11	23
7	82	24	156	38	8	20
8	104	37	100	40	4	13
9	88	21	87	45	35	18
10	75	17	111	41	6	2
11	44	28	71	29	3	17
12	56	4	120	38	8	12
13	44	16	100	31	7	7
14	44	12	104	28	5	24
15	57	15	97	35	15	10
16	32	17	84	33	14	5
17	36	15	116	40	20	16
18	44	20	176	44	2	28
19	51	23	157	37	11	13
20	48	18	162	43	17	17

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3: ОЦЕНКА РИСКА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ

Цель работы: изучить методологию оценки рисков принятия решений в здравоохранении с акцентом на диагностические решающие правила смарт экспертных систем.

Краткие теоретические сведения

Диагностическая информация находится в постоянном развитии в соответствии с накоплением новых сведений в базах данных. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что при разумном подходе к диагностике всегда можно найти оптимальное взаимоотношение между наилучшим использованием информации, ее ценой, приемлемостью и обстоятельствами использования. Для оценки эффективности диагностических исследований существует большое число критериев. Многие из них универсальны, т.е. применимы во всех областях клинической медицины, другие имеют специфическое для этого направления диагностики значение. Под диагностической эффективностью метода исследования следует понимать способность данного метода (теста) выявить заболевание и охарактеризовать состояние организма при экономической доступности метода. В медицинской диагностике выделяют качественную (или описательную), и количественную характеристики результатов. Последняя включает в себя различные виды измерений: радиоактивности биологических проб, величины органов, изображенных на экране дисплея, рентгеновской пленке, компьютерной томограмме и др. Все эти измерения, как бы точны они ни были, обязательно имеют некоторую степень погрешности. Это связано как с ограниченной точностью инструментов, с помощью которых проводят измерения (линейка, электронный прибор или другие технические средства), так и с вариабельностью измеряемого объекта: колебаниями биологических параметров человека во время исследования, неоднородностью потока электромагнитных квантов и т.д.

Перечисленные выше погрешности имеют случайный характер. Их влияние на точность измерения может быть уменьшено, если увеличить количество измерений объекта исследования или увеличить продолжительность каждого измерения. Погрешности такого рода называют случайными, или рандомизированными,

ошибками. Погрешности другого типа возникают при неправильной работе аппаратуры, калибровке лабораторного оборудования, технологии приготовления химических растворов, а также вследствие ошибок, допущенных в расчетах. Конечные результаты подобных измерений во всех случаях оказываются либо завышенными, либо заниженными, т.е. всегда однозначно искаженными Подобные погрешности носят 6 название систематических ошибок. Единственный способ избежать этих погрешностей – тщательно контролировать качество технических средств диагностики, следить за правильностью проведения диагностических процедур, корректно выполнять расчеты. Для оценки эффективности методов измерения в медицинской диагностике, как и в других разделах медицины и биологии, применяют ряд критериев, главными из которых являются: • точность измерения – соответствие результатов измерения истинному значению определяемой величины.

Высокая точность измерения достигается при минимальных рандомизированных и систематических погрешностях; правильность измерения. Это качество измерения характеризует величину систематических погрешностей. Чем они меньше, тем более правильным оказывается измерение; • сходимость измерений. Данное качество измерений характеризует величину случайных ошибок. Чем они меньше, тем лучше сходимость измерений. Этот критерий показывает, насколько близки друг к другу измерения, выполненные в одинаковых условиях; • воспроизводимость измерений. Этот критерий показывает, насколько близки между собой результаты измерений, выполненных в различных условиях, т.е. в разных лабораториях и на разных аппаратах.

Ведущими критериями успешности выполнения любого диагностического исследования являются его результативность, действенность (сила) и эффективность диагностического метода, а также его доступность. Результативность диагностики применяется для выражения вероятности получения успешного результата у индивидуума или популяции в целом в результате осуществления данной технологии в усредненных условиях ее выполнения. Эффективность диагностики относится к мастерству, с которым используются ресурсы для решения данной проблемы. Действенность (сила) метода диагностики – это способность диагностического теста, примененного в оптимальных условиях, влиять на решение врача,

касательно диагностики заболевания и ведения больного (лечения, реабилитации).

Оценивая метод диагностики в целом, необходимо учитывать, какова доступность данного метода для людей, выполняющих данное исследование. Для того чтобы оценить диагностическую эффективность медицинских исследований, сравнивают его информативность, т.е. способность распознавать заболевание, с эталонным диагнозом. В качестве эталонного обычно выступает так называемый "золотой стандарт", который базируется на безупречно доказанном диагнозе.

В практической деятельности любого врача-диагноста при анализе любого теста могут встретиться только четыре варианта ответов:

1. Интерпретация "положительный" у больных с наличием заболевания. Это – истинно положительные случаи (TP).

2. Интерпретация "отрицательный" у пациентов без заболевания. Это – истинно отрицательные случаи (TN).

3. Интерпретация "положительный" у пациентов с отсутствием заболевания (у здоровых лиц). Это ложноположительные случаи (FP)

4. Интерпретация "отрицательный" у больных с заболеваниями. Это – ложноотрицательные случаи (FN). Как ложноположительные, так и ложноотрицательные ошибки представляют собою совокупность ошибок диагностики и выдвигают основное требование перед врачом-диагностом – их минимизации.

Для характеристики информативности диагностического метода исследования служат объективные параметры, именуемые операционными характеристиками теста. К операционным характеристикам метода диагностики относятся:

1. чувствительность (Se),
2. специфичность (Sp),
3. точность (Ac), или эффективность диагностики,
4. прогностичностъ положительного результата (+ VP),
5. прогностичностъ отрицательного результата (- VP).

Некоторые из вышеперечисленных критериев непостоянны.

Они зависят от распространенности заболевания или преваленса. Преваленс (Ps) - это вероятность определенного заболевания, или проще, его частота встречаемости среди изучаемой группы людей или популяции в целом. От преваленса следует отличать инцидент (In) - вероятность нового заболевания в

рассматриваемой группе людей (популяции) за определенный промежуток времени, чаще за один год.

Еще одна сфера применения таблицы сопряженности - сравнение двух диагностических тестов. На их основе можно оценить специфичность и чувствительность нового метода.

Чувствительность (Se) - это доля действительно болеющих людей в обследованной популяции, которые по результатам теста выявляются как больные. Чувствительность - это мера вероятности того, что любой случай болезни (состояния) будет идентифицирован с помощью теста. В клинике тест с высокой чувствительностью полезен для исключения диагноза, если результат отрицателен.

Специфичность (Sp) - это доля тех, у которых тест отрицателен, среди всех людей, не имеющих болезни (состояния). Это мера вероятности правильной идентификации людей, не имеющих болезни, с помощью теста. В клинике тест с высокой специфичностью полезен для включения диагноза в число возможных в случае положительного результата.

Чувствительность и специфичность нового метода определяется относительно другого, общепринятого, который обладает высокой точностью, но имеет другие недостатки – побочные эффекты, дороговизну, недоступность и т.д. Этот другой метод называют «золотым стандартом».

Таблица 1. Оценка нового диагностического теста

Результат нового диагностического теста	Результаты «золотого стандарта»	
	положительный	отрицательный
положительный	ИП число истинно положительных результатов нового теста (больные, выявленные с помощью теста)	ЛП число ложноположительных результатов нового теста (здоровые, имеющие положительный результат теста)
отрицательный	ЛО число ложноотрицательных результатов нового теста (больные, не выявленные с помощью теста)	ИО число истинно отрицательных результатов нового теста (здоровые, имеющие отрицательный результат теста)

Чувствительность

$$Se = \frac{ИП}{ИП + ЛО} \quad (36)$$

Специфичность

$$Sp = \frac{ИО}{ИО + ЛП} \quad (37)$$

Специфичность и чувствительность теста являются выборочными характеристиками, не являются абсолютными и неизменными и зависят от объема выборки. Поэтому полезно определять стандартную ошибку и доверительный интервал для этих величин.

Для прогностического тетста можно определить чувствительность и специфичность, а также распространенность (prevalence), которая определяется как отношение числа лиц с наличием заболевания (или любого другого состояния) ко всей исследуемой популяции:

$$P = \frac{a + c}{a + b + c + d}$$

Прогностическая ценность положительного результата (positive predictive value) - вероятность наличия заболевания при положительном (патологическом) результате теста:

$$PPV = \frac{Se \times P}{Se \times P + (1 - Se) \times (1 - P)}$$

Отношение правдоподобия (likelihood ratio) для положительного результата показывает во сколько раз вероятность положительного результата теста у больных больше, чем у здоровых

$$LR + ¿ \frac{Se}{1 - Sp}$$

Отношение правдоподобия для отрицательного результата показывает во сколько раз вероятность отрицательного теста у больных больше, чем у здоровых

$$LR - ¿ \frac{1 - Se}{Sp}$$

Диагностическая эффективность теста выражается процентным отношением истинных (и положительных, и отрицательных) результатов теста к общему числу полученных результатов.

$$ДЭ = \frac{ИП + ИО}{ИП + ЛП + ЛО + ИО}$$

Пример. Диагноз стрептококковой ангины основывается преимущественно на данных клинической картины и фарингоскопии. Из лабораторных исследований применяют бактериологическое - обнаружение в посевах слизи из ротоглотки ß-гемолитического стрептококка группы А. Рассмотрим диагностическую ценность лабораторного анализа по результатам исследования, которые сведены в таблицу 2×2 (таблица 47).

Таблица 47. Данные к примеру

Клинический диагноз стрептококковой ангины

всего

присутствует

о

сутствует

ß-гемолитический стрептококк в посеве мазка

да

ИП(a)

27

ЛП(b)

35

62

нет

ЛО(c)

10

ИО(d)

77

87

всего

37

112

149

Чувствительность

$$Se=\frac{ИП}{ИП+ЛО}=\frac{27}{27+10}=0,73$$

т.е. 73% больных согласно лабораторным анализам действительно диагностируются как больные.

Специфичность

$$Sp=\frac{ИО}{ИО+ЛП}=\frac{77}{77+35}=0,69$$

т.е. 69% здоровых согласно лабораторным анализам действительно диагностируются как здоровые.

Распространенность

$$P=\frac{a+c}{a+b+c+d}=\frac{37}{149}=0,25$$

т.е. 25% обследованных лиц болеют стрептококковой ангиной.

Прогностическая ценность положительного результата

$$PPV=\frac{Se\times P}{Se\times P+(1-Se)\times(1-P)}=0,44$$

т.е. у 44% лиц тест дал правильный прогноз стрептококковой ангины.
Отношение правдоподобия для положительного результата

$$LR+¿\frac{Se}{1-Sp}=\frac{0,73}{1-0,69}=2,3$$

т.е. если тест дает положительный результат, то вероятность того, что человек болеет в 2,3 больше вероятности того, что он здоров.
Отношение правдоподобия для отрицательного результата

$$LR-¿\frac{1-Se}{Sp}=\frac{1-0,73}{0,69}=0,39$$

т.е. если тест дает отрицательный результат, то вероятность того, что человек болеет в 1/0,39=2,5 раза меньше вероятности того, что он здоров.
Диагностическая эффективность теста

$$ДЭ=\frac{ИП+ИО}{ИП+ЛП+ЛО+ИО}=\frac{27+77}{149}=0,7$$

т.е. в 70% случаев тест правильно ставит диагноз.

Контрольное задание

В таблице приведены данные о частоте встречаемости лиц с избытком веса среди лиц с нормальным и повышенным АД. По данным из таблицы ответьте на поставленные вопросы

	АД : >= 140	АД : < 140
выраж. ожирение : Есть	88	120
выраж. ожирение : Нет	363	1668

Во сколько раз чаще повышенное САД встречается у лиц с выраженным ожирением. Во сколько раз увеличивается риск артериальной гипертонии у лиц, имеющих избыток веса. Если такие характеристики как чувствительность, специфичность и точность не зависят от частоты заболевания, то прогностичность результатов, как положительного, так и отрицательного, напрямую связана с преваленсом.

Чем выше преваленс заболевания, тем выше прогностичность положительного результата и ниже прогностичность отрицательного теста.

Прогностические характеристики любого теста нельзя автоматически, без учета преваленса и ряда других обстоятельств переносить на все лечебные учреждения. Например, прогностическая ценность маммографии, полученной в онкологическом центре, будет иной, чем в поликлинике или при реализации массового обследования населения - скрининга.

Доказательное лечение. Доказательное лечение базируется на научной обоснованности используемых схем лечения заболевания. При этом важно учитывать только те схемы и рекомендации по лечению, которые были получены слепым рандомизированным методом. Рандомизация – случайное, т. е. независимое от желания врача-исследователя и больного, разделение больных на экспериментальную и контрольную группы. Цель рандомизации – избежать селекции больных и создать условия для сравнения эффекта препарата с плацебо или другим лекарственным средством. Двойной слепой метод – исследование, когда ни врач, ни больной не знают, какое лекарственное средство принимает больной согласно рандомизации. Простой (одиночный) слепой метод – только больной не информирован о лекарственном средстве.

Врач знает, какое лекарство принимает его пациент. Плацебо – лекарственная форма, неотличимая от исследуемого препарата по внешнему виду, цвету, вкусу и запаху, но не оказывающая специфического фармакодинамического действия. Российские исследования очень часто грешат неправильной рандомизацией, нездоровой методологией организации исследований и безграмотным анализом результатов. Ни в коем случае нельзя самостоятельно делить пациентов на группы, для этого есть компьютер. По правилам, распределение по группам следует проводить случайным образом, возраст и стадия болезни всех участников должны быть примерно одинаковыми – это определяет однородность исследуемых групп.

Просто, если хочешь продемонстрировать удивительно высокую эффективность нового препарата, достаточно в группу, где он будет исследоваться, поместить 20-летних пациентов на ранних стадиях заболевания, а в ту группу, которая будет применять традиционный метод лечения, – пенсионеров с алкогольной зависимостью и запущенной стадией заболевания. В этом случае идет подтасовка научных фактов. Количество участников исследования (выборка) не может быть малой.

Медицина, основанная на доказательствах, представляет собой часть многогранного обеспечения и объяснения клинической эффективности различных лекарственных средств и методов лечения. Это есть процесс систематического критического анализа фактов, полученных в результате клинических исследований.

Она предусматривает выделение из потока информации наиболее достоверных доказательств эффективности того или иного

метода лечения с последующим проведением клинической экспертизы, что позволяет разработать оптимальные практические рекомендации.

Однако необходимо помнить, что любые рекомендации предназначены, чтобы давать советы, а не навязывать клинические решения.

Доказательная организация здравоохранения Доказательная организация здравоохранения требует тщательной оценки программ управления здравоохранением. Особенно это касается организации широкомасштабных проектов, затрагивающие значительную часть населения страны, и привлечение больших людских и финансовых ресурсов. Наиболее уязвимым местом в доказательной организации здравоохранения является введение в практику массовых проверочных исследований, или скрининга. Здесь должна обязательно присутствовать глубокая экспертная проработка вопроса на уровне высоко квалифицированных и главное независимых специалистов. При организации скрининга должны быть приняты во внимание следующие требования к методам исследовании: высокая чувствительность, низкая стоимость, воспроизводимость результатов, безопасность, доступность.

Поскольку скрининг проводится среди преимущественно здорового населения, при оценке его результатов следует учитывать низкий преваленс заболевания в обследуемой группе людей. Поэтому для скрининга должны быть использованы высокочувствительные методы, при которых отрицательный результат высокопрогностичен. В то же время положительный результат наблюдается у всех больных с искомым заболеванием.

Доказательный анализ медицинской литературы

Доказательный анализ медицинской литературы относится к важному разделу деятельности практикующего врача, научного работника и организатора здравоохранения. Это большой и самостоятельный раздел доказательной медицины, который требует умения и навыков работы с медицинской литературой. Основные детали подхода к правильному подбору, чтению и анализу медицинских публикаций.

Необходимо строго ограничить круг обязательно читаемой литературы. Это относится как к бумажным, так и электронным изданиям. Существует понятие релевантной публикации, т.е. публикации, посвященной изучаемой проблеме. Среди обилия

существующих журналов и книг по медицине имеется своеобразное "ядро" изданий, в котором сосредоточена основная масса публикаций по конкретной теме. Это "ядро" журналов и нужно обязательно читать. Современные руководства по клинической практике, предлагая те или иные рекомендации, снабжают их рейтингом доказательности.

Существует также международная Кокрановская инициатива (Библиотека Кокрана), объединяющая и систематизирующая все накопленные в этой области сведения.

Необходимо выработать в себе правило четко разграничивать первичную, оригинальную информацию и вторичную, вспомогательную. Отдавать предпочтение нужно первой из них. 3. Любое научное сообщение должно быть четко структурировано. Это - признак высокой культуры автора и, возможно, высокой ценности публикации. Стандартная структура научного сообщения должна иметь следующие разделы: • Введение. • Материал и методы исследования. • Результаты исследования. • Обсуждение. • Выводы. • Указатель литературы. Современные научные журналы высокой культуры требуют обязательной подробной рубрикации научных сообщений.

Следует максимально широко использовать электронные средства для доступа к информации, в частности Интернет, компакт-диски. При этом необходимо знать доступ к различным базам данных, используя при этом поисковые машины Интернета.

Существует множество классификаций ошибок диагностики. При этом их суть сводится к подразделению ошибок на субъективные и объективные. В целом к объективным причинам врачебных ошибок представляется возможным отнести несовершенство медицины, отсутствие необходимых условий, меняющиеся установки в науке. Субъективными причинами ошибочной тактики врача являются: недостаточная квалификация, незнание общепринятых в отрасли диагностических истин независимо от стажа работы, уровень общей культуры и психологические особенности личности и характера и др.

К сожалению, как показывает практика, роль субъективных факторов в обеспечении безопасности пациентов более чем значительна. На их долю в диагностике приходится до 60–70 % всех врачебных ошибок.

Чаще всего ошибки совершаются на первом этапе постановки диагноза вследствие:

неспособности врача распознать ведущую жалобу и истинную цель обращения пациента за медицинской помощью;

неумения определить причины выявленных симптомов и жалоб, критически оценить полученные от пациента сведения, выявить основные из них;

недооценки информации о пациенте со стороны его родственников и знакомых.

недооценка риска возможных побочных эффектов и осложнений лечения

неправильный выбор тактики лечения

неумение провести анализ промежуточных и конечных результатов лечения.

Лечебные риски включают весьма широкий перечень возможных осложнений при большой группе медицинских вмешательств. Наиболее актуальными из них являются риски: хирургические, анестезиологические, фармакотерапевтические (медикаментозные), риски, связанные с переливанием крови и др.
Наиболее тяжелые осложнения в хирургической практике имеют место при неоправданно широких операциях, случайных повреждениях органов. Чреваты тяжелыми осложнениями вмешательства, связанные с анальгезией и наркозом, реанимационными пособиями.

Один укол нестерильной иглой шприца, ранее использованной для инъекции инфицированному пациенту, сопряжен с риском передачи гепатитов В, С и ВИЧ-инфекции. Особую группу риска составляют пациенты, которым проводятся гемотрансфузии.

В большей или меньшей степени медикаментозные риски присутствуют практически в каждом случае назначения лекарственной терапии. Согласно определению ВОЗ побочное действие лекарственных средств — это вредные, нежелательные эффекты, которые возникают при использовании доз лекарственных средств, рекомендованных для профилактики и лечения заболеваний, а ряд современных высокоэффективных препаратов у отдельных больных способны вызвать скрытые или явные повреждения организма.

Выделяют четыре типа побочных эффектов лекарств:
1) тип А (80 % случаев) —предсказуемые реакции, связанные с фармакологической активностью лекарственных средств, могут

наблюдаться у любого пациента — например, токсичность, связанная с передозировкой препарата (гепатоксичность высоких доз парацетамола);
2) тип B — нечастые, непредсказуемые реакции, встречающиеся только у чувствительных людей (лекарственная непереносимость, гиперчувствительность);
3) тип C — реакции, связанные с длительной терапией (лекарственная зависимость: физическая или психическая);
4) тип D — канцерогенные, мутагенные и тератогенные эффекты лекарственных средств.

Проблема лекарственной безопасности усугубляется многочисленными факторами риска развития медикаментозных осложнений, среди которых наиболее значимыми являются рост потребления лекарств на фоне широкого распространения самолечения, необходимость назначения большого числа медикаментов в силу полиморбидности, длительное применение препаратов при хроническом течении ряда заболеваний, нарушение фармакодинамики и фармакокинетикилекарственных средств на фоне органных изменений и при взаимодействии с другими препаратами, возрастные и половые особенности пациентов, недостаточное выполнение предписанного больному режима медикаментозной терапии.

Инфекционные риски предполагают возникновение инфекции у пациентов, госпитализированных в лечебно-профилактическое учреждение по поводу любого соматического заболевания. Такие инфекции называют нозокомиальными или внутрибольничными инфекциями.

Внутрибольничные инфекции (далее — ВБИ) определяются как инфекции, развивающиеся у пациента стационара или любого другого медицинского учреждения и не присутствовавшие в проявленной или инкубационной форме на момент госпитализации. К ним относятся также инфекции, приобретенные в стационаре, но проявившиеся только после выписки.

Развитие психогенных рисков с негативными последствиями нередко бывает обусловлено не до конца продуманным информированием больного и родственников о состоянии больного в целом, необратимости характера заболевания, неутешительных перспективах лечения и т. д. Так, при объективной оценке состояния больного и прогноза (и не только у паллиативных больных), врач

может невольно спровоцировать потерю у пациента мотивации лечения, даже симптоматического, что, в свою очередь, может привести к ухудшению как соматического, так и психического состояния.

Психогенную безопасность целесообразно формировать в лечебно-профилактическом учреждении дифференцированно в возрастном и половом аспектах, начиная с дородового патронажа, периода новорожденности, продолжая в период раннего детства, в подростковом и зрелом возрасте. Но особенного внимания в части обеспечения медицинской безопасности требует геронтологический контингент.

Во врачебном сообществе необходимо привить понимание того, что необоснованная по показаниям и длительности госпитализация больных может превышать возможную ее пользу, и в этом направлении следует тактично и аргументировано ориентировать как самих пациентов, так и их родственников.

Надо понимать, что помещение больного человека в стационар само по себе является стрессовой ситуацией, поскольку нарушает сформировавшиеся жизненные стереотипы (привычную обстановку, окружение близких и т. д.), лишает или ограничивает их возможности общения с близкими, свободного времяпрепровождения, реализации своих увлечений и др.

Важным условием реализации психогенных рисков является отсутствие в лечебном учреждении повседневной психотерапии, т. е. разъяснения больному в доступной форме и в пределах сущности его заболевания, болезненных и других ощущений, реальных возможностей медицинского воздействия, пользы и риска назначаемых обследований и лечения.

В основе *психогенной безопасности* заложены нравственные нормы, нарушение которых, как и недостаточность знаний (умений), халатность — приводят к возникновению и реализации психогенных рисков. В таких ситуациях проблема заключается в основном в нарушении врачебной этики и морали медицинского работника. Психогенная безопасность пациента может быть нарушена неосторожными высказываниями или поступками врача или другого медицинского работника, отрицательно воздействующими на психику больного.

В настоящее время отмечается тревожный рост нарушений психогенной безопасности пациентов, к которым следует отнести

весь объем отрицательного психического и физического воздействия медицинского работника, в том числе и врача, на пациента. Нарушения психогенной безопасности пациентов необходимо выявлять, анализировать и находить решения по их устранению и предупреждению. При этом следует отметить, что активное участие самого больного в лечебно-диагностическом процессе и самоконтроле своего состояния в значительной степени снимает проблемы психогенных (психоэмоциональных) рисков, что является неотъемлемым условием достижения качественного клинического результата.

Одним из путей повышения эффективности и качества оказания медицинской помощи является **внедрение системы управления рисками (риск-менеджмент),** которая позволяет выявить, оценить последствия и выработать тактику противодействия, направленную на ограничение случайных событий, наносящих физический и моральный ущерб организации, её персоналу и пациентам.

Субъективное ощущение безопасности у персонала, называемое «мнимым благополучием», связано с тем, что несмотря на большое число инцидентов в учреждениях здравоохранения любого уровня, большая часть из них заканчивается благоприятно, без причинения вреда персоналу и пациентам. Только незначительная часть случаев заканчивается причинением существенного вреда и даже смерти. В подобной ситуации явная причинно-следственная связь между дефектами деятельности персонала, организации труда и возникновением причинения вреда здоровью пациентов не выявляется. Низкая частота тяжёлых исходов является основной причиной того, что в отношении этих событий у персонала отсутствует насторожённость, и они продолжают совершать ошибки и допускать дефекты в оказании медицинской помощи.

Для формирования устойчивости организации к происшествиям, несчастным случаям, потерям была сформирована концепция управления рисками. Она позволяет выявить скрытые источники опасности и выработать меры противодействия. За рубежом широта внедрения систем управления рисками очень высока. Хотя система контроля качества медицинской помощи в РФ разработана и утверждена, литературные источники свидетельствуют о неблагополучии в части причинения вреда здоровью пациентов вследствие различных происшествий. Проведённый нами анализ

отечественной литературы не выявил в Российской Федерации публикаций об успешном внедрении систем управления рисками.

В зарубежных странах приняты стандарты, позволяющие медицинской организации выбрать наиболее оптимальную форму построения системы безопасности пациентов. Этому способствуют созданные в различных странах национальные агентства по безопасности медицинской помощи.

Системный анализ проблемы управления рисками свидетельствует о её комплексности. Причины возникновения ошибок имеют человеческий и системный компонент. Исследования показали, что человеческий фактор играет важную роль в возникновении дефектов, частота ошибок персонала варьирует от 30 до 80%. Показано, что стимулирование персонала к внимательности, осмотрительности не эффективны - человеческие ошибки неотвратимы. Скепсис относительно эффективности данного подхода выражается фразой «...мы не в состоянии изменить сущность людей, но мы в состоянии изменить сущность организаций в которых работают люди». Например, если существуют ошибки в выборе лекарственных препаратов, имеющих сходные упаковки и располагающиеся в одном месте, то с позиции человекоориентированного подхода решение проблемы основано на обучении персонала, выделении ответственных и наказании провинившихся, допустивших подобную ошибку. В противоположность ему системный подход ориентирован на изменение условий - два препарата должны храниться в двух разных местах, иметь различную цветовую маркировку.

Мы считаем, что в любой организации есть системы предотвращения ошибок. Многие дефекты не реализуются только благодаря их действию. В условиях низкой культуры безопасности, плохой организации труда, перенапряжения персонала могут возникать ситуации, когда эти барьеры не эффективны.

Расследование более 30 случаев ненадлежащего оказания медицинской помощи показало, что во всех случаях наблюдались пять общих недостатков: барьеры для проявления инициативы, плохая коммуникация, неэффективные системы и процессы, изоляция. Это позволяет считать низкую безопасность лишь симптомом общей проблемы не эффективной системы управления качеством. Управление рисками должно быть неотъемлемым компонентом системы управления качеством медицинской помощи.

Анализ доступной литературы показал, что определения, используемые для изучения проблем риска причинения вреда пациенту или медицинской организации, имеют различные смыслы.

Безопасность пациентов (patient safety) - предотвращение неблагоприятных исходов или повреждений во время процесса лечения или уменьшение ущерба в случае их наступления (Национальный фонд безопасности пациентов США).

Риск (risk) - это событие или группа случайных событий, наносящих ущерб объекту, обладающему данным риском. Характерной чертой случайного наступления события является невозможность точно определить время и место его возникновения.

Инцидент, происшествие (incident) - неожиданное и непреднамеренное событие, которое привело к причинению вреда пациенту или медицинскому персоналу, включая смерть, инвалидность, повреждение, заболевание и т.д. [1].

Неблагоприятное событие (adverseivent) - вред здоровью пациента, связанный с оказанием медицинской помощи (а не с осложнением уже имеющегося заболевания или травмы при условии адекватного лечения.

Ошибка (error) - дефекты, упущения, ошибки, нарушения, которые привели к инциденту.

Рискованная ситуация или промах (nearmisses) - когда действия или бездействия медицинского персонала могли бы привести к нанесению вреда пациенту, но этого не произошло в результате вовремя предпринятых профилактических мер или просто благодаря счастливой случайности.

С позиции этих определений, перелом бедренной кости пациента в результате падения в медицинском учреждении может быть рассмотрен как инцидент (падение пациента), который привёл к неблагоприятной ситуации (перелом бедренной кости) в силу ошибки (невнимательности персонала). В случае если пациент упал, но без последствий, такой инцидент завершился бы рискованной ситуацией.

Неблагоприятными событиями могут быть нежелательные лекарственные реакции, отравления при назначении некорректной дозы лекарственного вещества; повреждения сосудов, нервных стволов и внутренних органов при хирургических операциях; нарушение жизненно важных функций организма в результате сбоев в работе медицинского оборудования. Неблагоприятные события могут быть вызваны не только непосредственным проведением

медицинских манипуляций и вмешательств, но и быть косвенными следствием бездействия или недостаточного внимания к пациентам: травмы пациентов при падениях в палатах и коридорах больниц; пролежни у лежачих больных; развитие тяжёлых осложнений вследствие своевременно не диагностированной болезни; назначение нерационального лечения.

В своей деятельности врач постоянно сталкивается с риском развития нежелательных реакций лекарственных препаратов; осложнений заболеваний; неблагоприятных исходов. Любой риск имеет две основные характеристики: вероятность и ущерб. Например, риск заражения ОРВИ или ушиба высок, однако среднестатистический ущерб эквивалентен временной утрате трудоспособности. В то же время, риск возникновения анафилактического шока в ответ на введение лекарственного препарата мал, однако ущерб высок, поскольку может закончиться летальным исходом больного.

Как правило, реализация случайного события возможна через последовательность этапов, именуемых сценарием. На каждом из этапов развитие случайного события может остановиться или продолжиться. Зная вероятности развития событий на этапах, можно просчитать вероятность сценария.

Существующие классификации рисков построены на основе различных признаков, но, как правило, основаны на классификации рисков, используемых в бизнесе, и не учитывают медицинской специфики. По отношению к деятельности человека риски могут быть природные и антропогенные. Дефекты медицинской помощи являются частными случаями антропогенных рисков. По отношению к организации риски могут подразделяться на внешние (социально-политические, природные) и внутренние (управленческие; медицинские; экономические и др.).

Одним из основополагающих принципов менеджмента качества является использование процессного подхода. По нашему мнению, оптимально оценивать риски в контексте бизнес-процессов, существующих в медицинском учреждении. Как правило, выделяют две основные группы процессов: основные (лечебные) и вспомогательные.

Риски могут быть связаны с процессом оказания медицинской помощи: диагностические (риски некорректной диагностики, дефекты информационного взаимодействия, и т.д.); лечебные (риски

хирургического лечения, риски фармакотерапии, риски взаимодействия специалистов и преемственности оказания медицинской помощи, риски развития осложнений и нежелательных лекарственных реакций); реабилитационные (дефекты реабилитации); пребывание пациента в стационаре (падение, возникновение нежелательных событий).

Риски вспомогательных процессов могут быть связаны с: финансами (нехватка средств, не предоставление отчётов в срок); снабжением материальными ресурсами (отсутствие необходимых медикаментов, отключение электроэнергии, воды); питанием больных (некачественные продукты питания, задержки, пищевые отравления); уборкой учреждения (некачественная уборка, возникновение внутрибольничных инфекций) и др.

Сущностью риск-менеджмента является построение системы мер внутри организации по противодействию рискам. С позиции западных специалистов, необходимо чётко выделять два подхода к управлению рисками: человекоориентированный и системный (организационный). Человекоориентированный подход фокусируется на индивидуальных ошибках, связанных с забывчивостью, некомпетентностью, невнимательностью или аморальностью. Организационный подход концентрируется на условиях, в которых работают люди, и основан на построении системы защиты, которая предотвращает ошибки или компенсирует их последствия.

Управление риском для организатора здравоохранения следует рассматривать с позиции системы здравоохранения. В этом случае ее можно определить как комплекс систем и методов, направленных на обеспечение безопасности медицинской организации: пациентов, персонала и материальных объектов: оборудования, помещений.

В управлении рисками выделяют различные системы и методы, которые помогают специалисту выявлять инциденты, анализировать причины их появления и противодействовать им. Для сбора первичной информации и мониторинга в организации должна быть система мониторинга и выявления инцидентов. Система анализа инцидентов включает в себя исследование причин и разработку мер противодействия инцидентам. Координирующая система должна обеспечивать эффективную коммуникацию, которая позволяет передавать информацию, накопленный опыт, методы борьбы с

инцидентами и их последствиями между отделениями, органами управления здравоохранения различного уровня.

К системе мониторинга инцидентов относятся:

- регистрация инцидентов (incident reporting);
- регистрация клинических происшествий (occurrence reporting);
- скрининг клинических происшествий (occurrence screening). Методы анализа информации по инцидентам включают: оценку риска (risk assessment); анализ причин (root cause analysis); анализ существенных событий (significant event analysis); дерево решения инцидентов (incident decision tree). Для системы управления рисками используются также индикаторы. От умения корректно и правильно использовать эти методы зависит эффективность построенной системы управления рисками в организации.

Управление рисками мультидисциплинарная задача и включает в себя всех специалистов, которые работают в медицинском учреждении: врачи, медсестры, лаборанты, медицинские инженеры, администраторы и др. Важным источником информации по безопасности медицинской помощи являются пациенты. В частности, они могут оказывать помощь в обеспечении безопасности фармакотерапии, сообщая о тех или иных дефектах. Показано, что пациенты более терпимо относятся к ошибкам, если им приносят извинения быстро, полно, сочувственно в медицинском учреждении.

В различных странах приняты различные подходы к построению организационной структуры системы управления риском. В Шотландии для обеспечения безопасности пациентов функционирует национальное агентство по безопасности пациентов (National Patient Safety Agency, NPSA) и агентство по улучшению качества (NHS Quality Improvement Scotland, NHSQIS). Подобные агентства по безопасности созданы и в других европейских странах. В задачу подобных агентств входит поддержание и совершенствование системы мониторинга инцидентов, распространение опыта обеспечения безопасности пациентов (издание бюллетеней по безопасности), издание и пересмотр методических рекомендаций, проведение семинаров.

В литературе описан пример построения системы управления риском на уровне организации. В частности, в компании Roche (Рош) создан департамент риск-менеджмента, отслеживающий развитие рисков, обновляющий каталог рисков, с которыми сталкивается

компания и ее подразделения. Визуализация риска позволяет правлению компании повысить эффективность принимаемых решений, обеспечить устойчивость работы компании. . В учреждении здравоохранения аналогом подобной структуры может выступать группа безопасности (team). В её задачу входит сбор информации об инцидентах, анализ риска и принятие решения об их устранении.

Основой управления риском является система или набор мероприятий, направленных на анализ всех инцидентов, связанных с безопасностью пациентов. Международные эксперты, работающие в сфере безопасности пациентов, определили, что для выявления и оценки ошибок и неблагоприятных событий в медицине наиболее оптимально применение следующих методов: анонимный сбор информации об инцидентах; ретроспективный анализ медицинской документации; проведение опросов (интервьюирование) медицинского персонала и пациентов; непосредственное наблюдение за процессом оказания медицинской помощи; отчётность сотрудников организаций здравоохранения об ошибках и неблагоприятных событиях; анализ жалоб и судебных исков пациентов; компьютерный мониторинг электронных баз медицинских данных; патологоанатомические исследования; проведение клинико-анатомических конференций.

В силу отсутствия законодательного требования в среднестатистической медицинской организации они не регистрируются, или регистрируются неэффективно, или не используются. Тем не менее в этих скрытых данных имеется полезная информация. Результаты зарубежных авторов показывают, что подобный подход эффективен, поскольку позволяет выявить скрытые риски, которые нигде не регистрируются и не исследуются. Соответственно, первостепенной задачей управления рисками является построение системы мониторинга инцидентов (системы добровольных отчётов по инцидентам).

Система отчётов об инцидентах может быть внедрена на различных уровнях: на национальном, региональном и учрежденческом. Внутри учреждения возможна работа на уровне отделений, специалистов. В США существуют национальные агентства, которые имеют систему мониторинга инцидентов, и локальные команды и агентства, которые имеют свои системы мониторинга инцидентов.

Метод выявления дефектов медицинской помощи и рискованных ситуаций на основе спонтанных сообщений эффективен. Такой подход показал свою эффективность для изменения культуры безопасности в организации, позволил персоналу учиться на своих ошибках, что в конечном итоге привело к повышению безопасности медицинской помощи. Однако он может работать только при достаточной мотивации персонала к сообщению. Метод имеет невысокую стоимость и небольшие затраты времени. Однако результативность систем управления риском на основе подобной отчётности очень низкая. Медицинские работники в 50-96% не информируют о неблагоприятных событиях и ошибках, возникающих в процессе оказания медицинской помощи.

Однако в условиях Российской Федерации любое добровольное сообщение о дефектах приведёт к проверкам, штрафам и предписаниям. Поэтому персонал полностью демотивирован к мониторингу рисков и подаче сообщений о дефектах. Мы полагаем, что необходимо поощрять персонал к подаче информации и анализу инцидентов. В организации должна быть политика, отражающая открытость по поводу инцидентов. Необходимо также поощрять пациентов к участию в подаче информации о деятельности врачей.

В учреждении здравоохранения информация в значительной мере раздроблена, каждый отдел имеет свои типы инцидентов. Источником информации по инцидентам может быть отдел экспертизы, который выявляет случаи дефектов, анализирует жалобы пациента. Инциденты могут быть выявлены при проведении обходов, патологоанатомических вскрытий. Средним медицинским персоналом могут регистрироваться случаи на посту, в учреждении в течение ночного дежурства, в палате, при общении с родственниками. Необходимо стремиться к объединению этих потоков информации и их унификации.

Анализ инцидентов и их исследование включает в себя сбор дополнительной информации, использование различных инструментов анализа (анализ причин, построение матрицы рисков и т.д.). Анализ первичной медицинской документации является доступным источником информации об инцидентах при оказании медицинской помощи. В условиях Российской Федерации анализу могут быть подвергнуты медицинская карта стационарного больного или карты амбулаторного наблюдения. Определяют основу проведения исследования: доля карт, планируемая для проведения

аудита, частота и порядок выемки документации, метод рандомизации для обеспечения репрезентативности выборки.

Для повышения эффективности поиска и повышения вероятности выявления инцидентов могут быть определены критерии, по которым первичная медицинская документация отбирается. Эти критерии связаны с неблагоприятными событиями: длительность госпитализации больше среднестатистической; неблагоприятные исходы при оказании медицинской помощи; длительное пребывание в реанимации; повторное оперативное вмешательство и др. Скрининг не требует участия врачей-экспертов. Как правило, он может быть поручен специалистам, не имеющим медицинского образования.

Отобранные карты стационарного больного направляются врачам-экспертам. Для снижения субъективного фактора может быть реализована перекрёстная проверка. Врачи-эксперты устанавливают и выявляют инциденты, определяют условия их возникновения и возможные причины. По итогам аудита заполняется протокол, который отправляется в отдел или специалисту по безопасности медицинской помощи.

Менеджмент риска на основе анализа первичной медицинской документации на настоящий момент применяется редко. В связи с тем что для выявления нежелательных инцидентов по данным первичной медицинской документации требуется клиническая и административная подготовка специалистов, соответственно этот метод затратен.

Другим недостатком экспертного подхода являются субъективные отклонения. В частности, сопоставление результатов экспертизы, проведённой фармацевтом и специалистами без фармацевтического образования, выявило существенные различия. Эти факторы объясняют низкую частоту использования данного подхода в системе управления рисками.

Исследование и анализ процесса оказания медицинской помощи также является методом анализа и выявления риска. Возможности этого метода могут быть расширены при использовании видеосъёмки. Это позволяет анализировать процесс информации сразу группе экспертов. Метод может использоваться в самых широких областях: анализ деятельности приёмного отделения, лаборатории, уборки помещения и кормления пациентов.

По сравнению с самооценкой своей деятельности метод позволяет выявить в пять раз больше технических дефектов. Однако следует отметить, что широкому использованию в практической деятельности мешают два фактора - высокие требования к экспертам, которые проводят аудит, и высокая стоимость данного метода.

Существенным источником информации об инцидентах являются не только жалобы пациентов, но и судебные иски на медицинское учреждение о возмещении вреда, причиненного здоровью пациентов действиями медицинских работников. Следует отметить, что основным ограничением данного метода является регистрация событий, оказавших вред. При этом не всегда причиной нежелательных лекарственных реакций или событий являются непрофессиональные действия врача. Тем не менее материалы жалоб и судебных исков содержат много дополнительной информации об условиях и причинах возникновения дефектов.

Однако следует учитывать, что судебные иски подаются лишь в 2,5-3,8% случаев неблагоприятных событий. С использованием данного подхода невозможно выявить ошибки, не приведшие к причинению вреда здоровью, что не позволяет оценить частоту встречаемости и распространённости неблагоприятных событий.

Другим источником информации о рисках являются заключения патологоанатомических исследований. Результаты исследования позволяют понять причины установления неправильного или неполного клинического диагноза, назначения нерационального лечения. По результатам данных патологоанатомических исследований, около 25% всех случаев сопровождаются признаками врачебных дефектов. В сравнении с системой добровольных отчётов и экспертизы историй болезни объективность результатов патологоанатомического исследования довольно высока.

Анализ причин (root cause analysis) - метод, с помощью которого можно выявить главные причины инцидентов и рисковых ситуаций. Существуют различные методологии проведения этого метода, но все они нацелены на выявление: «что произошло», «как произошло», «почему произошло»? Анализ причин проводится, как правило, мультидисциплинарными группами специалистов медицинского учреждения. Обычно такая команда методом последовательных вопросов пытается выявить истинную причину инцидента. Эти находки затем ведут к разработке мер профилактики и противодействия. В качестве инструмента оценки факторов,

влияющих на инцидент, можно использовать диаграмму Исикавы. Иногда этот метод называют методом **«5 почему?»** (5 why?). Для поиска причин необходимо не менее пяти раз задать вопрос относительно причин инцидента. Данный метод успешно применяется для оценки причин поздней диагностики онкологических заболеваний у пациентов с травмой спинного мозга. С использованием подобного метода была проведена оценка причин смертельных случаев в стационаре; причин возникновения дефектов фармакотерапии.

Анализ значимых событий (Significant Event Analysis, SEA) используется для минимизации риска и повышения безопасности при оказании первичной медико-санитарной помощи. По методологии он напоминает метод анализа причин. В ряде стран анализ значимых событий входит в обязанность врача общей практики согласно контракту и используется при оценке его деятельности. Значимые события - любые события, которые специалистами или участниками процесса оказания медицинской помощи понимаются как значимые в процессе оказания медицинской помощи или общей практики.

Анализ значимых событий построен на командной работе врачей общей практики и анализе событий по следующим вопросам: Что произошло? Почему оно произошло? Что было изучено на основе этого события? Что было изменено? Подобный подход аналогичен методу анализа значимых инцидентов (Significant Incident Review, SIR) и анализа критических инцидентов (Critical Incident Review).

Одним из методов риск-менеджмента, внедрённых в медицинскую практику, является дерево решения инцидентов (Incident Decision Tree, IDT), которое, в частности, используется Национальным агентством по безопасности пациентов (NPSA) Британии в качестве метода оценки индивидуальной ответственности, системных и управленческих дефектов при возникновении инцидента.

С точки зрения практической реализации в управлении риском выделяют 5 основных этапов:

1) выявление угроз и опасностей;

2) оценка и определение кто и что может быть повреждено и каким образом;

3) оценка риска и принятие решений относительно мер предосторожности;

4) документальное фиксирование и внедрение;

5) пересмотр системы управления риском и обновление.

Поиск угроз и опасностей осуществляется различными способами. Можно провести аудит организации, визуальный осмотр всех участков и рабочих мест. По итогам осмотра составить первичный план угроз. Информацию от персонала и пациентов можно получить с помощью опросов или анкетирования. Часть информации о возможных угрозах может быть получена из клинических руководств, статей, методических рекомендаций. Источником информации могут быть также инструкции к лекарственным препаратам, инструкции к применению изделий медицинского назначения. Другим источником информации об угрозах может служить система информирования о происшествиях. Результаты анализа различных инцидентов, произошедших в учреждении, должны быть в обязательном порядке проанализированы и включены в систему оценки рисков.

Следует учитывать и неявные опасности, которые отсрочены во времени или субъективно не считаются важными. Такими факторами могут быть высокий уровень шума, плохая освещённость, плохая система вентиляции, недостаточная информированность персонала, несовершенная система визуальных указателей. Последствия таких факторов риска отсрочены, что приводит к субъективной недооценке этих опасностей.

В процессе сбора информации необходимо чётко определять два элемента: кто может пострадать и каким образом. Любая угроза направлена в отношении какой-либо группы людей. Эту группу необходимо выделить. Поскольку нежелательные события могут быть различными, необходимо чётко представлять их сценарий, а также тип и величину возможного ущерба. Определяется его источник, сценарий реализации, факторы, воздействующие на риск и другие свойства.

Как правило, для выявления риска используется экспертный подход на основе анализа мнения экспертов или рабочей группы. На этапе оценки определяются два количественных параметра: вероятность и размер возможного ущерба. Отдельными категориями пациентов могут быть пациенты с различным уровнем недееспособности, нарушением координации движений; отсутствием конечности и т.д.

После того как риски, их вероятность и величина вреда определены, приступают к этапу разработки методов минимизации

риска. Выбор метода управления риском основывается на минимизации возможного ущерба. Рассматриваются различные управленческие подходы. Данный этап также основывается на экспертном подходе. По характеру воздействия управленческие методы можно разделить на: снижение (минимизация вероятности и ущерба); сохранение или передача (обеспечение гарантий или страхование).

В медицинской практике снижение риска за счёт минимизации вероятности может осуществляться при: введении дополнительных систем контроля (например, выписку лекарственных препаратов проверяет фармацевт и клинический фармаколог); выявлении триггерных событий (задержка госпитализации, пожилой возраст); использовании менее рискованных технологий (например, малоинвазивные вмешательства), препятствии доступу к потенциально опасным объектам и местам (например, использование ограждений, систем контроля доступа); перестройке процессов внутри организации для обеспечения невозможности реализации сценария риска; использовании средств защиты: маски, очки, специальная обувь; средства обеспечения: аптечки первой помощи, дезсредства для удаления бактерий. Уменьшение ущерба может быть реализовано за счёт систем раннего оповещения, обучения персонала и т.д. Сохранение риска может быть осуществлено за счёт создания дополнительного запаса медикаментов, подключения дополнительной энергосистемы. Передача риска может быть осуществлена на основании страхования ответственности, медицинского оборудования, материальных потерь в страховых медицинских организациях.

Важным элементом управления риском является назначение ответственного за риск из числа управленческого персонала клиники. Кроме того, определяется периодичность пересмотра системы рисков.

Фиксация и внедрение управления рисками - очень важный этап. Все найденные риски необходимо зафиксировать, распространить среди работников учреждения. Результатом подобной работы, как правило, является большое количество замечаний и предложений. Не следует браться сразу за внедрение всех проектов и исполнение всех изменений. Необходимо составить поэтапный план внедрения всех предложенных улучшений.

Пересмотр системы. Любое из учреждений здравоохранения не является стационарной системой. Изменяются требования, внедряются новые технологии, вводится в действие новое оборудование. Соответственно система управления риском должна постоянно пересматриваться и соответствовать организации её структуры, штатам и процессам. Другими словами, система управления рисками должна непрерывно совершенствоваться.

Пересмотр системы должно проводиться как планово, так и при случаях каких-либо изменений в организации. Мы полагаем, что оптимальным является проведение пересмотра системы, внесение в неё необходимых корректив ежеквартально.

Индикаторы - неотъемлемая часть построения системы безопасности. В соответствии с концепцией Донабедиана все индикаторы можно разделить на индикаторы процесса, структуры и результата. Примеры различных индикаторов безопасности приведены в таблице 2.

Таблица 2 Основные группы индикаторов безопасности медицинской помощи

Группы индикаторов /Показатели
ПРОЦЕССА/ Искусственная вентиляция лёгких: осложнение после интубации трахеи. Наркоз: корректное проведение наркоза. Фармакотерапия: назначение лекарственного препарата другому пациенту; ошибочное назначение антикоагулянтных препаратов; ошибочное назначение инсулина. Оказание медицинской помощи: профилактика тромбоэмболии; задержки при выполнении хирургического пособия. Осложнения: внутрибольничная пневмония, катетериндуцированные инфекции; пневмоторакс после медицинских манипуляций. ИСХОДОВ/ смертность в палате интенсивной терапии; больничная смертность; среднее время пребывания в палате интенсивной терапии; частота регоспитализации в течение 72 часов. СТРУКТУРЫ/ Наличие системы подачи отчётов о неблагоприятных событиях;

доступность протоколов; количество медсестёр на одного пациента; доступность реаниматолога в течение 24 часов.

Основным препятствием на пути внедрения системы управления рисками является изменение организационной культуры в учреждении здравоохранения. Требуется совершенно иной подход к учёту и реакции организации на человеческие ошибки [30]. Для решения этой проблемы оптимальной является включение в качестве индикатора количество поданных отчётов об инцидентах для каждого сотрудника.

Управление рисками в системе здравоохранения РФ должно осуществляться на четырёх уровнях: федеральном, региональном, организационном и уровне медицинского работника.

Исследования, начиная с 80-х годов прошлого века, показали огромную роль «культуры безопасности» (safety culture) в предотвращении медицинских ошибок. В зарубежной литературе, кроме термина «культура безопасности», встречается понятие «безопасный климат», они являются синонимами. Однако первый термин является более предпочтительным, поскольку отражает концепцию, которая впервые использовалась для описания неадекватной системы безопасности, ставшей причиной многих катастроф. Культура безопасности - «это результат индивидуального и группового отношения, восприятия, знаний, шаблонов поведения, который определяет приверженность, а также стиль и навыки управления риском в организации» [21]. В рамках концепции культуры безопасности были попытки выделить критерии и измерения этого процесса. Выделяют такие измерения, как климат внутри рабочих групп, удовлетворение работой, управление, условия труда и т.д. Одним из методов повышения безопасности пациентов является создание этических кодексов [1].

Организация центров управления рисками является приоритетным направлением работы в области безопасности пациентов. В частности, опыт создания центра управления рисками в Италии показал свою высокую эффективность.

Для оценки эффективности системы менеджмента рисков используются различные инструменты. Разработана методология, базирующаяся на специализированных справочниках, которые оценивают ключевые элементы системы управления рисками на основе количественной экспертной оценки .

Таким образом, одним из основных целеполагающих моментов для повышения безопасности оказания медицинской помощи является создание системы управления рисками в системе отечественного здравоохранения.

Порядок работы

1. Изучить теоретический материал.
2. По индивидуальному заданию (выдается преподавателям) построить решающие диагностические правила и определить диагностические: риск применения, чувствительнеость, специфичность, эффективность.
3. Создать минипроект внедрения реализации полученного диагностического правила (например, смарт-экспертной диагностической системы)
4. Оформить отчет, включающий, в том числе, краткие ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Для чего оцениваются значения рисков диагностических решающих правил?
2. Как вычисляются количественные меры оценки рисков?
3. Как вычисляются качественные меры оценки рисков?
4. Какие виды рисков рассматриваются в здравоохранении?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ПОСТРОЕНИЕ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА FUZZY LOGIC TOOLBOX

Цель работы. Целью данной практической работы является знакомство с гибридными системами, реализованными в прикладном программном пакете Matlab и приобретение навыков по построению гибридных систем.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Графический интерфейс гибридных (нечетких) нейронных систем вызывается функцией (из режима командной строки) **anfisedit.** Исполнение функции приводит к появлению окна редактора гибридных систем (ANFIS Editor, ANFIS-редактор), вид которого приведен на рис. 1.

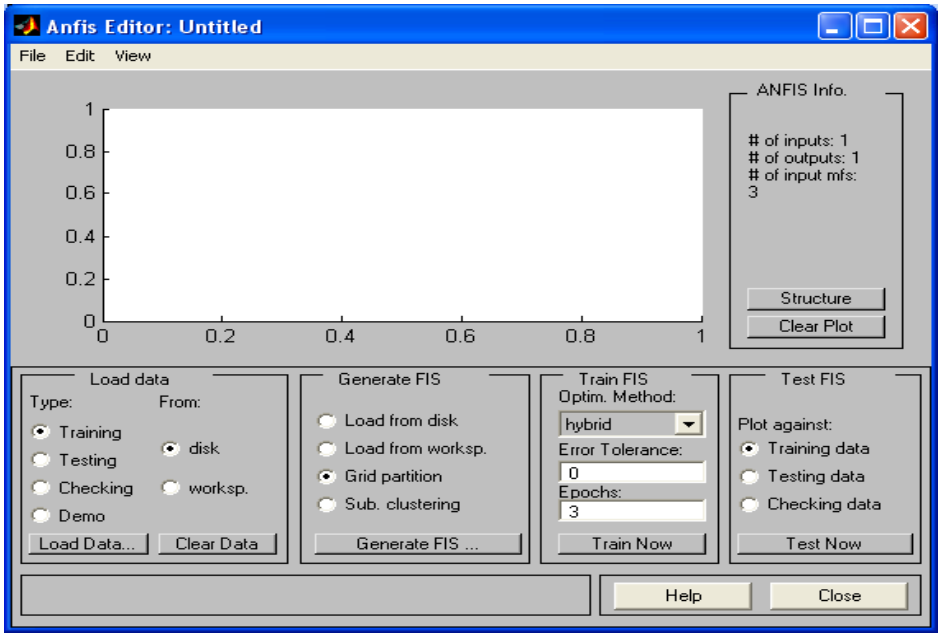


Рис. 1. Окно редактора гибридных систем

С помощью данного редактора осуществляется создание или загрузка структуры гибридной системы, просмотр структуры, настройка ее параметров, проверка качества функционирования такой системы. Создание структуры и настройка параметров и проверка осуществляются по выборкам (наборам данных) — обучающей (Training data), проверочной (Checking data) и тестирующей (Testing data), которые предварительно должны быть представлены в виде текстовых фалов (с расширением .dat и

разделителями-табуляциями), первые колонки которых соответствуют входным переменным, а последняя (левая) — единственной выходной переменной; количество строк в таких файлах равно количеству образцов (примеров).

Так, обучающая выборка, сформированная по табл. 1, представляется в виде

-1 1
-0.6 0.36
0.0 0.00
0.4 0.16
1 1

Строгих рекомендаций по объемам указанных выборок не существует, по-видимому, лучше всего исходить из принципа «чем больше, тем лучше». Обучающая и проверочная выборки непосредственно задействуются в процессе настройки параметров гибридной сети (проверочная — для выяснения ситуации: нет ли так называемого переобучения сети, при котором ошибка для обучающей последовательности стремится к нулю, а для проверочной — возрастает; впрочем, наличие проверочной выборки не является строго необходимым, оно лишь крайне желательно). Тестовая (или тестирующая выборка) применяется для проверки качества функционирования настроенной (обученной) сети.

Поясним пункты меню и опции редактора.

Пункты меню File и View, в общем идентичны аналогичным пунктам FIS-редактора, за тем исключением, что здесь работа может происходить только с алгоритмом нечеткого вывода Sugeno. Пункт меню Edit содержит единственный подпункт — Undo (Отменить выполненное действие).

Набор опций Load data (Загрузить данные) в нижней левой части окна редактора включает в себя:

• тип (Type) загружаемых данных (для обучения — Training, для тестирования — Testing, для проверки — Checking, демонстрационные — Demo);

• место, откуда должны загружаться данные (с диска — diskили из рабочей области MATLAB-workspace).

К данным опциям относятся две кнопки, нажатие на которых приводит к требуемым действиям — Load Data... (Загрузить данные) и Clear Data (очистить, т.е. стереть введенные данные).

Следующая группа опций (в середине нижней части окна ANFIS-редактора) объединена под именем **Generate FIS** (Создание нечеткой системы вывода). Данная группа включает в себя опции:

- загрузку структуры системы с диска (Load from disk);
- загрузку структуры системы из рабочей области MATLAB (Load from worksp.);
- разбиение (деление) областей определения входных переменных (аргументов) на подобласти — независимо для каждого аргумента (Grid partition);
- разбиение всей области определения аргументов (входных переменных) на подобласти — в комплексе для всех аргументов (Subtract clustering или Sub. clustering), а также кнопку Generate FIS, нажатие которой приводит к процессу создания гибридной системы с точностью до ряда параметров.

Следующая группа опций — **Train FIS** (Обучение нечеткой системы вывода) — позволяет определить метод «обучения» (Optim. Method) системы (т.е. метод настройки ее параметров) — гибридный (hybrid) или обратного распространения ошибки (back-ргора), установить уровень текущей суммарной (по всем образцам) ошибки обучения (Error Tolerance), при достижении которого процесс обучения заканчивается и количество циклов обучения (**Epochs**), т.е. количество «прогонов» всех образцов (или примеров) обучающей выборки; процесс обучения, таким образом заканчивается либо при достижении отмеченного уровня ошибки обучения, либо при проведении заданного количество циклов.

Кнопка **Train Now** (Начать обучение) процесс обучения, т.е. процесс настройки параметров гибридной сети.

В правом верхнем углу окна ANFIS-редактора выдается информация (ANFIS Info.) о проектируемой системе: о количестве входов, выходов, функций принадлежности входов; нажатие кнопки Structure (Структура) позволяет увидеть структуру сети. Кнопка Clear (Очистить) позволяет стереть все результаты.

Опции **Test FIS** в правом нижнем углу окна позволяют провести проверку и тестирование созданной и обученной системы с выводом результатов в виде графиков (соответствующие графики для обучающей выборки — Training data, тестирующей выборки — Testing data и проверочной выборки — Checking data. Кнопка Test Now позволяет запустить указанные процессы.

Работу с редактором рассмотрим на примере восстановления зависимости $y = x^2$ по данным табл. 1. Предположим, что эти данные сохранены в файле Proba.dat. Создание и проверку системы, как и раньше, проведем по этапам.

1. В окне ANFIS-редактора выберем тип загружаемых данных Training и нажмем кнопку Load data. В последующем стандартном окне диалога укажем местоположение и имя файла. Его открытие приводит к появлению в графической части окна редактора набора точек, соответствующих введенным данным (рис. 2).

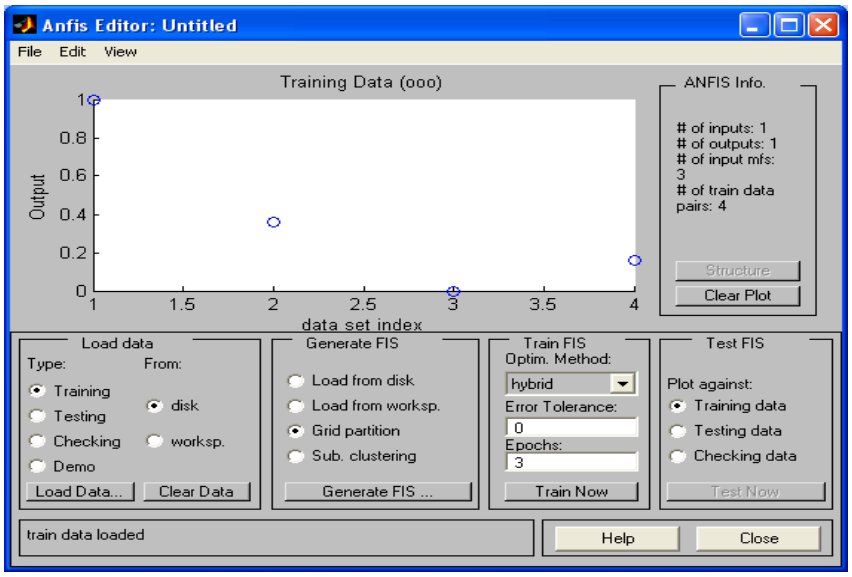


Рис.2 – Окно редактора после загрузки обучающей выборки

2.В группе опций Generate FIS по умолчанию активизирована опция Grid partition. Не будем ее изменять и нажмем кнопкуGenerate FIS, после чего появится диалоговое окно (рис. 3) для задания числа и типов функций принадлежности.

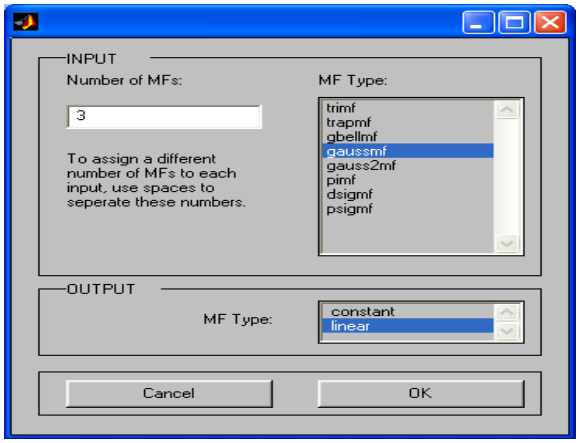


Рис.3 – Окно задания функций принадлежности

Сохраним все установки по умолчанию, согласившись с ними нажатием кнопки ОК. Произойдет возврат в основное окно ANFIS-редактора. Теперь структура гибридной сети создана, и ее графический вид можно просмотреть с помощью кнопки Structure (рис. 4).

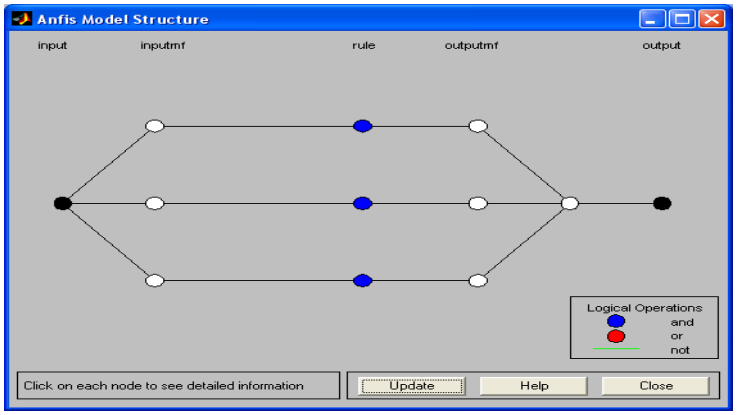


Рис.4 – Структура созданной гибридной сети

3.Перейдем к опциям Train FIS. Не будем менять задаваемые по умолчанию метод настройки параметров (hybrid — гибридный)и уровень ошибки (0), но количество циклов обучения изменим на 40, после чего нажмем кнопку начала процесса обучения (TrainNow). Получившийся результат в виде графика ошибки сети в зависимости от числа проведенных циклов обучения (из которого следует, что фактически обучение закончилось после пятого цикла)представлен на рис. 5.19.

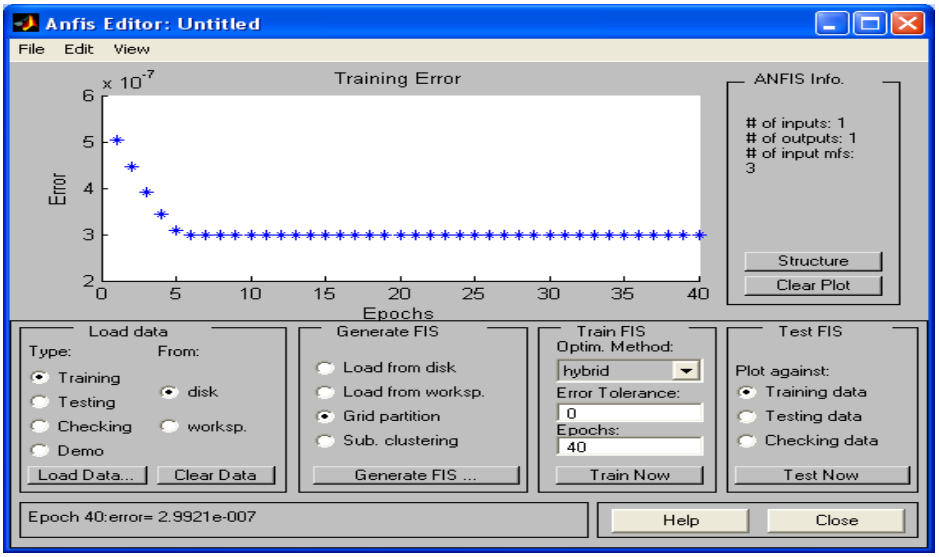


Рис.5 – Функция ошибки обучения сети

4.Теперь нажатием кнопки Test Now можно начать процесс тестирования обученной сети, но, поскольку использовалась только одна — обучающая — выборка, ничего особенно интересного ожидать не приходится. Действительно, выход обученной системы практически совпадает с точками обучающей выборки(рис.6).

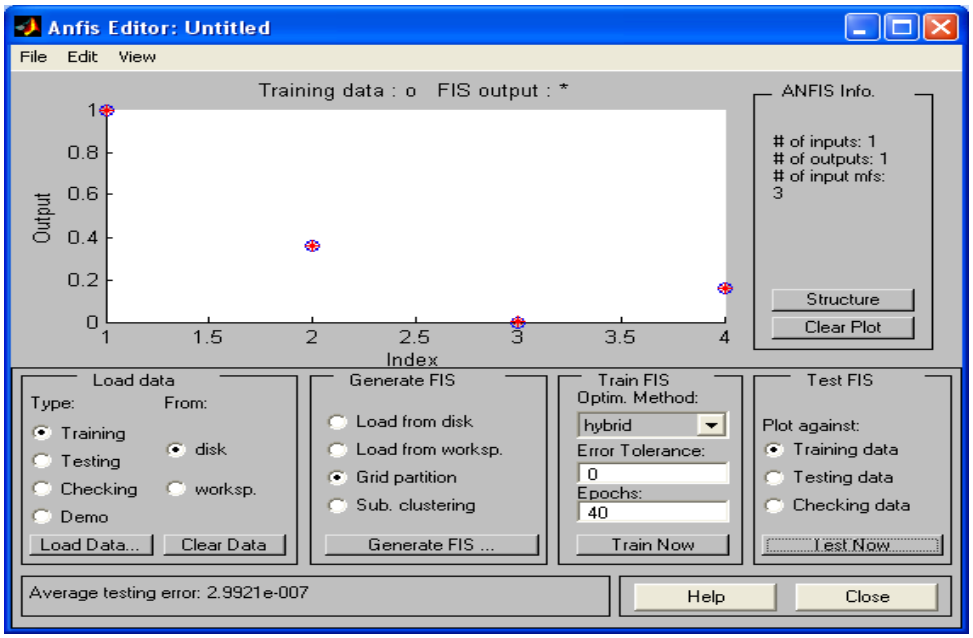


Рис. 6. Результат тестирования обученной системы

5.Сохраним разработанную систему в файл на диске с именем Probal (с расширением .Us) и для исследования разработанной системы средствами FIS-редактора из командной строки MATLABвыполним команду **fuzzy,** а затем через пункты меню File/OpenFIS from disk... откроем созданный файл. С созданной системой можно теперь выполнять все приемы редактирования (изменение имен переменных и т. п.) и исследования, которые были рассмотрены выше. Здесь нетрудно, кстати, убедиться, что качество аппроксимации данных существенно не улучшилось — слишком мало данных.

Что можно сказать про эффективность использования гибридных систем (и ANFIS-редактора)?

В данном случае используется только один алгоритм нечеткого вывода — Sugeno (нулевого или первого порядков), может быть только одна выходная переменная, всем правилам приписывается один и тот же единичный вес. Вообще говоря, возникают значительные проблемы при большом (более 5-6) количестве входных переменных. Это — ограничения и недостатки подхода.

Его несомненные достоинства: практически полная автоматизация процесса создания нечеткой (гибридной) системы, возможность просмотра сформированных правил и придания им содержательной (лингвистической) интерпретации, что позволяет, кстати говоря, рассматривать аппарат гибридных сетей как средство извлечения знаний из баз данных и существенно отличает данные сети от классических нейронных.

Рекомендуемая область применения: построение аппроксиматоров зависимостей по экспериментальным данным, построение систем классификации (в случае бинарной или дискретной выходной переменной), изучение механизма явлений.

Графический интерфейс программы кластеризации

В пакет Fuzzy Logic Toolbox входит еще одна программа, позволяющая работу в режиме графического интерфейса, — программа Clustering (Кластеризация) выявления центров кластеров, т.е. точек в многомерном пространстве данных, около которых группируются (скапливаются) экспериментальные данные. Выявление подобных центров, надо сказать, является значимым этапом при предварительной обработке данных, поскольку позволяет сопоставить с этими центрами функции принадлежности переменных при последующем проектировании системы нечеткого вывода.

Запуск программы Clustering осуществляется командой (функцией) **findcluster.** В появляющемся окне программы имеется (вверху) главное меню, содержащее достаточно стандартный набор пунктов (File, Edit, Window, Help) и набор управляющих кнопок и опций (справа). К этим кнопкам относятся:

- кнопка загрузки фала данных Load Data,
- кнопка выбора алгоритма кластеризации — Method,
- четыре расположенные ниже кнопки опций алгоритма (их названия меняются в зависимости от выбранного алгоритма),
- кнопка начала итеративного процесса нахождения центров кластеров (кластеризации) — Start,
- кнопка сохранения результатов кластеризации (SaveCenter),
- кнопка очистки (стирания) графиков (Clear Plot),
- кнопка справочной информации (Info),
- кнопка завершения работы с программой (Close).

В программе используются два алгоритма выявления центров кластеров: Fuzzy c-means (который можно перевести как «Алгоритм

нечетких центров») и Subtractive clustering («Вычитающая кластеризация»).

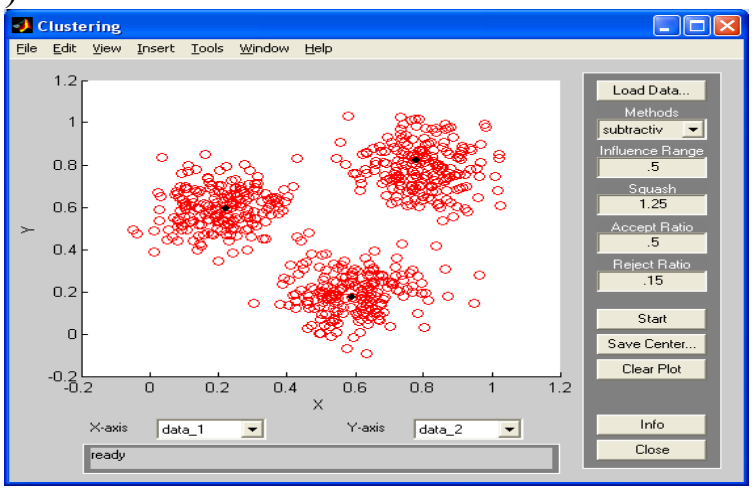


Рис. 7. Результат работы программы Clustering (центры кластеров окрашены в черный цвет)

Если не вдаваться в их детальное теоретическое изложение, а ограничиться выявлением различий на уровне пользователя, то можно отметить, что алгоритм Fuzzy c-means, являясь, пожалуй, более точным (если понятие точности вообще здесь применимо), для своей работы требует задания таких опций, как число кластеров (кнопка Cluster num.) и число итераций (кнопка Max Iteration^). Ну, если число итераций еще можно задать как-то наугад, то ошибка в задании числа кластеров может привести к неприятным последствиям. Алгоритм Subtrac-tive clustering менее точен, но и менее требователен к априорной информации; при работе с ним можно сохранить опции, заданные в программе по умолчанию. На рис. 7 приведен пример использования программы для фала данных clusterdemo.dat из директории Matlab/toolbox/fuzzy/fuzdemos/ при использовании алгоритма Subtractive clustering. Заметим, что выводится только двумерное поле рассеяния, но изменяя переменные в соответствующих полях (X-axis и Y-axis), можно «просмотреть» все многомерное пространство переменных.

Индивидуальные задания

Аппроксимировать при помощи гибридной сети уравнения вида y=f(x) по десяти точкам.

Таблица 1

№	f(x)
1	$\ln(x) - 1/(1+x^2)$
2	$\ln(\ln(x)) - x^2$

3	$x - 1/\sqrt{e^x}$
4	$x^4 - 13x^2 + 36 - (1/x)$
5	$2x^2 - x^4 - 1 - \ln(x)$
6	$x^3 - 3x - 2e^{-x}$
7	$\sin(x^2) - 6x + 1$
8	$\cos(x^2) - 10x$
9	$\ln^2 x - (1/x)$
10	$\ln(1+x)/(1-x) - \cos(x^2)$
11	$x - 1/(x^4 - 13x^2 + 36)$
12	$e^x - 3 - \cos(x)$

Отчёт по лабораторной работе включает в себя:

- титульный лист;
- листы выполнения работы (цель работы, практическая часть, вывод, список литературы).

Практическая часть сопровождается таблицами, графиками с кратким пояснением хода выполнения лабораторной работы. Обязательно приводится описание параметров модели, можно распечатать экранные формы с пояснениями.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое гибридная система?
2. Как осуществляется процесс фузикации?
3. Как осуществляется процесс дефузификации?
4. В чем заключаются преимущества и недостатки применения нечетких множеств по сравнению с четкими?
5. В чем заключается технология построения гибридных сетей в MathLab?

Библиография

1. Осовский С., Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2012.

Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. - М. ДМК Пресс, 2022.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5. ОЦЕНКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Принятие решения — это процесс анализа, прогнозирования и оценки ситуации, выбора и согласования наилучшего альтернативного варианта достижения поставленной цели. Следовательно, процесс принятия решения — это процесс выбора лицом, принимающим решение, наиболее эффективного варианта из множества альтернатив. Данный процесс — это деятельность, осуществляемая по определенной технологии с использованием различных методов и технических средств, направленная на разрешение определенной управленческой ситуации путем формирования, а затем реализации воздействия на объект управления. В организационном аспекте данный процесс представляет собой совокупность закономерно следующих друг за другом в определенной временной и логической последовательности этапов, между которыми существуют сложные прямые и обратные связи. Каждому этапу соответствуют конкретные трудовые действия, направленные на выработку и реализацию решения. Эту повторяющуюся систему действий принято называть технологией процесса выработки и реализации решений.

При применении большинства методов возникают две основные проблемы: как получить оценки по отдельным критериям и как объединить, агрегировать эти оценки в общую оценку полезности альтернативы. В типичном методе принятия решения роли трех участников (или групп участников) – лиц, принимающих решение (ЛПР), экспертов и консультантов- определены следующим образом. Консультанты (иногда вместе с ЛПР) разрабатывают обычно перечень критериев. При этом определяется, как измерять уровень качества по каждому критерию, т. е. как строить шкалу измерений. Чаще всего используют балльные шкалы (от 1 до 10 или от 0 до 1).

После составления перечня вариантов решения следует переходить к оценке каждой альтернативы. Оценка решений включает определение достоинств, недостатков и возможных последствий каждого из них. Для сравнения решений используют методы многокритериальной и экспертной оценки, которые позволяют провести сравнение альтернатив решений по установленным на этапе формулировки критериев и ограничений

критериям. Для определения возможных последствий принятия каждой из альтернатив широко используются методы поискового и нормативного прогнозирования.

При наличии оценок каждой из альтернатив по каждому из критериев возможен переход к получению общей ценности альтернативы. Такой переход осуществляется обычно на основании формулы, агрегирующей (т. е. объединяющей) оценки по отдельным критериям в общую оценку полезности альтернативы. Выбор той или иной формулы чаще всего определяется консультантом. На этом этапе иногда (при большом числе альтернатив и критериев) используется ЭВМ, в которую вводятся общий вид формулы, оценки альтернатив по критериям, а получают на выходе общие оценки альтернатив.

При разработке управленческих решений важно правильно оценить сложившуюся ситуацию и альтернативные варианты решений, чтобы выбрать наиболее эффективное решение, соответствующее целям организации. Организация, лицо, принимающее решение, при принятии решений руководствуются целями, которые они стремятся достигнуть. Каждой цели должен соответствовать критерий, с помощью которого может быть оценена степень достижения цели. Так, например, если цель — обеспечение высокого качества выпускаемого предприятием изделия, то в роли интегрального критерия может выступать качество изделия, а в роли частных критериев — показатели, характеризующие функциональные возможности изделия (экономические, экологические, эргономические, а также показатели надежности, безопасности и др.). Естественно, что, оценив предварительно значения частных критериев для объекта, мыс большей достоверностью можем оценить качество объекта в целом.

Иногда единственный критерий, используемый для оценки объекта экспертизы, называют скалярным, а совокупность критериев, характеризующих объект экспертизы, — векторным критерием. Набор критериев, предназначенный для оценки объекта экспертизы, должен обладать рядом свойств, делающих его использование оправданным.

Полнота критерия: критерии, входящие в набор, должны обеспечивать адекватную оценку объекта экспертизы либо оценку степени достижения цели, стоящей перед ЛПР, если набор критериев предназначен для этого. Иными словами, в наборе критериев должны

быть представлены критерии, характеризующие все основные аспекты оценки. Получив значения оценок эксперта по каждому из критериев, входящих в состав набора, мы должны иметь возможность дать оценку объекту экспертизы.

Действенность (операционность) критерия: критерии должны быть однозначно понимаемы как экспертами, так и лицом, принимающим решение и способствовать выработке и принятию эффективных решений, т.е. характеризовать основные аспекты анализируемой ситуации и быть доступными для получения оценок по ним.

Разложимость критерия. Эксперту либо ЛПР удобнее работать с небольшим числом критериев (по оценке некоторых авторов, критериев должно быть не более 7), поэтому, если анализируемая ситуация такова, что должна оцениваться с помощью слишком большого числа критериев, то целесообразно разбить их на более мелкие группы для удобства одновременной работы с ними.

Неизбыточность критерия: чтобы избежать дублирования при оценке анализируемой ситуации, критерии должны быть неизбыточны. Бывает, что избыточность возникает за счет одновременного рассмотрения как критериев, характеризующих получаемые результаты, так и средств их достижения либо одновременного рассмотрения как входных характеристик системы, так и выходных.

Минимальная размерность критерия: в набор критериев для оценки анализируемой ситуации целесообразно включать лишь те критерии, без которых такая оценка невозможна. Этот принцип также направлен на то, чтобы процедура многокритериального оценивания не была без необходимости слишком громоздкой. Число работ, посвященных методам оценки и сравнения многокритериальных альтернатив, весьма велико — можно встретить обзоры с литературы, включающие до 300 наименований. Однако при применении большинства методов возникают две основные проблемы: как получить оценки по отдельным критериям и как объединить, агрегировать эти оценки в общую оценку полезности альтернативы.

Разные методы принятия решения при многих критериях отличаются способом перехода к единой оценке полезности альтернатив. Можно выделить ряд групп таких методов.

1. *Прямые методы*. В них зависимость общей полезности альтернативы от оценок по отдельным критериям известна заранее.

Чаще всего используется вид зависимости, при котором определяются численные показатели важности критериев (т. е. их удельный вес), умножаемые на оценки по критериям. Этот метод называется методом «взвешенной суммы оценок критериев». Из других прямых методов необходимо назвать метод «дерева решений». Через просмотр всех вариантов выбора определяются альтернативные варианты решения. Для каждого альтернативного варианта подсчитываются вероятности осуществления, которые умножаются на его ценность в деньгах.

2. *Методы компенсации*, при которых оценки одной альтернативы пытаются уравновесить (скомпенсировать) оценками другой альтернативы. Это наиболее простой метод, при котором выписывают достоинства и недостатки каждой из альтернатив. Затем вычеркивают попарно достоинства (или недостатки) и изучают то, что осталось.

3.*Методы порогов несравнимости* задают правила сравнения двух альтернатив, при котором одна альтернатива считается лучше другой (например, оценки первой по большинству критериев лучше). В соответствии с заданным правилом альтернативы делятся (попарно) на сравнимые (одна лучше другой, либо эквивалентные) и несравнимые. Изменяя отношения сравнимости, получаем разное число пар сравниваемых альтернатив.

4.*Аксиоматические методы* определяют ряд свойств, которым должна удовлетворять зависимость общей полезности альтернативы от оценок по отдельным критериям. Эти свойства проверяются путем получения информации от ЛПР. В соответствии с этой информацией делается вывод о той или иной форме зависимости.

5.*Человеко-машинные методы* применяются в том случае, когда модель проблемы известна частично. Человек, используя ЭВМ, определяет желаемые соотношения между критериями.

Этими пятью группами методов охвачено большинство известных на сегодняшний день методов принятия управленческих решений.

Практическая часть

Рассмотрите нижеприведенную ситуацию. На основании имеющейся информации предположите, какие проблемы имели место на предприятии и что послужило причиной недовольства руководителя подразделения.

Ситуация: Руководитель одного из отделов крупного предприятия по производству мороженого постоянно выражал свое недовольство по поводу текущего состояния организации. Устав от постоянной критики, менеджер предложил руководителю отдела разработать рекомендации по развитию организации с помощью методов сценариев.

Через некоторое время руководитель отдела представил менеджеру результаты своей работы, где выдвинул следующие предложения:

расширить ассортимент продукции,
реорганизовать систему поставок,
изменить организационную структуру предприятия,
усвоить новую технологию производства,
усилить контроль со стороны руководства.

Решение: причиной недовольства руководителя подразделения, скорее всего, послужило: снижение реализации товара и как следствие уменьшение прибыли; низкое качество выпускаемой продукции; несвоевременность поставок сырья.

Исходя из вышеперечисленного, можно предположить, что одной из причин изменения организационной структуры является плохой учет на предприятии, это одна из причин усиления контроля со стороны руководства. Бизнес терпит убытки, но этого никто не замечает. Скорее всего, это происходит потому, что предприятие к этому времени имеет много однообразной продукции, использует большое количество ценовых соглашений, а отследить всю информацию бывает очень сложно. Бухгалтерия может это сделать, но с шестимесячным опозданием.

Также можно предположить, что во внутренней среде предприятия имеют место быть: конфликтные ситуации, неисполнение инструкций руководства, отклонение от плановых величин, злоупотребление рабочим временем.

Освоение новых технологий производства позволяет расширить ассортимент продукции, сократить расход материалов, времени изготовления, улучшить качество выпускаемой продукции, сократить издержки предприятия и тд.

Система поставок традиционным способом устарела т.к. интернет нивелирует расстояния, снижает трансакционные издержки и делает возможными мгновенные бизнес коммуникации в интерактивном режиме. В результате традиционные каналы

товародвижения стремительно утрачивают свою конкурентоспособность, поэтому было предложено реорганизовать систему поставок.

Метод “сценариев”- один из методов экспертных оценок, с помощью которого дается картина исследуемого объекта в будущем на основе сложившийся ситуации. При помощи данного метода определяются главные цели развития объекта исследования. Он способствует разработке решения проблемы на основе выявления всех возможных препятствий и обнаружения серьезных недостатков.

Решение задач многокритериальной оптимизации

Что предпринимать, если качество решения (выбор стратегии) оценивается по нескольким критериям сразу? Тогда получаем нетривиальную задачу: выбор наилучшего решения для нескольких целевых функций одновременно. Обычно используют понятие эффективного (оптимального по Парето) решения (точнее, нескольких решений, иногда их даже бесконечно много, что ставит еще одну задачу выбора).

Решение *задачи векторной оптимизации* обычно сводят к решению одной или последовательности однокритериальных задач. Основные методы: свертка критериев, оптимизация главного локального критерия, метод последовательных уступок.

Заинтересованность представителей различных областей научного знания в разработке теории принятия решения, с одной стороны, создает определенные трудности, так как в каждой науке формируются свои специфические подходы к проблеме, используются различные языки, понятийные аппараты и методы исследования. С другой стороны, объединение в рамках общей теории представителей разных наук создает особенно благоприятные условия для плодотворных научных исследований.

Существует ряд общих вопросов, требующих совместных исследований специалистами разных профилей

1. Прежде всего, необходимо определить само понятие “принятие решения”, поскольку специалисты разных профилей вкладывают в этот термин разный смысл. Дело осложняется еще тем, что область явлений, о которых можно говорить как о принятии решения, еще не определена достаточно строго.
2. Очень важно определить те специфические аспекты проблемы принятия решения, которые должны разрабатываться отдельными специальными науками, и взаимоотношения между этими аспектами.

3. Общее и принципиальное значение имеет комплекс вопросов, который относится к механизмам принятия решения в деятельности человека и в биологических системах. Данные, накопленные нейрофизиологией (и биологией в целом), а также психологией и психофизиологией в этом направлении, являются весьма полезными для разработки принципиальных аспектов данной проблемы. Более того, изучение поведения биологических систем и целенаправленной деятельности человека, как нам представляется, должно быть основной линией в разработке проблемы принятия решения. Столь же существенная роль принадлежит исследованиям коллективных решений, процессов и механизмов принятия решений группами людей, объединенных совместимой деятельностью.

4. Важнейший вопрос, имеющий общее значение,— вопрос о том, насколько полно можно формализовать процесс принятия решения и какими языками целесообразно при этом пользоваться.

В связи с прикладными аспектами проблемы принятия решения важное значение приобретает вопрос о взаимодействии человека и информационно-логических машин в процессах принятия решения.

Классификация по моделям. Классификация моделей по целям исследования и характеру исходных данных: детерминированные, стохастические и статистические, которым соответствуют методы критериального анализа и теории игр - стратегические, нестратегические и статистические игры.

Формализация самого процесса принятия решений - достаточно сложная проблема, но она вполне разрешима с помощью математических методов, разработанных к сегодняшнему дню. Однако, остается очевидный, казалось бы, вопрос: какое решение считать правильным?

Когда смоделирован процесс принятия решений остается только выбрать по каким-либо формальным признакам один из вариантов действия. Такое решение должно быть "оптимальным&quit”; для данной ситуации, то есть наиболее благоприятным, наилучшим из возможных. Признаки, на основании которых производится сравнительная оценка возможных решений, образуют так называемые критерии оптимальности. Формально описать эти критерии "правильности решения" - оказывается затруднительно.

Во-первых, объекты, рассматриваемые теорией принятия решений настолько разнообразны, что установить единые принципы оптимальности для всех классов задач не представляется возможным.

Во-вторых, цели участников процесса принятия решений - различны и часто противоположны. В третьих, критерии правильности решения зависят не только от характера задачи, ее цели и т.п., но и от того, насколько беспристрастно они выбраны, в противном случае это будет подгонка под ответ. В четвертых, трудности выбора решения могут скрываться и в самой постановке задачи, если требуется достижение нереальных результатов получение максимальной прибыли при минимальном риске.

В целом, все принимаемые в теории принятия решений принципы оптимальности прямо или косвенно отражают идеи устойчивости, выгодности и справедливости. Понятия устойчивости и выгодности в экономике легко формализуются. В общем виде говорят об условных принципах устойчивости и выгодности: полученное решение устойчиво с той точки зрения, что участникам процесса принятия решений не выгодно от него отклоняться, а выгодно - потому, что все стремятся по возможности увеличить свой выигрыш или уменьшить проигрыш. Такое решение в ТПР называется равновесным, оно обеспечивает всем участникам максимально гарантированный выигрыш. Если реализация принципов выгодности и устойчивости основана на исходных условиях задачи, то принцип справедливости устанавливается извне. Участники процесса принятия решений должны заранее их оговорить. Часто компромиссное решение, основанное на принципах справедливости не совпадает с равновесным.

Заметим, что в договоре между участниками может участвовать еще одно постороннее
лицо: арбитр, который и предлагает компромиссное решение, отвечающее некоторым "принципам справедливости". Арбитр, как всякий судья, должен обладать авторитетом и моральным правом принимать решения, то есть пользоваться безусловным доверием всех участников ППР. В противном случае принятое решение не будет выполняться, так как единственным стимулом к его выполнению является согласие, договоренность сторон

Постановка задачи многокритериального принятия решений. Основные понятия.

При постановке задачи критериального анализа предполагается, что у ЛПР есть несколько вариантов выбора, несколько альтернатив u□U, где U - множество всевозможных альтернатив, включающее не менее

двух элементов. В зависимости от характера задачи множество U может быть как непрерывным, так и дискретным.
Выбор из множества альтернатив происходит на основании заранее заданной системы или функции предпочтений P(p). В критериальном анализе предпочтения p задаются в виде некоторого набора характеристик, которые обозначаются k и называются критериями.
Формирование критериальной системы.
Для формулировки задачи критериального анализа необходимо:
1. Четко сформулировать цель, задачу и требуемый результат
2. Классифицировать характеристики вариантов
3. Беспристрастно выбрать критерии
Требования к критериальной системе:
1. Соответствие критериев цели и задаче.
2. Критичность. Критерий должен быть "чувствительным quot; к изменению варианта выбора.
3. Вычислимость критериев.
4. Полнота и минимальность. С одной стороны, критериальная система должна как можно полнее описывать варианты выбора, но чем векторный критерий меньше, тем проще решается задача. Полнота критериальной системы формально означает, что введение дополнительного частного критерия не изменит вариант выбора, все частные критерии должны быть учтены.
5. Декомпозируемость. Векторный критерий должен допускать упрощение задачи путем перехода к рассмотрению отдельных частных критериев вне зависимости от других. Это требование сводится к вопросу о независимости частных критериев по предпочтению.
Различают три основных типа задач многокритериальных решений:
1. Нахождение оптимального исхода. В качестве исхода в общем случае может рассматриваться социально-экономичекая ситуация. В зависимости от содержания задачи ситуацию можно описать наборами благ, получаемых каждым игроком (выигрышами), или исходом может быть избрание того или иного кандидата, принятие того или иного проекта, договора и т.д.При этом в общем случае надо найти коалиционную структуру и коалиционные стратегии, при которых оптимальный исход реализуется.
2. Нахождение оптимального исхода при фиксированной коалиционной структуре, то есть когда нам заведомо известно, что, например, образование коалиций запрещено, невозможно или

имеющаяся коалиционная структура не должна меняться по каким-либо политическим или экономическим соображениям. В этом случае общей задачей является нахождение правил принятия решений в коалициях (порядок вознаграждения ее членов), при которых данная коалиционная структура не распадется, и, значит, система будет функционировать согласно интересам и возможностям ее участников.

3. *Нахождение устойчивой коалиционной структуры* при заданных правилах принятия решений (конституции, нормативных актах, уставе предприятия и др.) в коалициях. Такие задачи часто встречаются при решении экономических и социальных проблем.

Формализованные модели конфликтов известны с давних пор: это игры в буквальном смысле слова - шахматы, карты, кости и т.п. Эти игры носят характер соревнования, протекающего по известным правилам. Терминология, заимствованная из практики таких игр, применима и для других конфликтных ситуаций, которые рассматривает теория игр. От реальной конфликтной ситуации игра отличается тем, что не включает второстепенные, несущественные для ситуации факторы и ведется по определенным правилам, которые в реальной ситуации могут нарушаться.

Если данную совокупность интересов отстаивает несколько участников игры, то они рассматриваются как один игрок. Игроки, имеющие противоположные по отношению друг к другу интересы, называются противниками. В игре могут сталкиваться интересы двух или более противников. Стратегии - доступные для игроков действия, в общем случае - это набор правил и ограничений. Ситуации - возможные исходы конфликта. Каждая ситуация - результат выбора каждым игроком своей стратегии. Стратегические игры - игры, в которых конфликт отражает интересы активных участников, то есть таких, которые оказывают влияние на выбор стратегий и ситуацию.

Решение задачи оптимизации при проектировании систем

Как говорилось выше, оптимальный синтез - определение таких значений входных данных, параметров и управляющих воздействий, при которых значение критерия оптимизации системы становится экстремальным. В ходе проектирования системы на основе модельного описания рассматриваются: принцип действия, структурный синтез, параметрический синтез.

Задачи оптимального проектирования также подразделяют на: задачи выбора оптимального принципа действия; задачи структурной оптимизации; задачи параметрической оптимизации.

На уровне выбора оптимального принципа действия используются эвристические методы, которые, однако, опираются на знание базовых законов, принятых в современной концепции естествознания, например, законов сохранения или взаимодействия геофизических полей. В целом же ещё не выведены такие методы и критерии, которые бы позволили дать полную и точную картину поведения объекта в реальных условиях на основе ограниченного объема экспериментальных измерений, чтобы выбрать наиболее подходящий принцип действия.

На втором уровне проводится структурный оптимальный синтез системы, то есть поиск ее наилучшей структуры. Задача поиска оптимальной системы сводится к комбинаторной задаче, часто очень большой размерности. В её основе чаще всего лежит представление структуры в виде графов, сравнительный анализ структур на основе ограниченного числа параметров, синтез исследуемых структур.

В качестве примеров простейшего структурного синтеза рассмотрим структурный анализ обслуживания информационной системы с позиции обнаружения в ней уязвимостей с возможностью последующей реализации атаки.

Пример 1.

Используя статистические данные, определяются входные величины:

- интенсивность возникновения уязвимости (число обнаруженных уязвимостей в фиксированный период времени.
- интенсивность устранения уязвимостей, то есть число устраненных одним специалистом. Работа специалиста ИБ здесь понимается как канал обслуживания.

Для структурного синтеза строится модель, определяющая $P(Y)_0$ - вероятность того, что в системе устранены Y уязвимостей. При этом, Y - коэффициент готовности информационной системы к безопасной работе в отношении возникновения уязвимостей одного типа. Очевидно, система должна быть спроектирована так, чтобы значения этой величины при известных допущениях были бы максимальными. В данной упрощенной модели определяется необходимое количество обслуживающих специалистов в зависимости от статистически определенных параметров 2 и д .

Для проведения расчетов используют схему случайного процесса «гибели и размножения» , которая играет важную роль в теории систем массового обслуживания (СМО). В терминах теории

СМО специалисты понимаются как обслуживающие каналы, а обнаруженная уязвимость - как заявка на обслуживание.

Графы состояния случайного процесса выявления и устранения уязвимостей представлены на рисунке 1: состояния - следующие:

- в системе нет уязвимостей;
- в системе выявлена и не устранена 1 уязвимость;
- в системе выявлены 2 неустранённые уязвимости;

Sn - в системе выявлено R неустранённых уязвимостей.

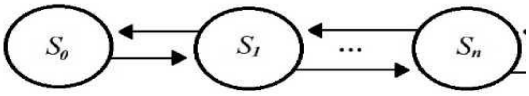


Рисунок 1. Схема «гибели и размножения»

Очевидно, что состав коллектива специалистов зависит от соотношения X/p. Ниже приводится пример расчета вероятностей состояний по формулам, справедливым для процесса гибели и размножения для коллектива из одного (таблица 1.1) и из двух (таблица 1.2.) специалистов.

Таблица 1.1 - Вероятность состояний для одноканальной системы

PRy	P				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
P'y	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
P1y	0,09	0,16	0,21	0,24	0,25
P 1 R >2 y	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25

Таблица 1.2 - Вероятность состояний для двухканальной системы

PRy	p 0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
p^	0,74	0,68	0,60	0,56	0,51	0,47	0,43
0 У PlyУ	0,23	0,27	0,32	0,34	0,36	0,38	0,39
Py	0.03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
p 1 R >3 y	0	0	0	0	0	0	0

Анализ этих таблиц показывает, что при p < 0,2 допустимо проектировать один канал обслуживания. Если же p > 0,2 необходимо использовать двухканальную СМО.

Отметим далее, что статистическая оценка параметра p зависима от многих условий эксплуатации, а также от субъективного мнения

экспертов, поэтому неполнота исходных данных не позволяет произвести однозначный выбор даже на такой простой модели.

Третий уровень оптимального проектирования - параметрическая оптимизация.

Задача параметрической оптимизации состоит в определении наилучших значений параметров системы для выбранной структуры с учетом всех требований. Надо найти экстремальное значение функции, зависящей от параметров системы, с учетом ограничений на параметры. Как раз на этом этапе применяются многообразные алгоритмы оптимизации, разработанные как эвристически, так и в рамках строгой теории.

Законы, описывающие процессы, протекающие в системе (математическая модель), могут быть весьма сложны с математической точки зрения. Множество оптимизации также может иметь сложную структуру, Например, часть параметров может принимать только натуральные значения, как число реакторов или их конструктивных составляющих, или быть дискретным (например, стандартные значения шага резьбы). Зависимости параметров могут быть нелинейными, кусочно-нелинейными. Целевые функции зачастую многоэкстремальны, имеют вид «оврагов» или «плато».

Для решения таких задач используются методы математического программирования. Термин «программирование» исторически употреблялся для обозначения «синтеза системы» или «планирования». Он не имеет отношения к современному программированию, в смысле написания кода.

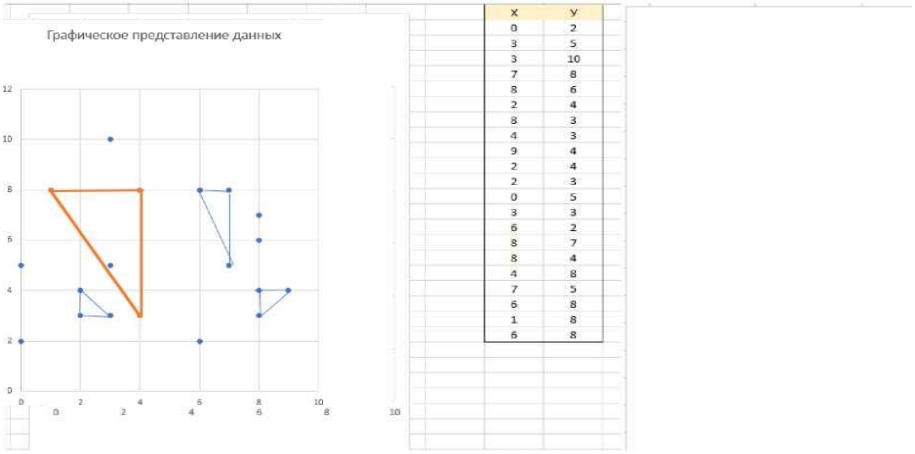
Задачи оптимизации в ходе распознавания объектов

Целью научного исследования объекта, процесса, системы не всегда является проектирование. Существует целый класс обратных задач, в которых не требуется находить структуру и параметры «оптимальной конструкции». Их можно условно обозначить термином «задачи распознавания». Значения параметров объекта, системы, управляющие воздействия на протекающие процессы требуется определить так, чтобы наилучшим способом приблизиться к измеренным результатам работы этого объекта.

Примером служат обратные задачи геологической разведки. В ходе разведывательных работ необходимо определить форму и глубину залегания месторождения по измеренным значениям геологических полей. Математические модели полей представляют собой поверхностные интегралы. Вычисляя этот интеграл для разных

параметров подынтегральной функции или множества интегрирования, можно получить множество расчетных значений поля. После этого необходимо сравнить полученные расчетные значения с измеренными на местности. Тот набор расчетных параметров, для которого рассчитанные значения поля «наиболее близки» к экспериментальным, даст «образ» формы и глубины залегания месторождения. Заметим, что вычисление поверхностного интеграла - это решение так называемой прямой задачи моделирования. Оно трудоемко, и возможны значительные вычислительные погрешности. МО должны использоваться в данной задаче в ходе поиска наиболее подходящих наборов параметров подынтегральной функции или множества интегрирования. Целевой функцией (критерием) служит невязка между расчетным значением интеграла и экспериментальными значениями полей.

Пример 1.2. Рассмотрим модельный, упрощенный вариант задачи распознавания. Пусть на плоскости даны координаты 20 точек (рисунок а). Необходимо выбрать такой треугольник, образованный тремя точками, форма и площадь которого наиболее близка к образцу (рисунок б). Графическое представление и малый объем данных



задачи позволяет решить ее не пользуясь формальными методами. На рисунке а цветом выделен «наиболее похожий» треугольник. Расчет площади тоже не представляет труда: S=(53)/2=7,5. Однако при увеличении объема данных всего лишь в два раза задача уже не выглядит такой элементарной в общем случае необходимо:

- построить все треугольники на этом множестве точек;

- выделить среди них прямоугольные, у которых катеты параллельны осям;
- вычислить их площади;
- методом полного перебора найти набор точек, образующий треугольник, наиболее близкий к образцу.

С увеличением числа точек метод перебора будет все более трудоемким, поэтому потребуются стратегии, которые его ограничивают. Эти стратегии предоставляют МО. На рисунке 1.4 представлено решение задачи распознавания треугольника заданной формы и площади среди множества точек.

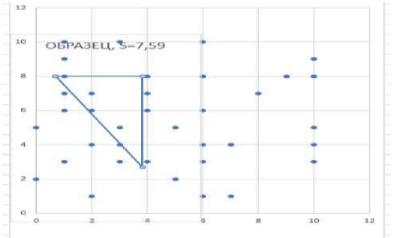


Рисунок 1.4 -Распознавание искомого треугольника увеличении числа точек

Эвристический подход в конструировании оптимальных алгоритмов получил большое распространение в теории глобальной оптимизации. В рамках этой концепции строятся методы, моделирующие физические, биологические процессы. К ним относятся метод *моделирования отжига, генетические алгоритмы, метод роя частиц.*

Широкое распространение получил *метод динамического программирования*, разработанный для решения многостадийных процессов, особенно тех, в которых состояние каждой стадии характеризуется относительно небольшим числом переменных состояния. Очень часто под динамическим программированием понимается именно разделение процесса на этапы, каждый из которых представляет собой отдельную оптимизационную задачу, т.е. метод декомпозиции задачи по времени. Эта декомпозиция зависит от условий протекания процесса и всегда выполняется эвристически. Но оптимизация каждой стадии может выполняться, в том числе, и рациональными методами, например, используя принцип максимума. Критерий оптимальности задается как аддитивная функция критериев оптимальности отдельных стадий. По существу, метод динамического программирования представляет собой алгоритм определения оптимальной стратегии управления на

всех стадиях процесса. Результаты решения обычно представлены в виде таблиц.

Еще одна идея построения эвристических методов состоит в ограничении полного перебора для решения задач дискретной и комбинаторной оптимизации. Наиболее общая реализация этой идеи носит название метода ветвей и границ. Применение метода ветвей и границ включает две процедуры: ветвление и нахождение оценок (границ).

Процедура ветвления состоит в разбиении множества оптимизации на подмножества. На границах полученных подмножеств строятся оценки критерия оптимизации. Если нижняя граница значений критерия на подмножестве больше, чем верхняя граница на какой-либо ранее просмотренном подмножестве, то критерий можно исключить из дальнейшего рассмотрения.

Минимальную из полученных верхних оценок считают очередным приближением к глобальному минимуму. Далее эта процедура рекурсивно применяется к полученным подмножествам. Построенные таким образом подмножества являются узлами дерева поиска или дерева ветвей и границ. Если нижняя граница для узла дерева совпадает с верхней границей, то это значение является минимумом функции и достигается на соответствующей подобласти.

Заметим, что тернарный поиск на множестве - это частый случай метода ветвей и границ. Рассмотрим еще один подход к построению эвристических итерационных правил - стратегии случайного поиска.

Генетические алгоритмы (ГА) — это алгоритмы поиска, основанные на моделировании процесса естественного отбора. Они были разработаны Джоном Холландом и Дэвидом Эдвардом Голдбергом в 70-х годах XX столетия и с тех пор достаточно успешно применяются в практике глобальной оптимизации. В основе ГА лежит процедура скрещивания кодированных элементов множества оптимизации. Таким образом, получается следующее поколение (потомки) элементов. На поколении действует отбор, в роли решающего признака выступает значение критерия ЗО. На следующей итерации скрещиванию подвергаются только элементы с наилучшими значениями признака. На поколении также определена процедура мутации, состоящая в случайном изменения кода случайно выбранных элементов. Заметим, что успех применения ГА, также как успех всех эвристических методов, зависит от удачного выбора

параметров поиска и конструкции процедур кодирования и скрещивания.

Метод роя частиц глобальной оптимизации основан на идее коллективного интеллекта: индивидуумы объединяются в колонии для улучшения условий существования, каждый индивидуум в колонии в среднем имеет больше шансов на выживание, колония может более эффективно производить поиск, обработку и хранение пищи по сравнению с отдельными особями и т. д. Таким образом, любая колония в течение всего времени своего существования решает различные, часто многокритериальные ЗО. В данной модели индивидуумы (частицы) - это элементы множества оптимизации. Пусть число таких элементов - m. Каждая частица занимается поиском наилучшего значения критерия (функции цели или качества) перемещаясь по пространству решений R . Траектория поиска каждой частицы - это последовательность приближений к экстремуму из начального приближения. Частицы движутся с различной скоростью v_t , которая определяет, как изменяются координаты частицы со временем: $x_{i+1} = x_i + Tv_i$, где т - некоторая единица измерения скорости, например, продолжительность шага алгоритма. Ключевая особенность метода роя частиц - это пересчет скорости отдельных частиц: $v_{i+1} = v_i + a\{ P_i(x_i) + в (g — X)$

Здесь первое слагаемое представляет собой инерцию частицы, p_i во втором слагаемом, модель индивидуальной памяти - он равен лучшей точке траектории i -ой частицы за все время ее существования. Говорят, что второе слагаемое реализует принцип простой «ностальгии» - каждая частица «хочет» вернуться в ту точку, где ею было достигнуто лучшее значение критерия. Заметим, что роевой интеллект основан на обмене информацией между частицами, поэтому в формуле присутствует третье слагаемое, где коэффициенты див определяют влияние траекторий других частиц на положение текущей частицы.

Метод *роя частиц* в основе своей реализует широко известный в теории и практике глобальной оптимизации подход мультистарта. В рамках этого похода выбирается некоторое количество начальных приближений, и процесс поиска запускается из каждого приближения. «Обмен информацией другими частицами» реализуется процедурой сравнения текущих приближений на каждом шаге. Таким образом, ЗО (задачи оптимизации), понимаемые как задачи поиска наилучшего значения возникли в ходе развития

приложений науки. Они являются частью методологии системного анализа объектов, процессов систем. Это подтверждают публикации, предметы исследования в которых принадлежат различным прикладным областям науки и техники. Описание методов их решения, математические обоснования этих методов составляют существо теории оптимизации. Развитие алгоритмов и МО стало возможным при использовании вычислительной техники.

Порядок выполнения работы.

1. Изучите теоретический материал.
2. Рассмотрите практические примеры?
3. Сформулируйте вопросы, возникающие в коллективе разработчиков при решении задач многокритериальной оптимизации.
4. Сформулируйте пример задач многокритериальной оптимизации из клинической практики.
5. Оформите отчет о работе, включающей, в том числе ответу не менее чем на четыре контрольных вопроса.

Контрольные вопросы

1. Что такое критерий оптимальности?
2. Некорректная обратная задача
3. Что такое задача оптимального синтеза?
4. Опишите уровни оптимизации
5. Приведите пример структурной оптимизации системы
6. В чём отличие параметрической оптимизации?
7. Компоненты и условия задач оптимизации
8. Что такое локальная оптимизация?
9. Чем глобальная оптимизация отличается от локальной?
10. Что такое нелинейная оптимизация?
11. Что такое непрерывная оптимизация?
12. Условия для выполнения линейной задачи о назначениях
13. Отличие одно- и многокритериальной оптимизации
14. Определение задачи скалярной оптимизации
15. Дайте пояснение оптимизации по Парето
16. Для чего делают замену критериев ограничениями в ЗО?
17. Какие подходы к решению задач многокритериальной оптимизации наиболее разработаны?
18. В чем заключается технология применения теория игр при решении многокритериальных задач оптимизации?
19. Поясните сущность метода роя.

20. Какие задачи многокритериальной оптимизации решаются с помощью генетических алгоритмов?
21. Чем отличаются методы динамического и линейного программирования при решении задач многокритериальной оптимизации?
22. Как формируется группа экспертов для коллективного принятия решений.
23. Как формируется технология тактических действий при решении стратегических задач оптимизации решений?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6 МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ КОЛЛЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ. РОЛИ ЛПР И КОНСУЛЬТАНТА

Нельзя представлять дело так, что консультант, помогающий в выборе наилучшего варианта решений, практически заменяет руководителя, и роль последнего сводится к озвучиванию чужих решений. Наоборот, консультант является не более чем помощником ЛПР. Присутствие консультанта заставляет руководителя уделять больше сил и времени стратегическим аспектам своей политики. Возникающее иногда у консультанта желание повлиять на не очень умелого руководителя является одной из опасных ошибок. Если такое желание будет обнаружено, то репутация консультанта сильно пострадает. Естественно, что в сложной проблеме выбора только руководитель несет ответственность за принятие решений. В связи с этим умный ЛПР хочет, чтобы именно его политика лежала в основе принятия решений.

Роль консультанта состоит в рациональной организации процесса принятия решений: в четком выявлении предпочтений руководителя, в организации сбора и обработки информации от экспертов, в использовании «дружественных» по отношению к пользователю систем поддержки принятия решений. Короче говоря, здесь роли должны быть четко определены.

Конечно, ЛПР часто перегружен и связан многими обязательствами. Однако позиция «подготовьте решение и принесите его мне» чаще всего приводит к печальным последствиям — к утрате контроля над событиями и к возникновению совокупности частных, противоречивых решений, не связанных общей стратегией.

Отметим самое важное. Принятие стратегических решений всегда имеет субъективный, личностный характер и всегда связано с преодолением неопределенности, Иначе говоря, можно оценить последствия принимаемых решений, но точно предугадать будущее невозможно. Необходимо, чтобы интуиция руководителя многократно усиливалась чувством личной ответственности за принятое решение: «За разбитые горшки платить мне!» Личная ответственность должна подкрепляться высоким творческим потенциалом руководителя, большой работоспособностью, его участием в сложном процессе поиска наилучшего решения.

Существует обоснованная точка зрения, что в каждой стране должны быть квалифицированные и независимые консультативные организации. Следует напомнить, что наряду со знаменитой «RAND-Корпорейшн» в США существуют десятки консультативных организаций, специализирующихся на оценке вариантов решений. Государственный аппарат и частные фирмы дают им заказы. Среди значительных и интересных решений задач, описанных в открытой литературе, упомянем организацию переговоров и подготовку договора между Египтом и Израилем в Кэмп-Дэвиде, в которых важную роль играла консультативная фирма Decisions and design.

Коллективные методы принятия управленческих решений коллектив решение управление

Коллективные методы (методы организации коллективной мыследеятельности) являются наиболее эффективными с точки зрения достижения максимальной объективности экспертной оценки, поскольку предполагают использование широкого и представительного круга специалистов. К числу этих методов следует отнести следующие методы:

1. *Метод «мозговой атаки»* характеризуется лавинообразным выдвижением новых идей без их критической оценки до появления оптимального решения. Задача метода: в условиях неопределенной ситуации разработать максимальное количество возможных решений.

Основной принцип метода заключается в спонтанном развитии и переплетении озникающих идей в соответствии с определенными правилами для выявления непознанных до сих пор возможностей решения проблемы. «Мозговой штурм» применяется, прежде всего, там, где

требуется выработка новых концепций, где не применим логический, рутинный подход. Он позволяет избавиться от стереотипов в решении проблем, получить максимум идей за короткий интервал времени. Метод имеет следующие признаки:
– обсуждение проблемы проходит в группе, состоящей из 6-15 участников, если меньше 6 чувствуется недостаток людей и соответственно нехватка идей, в больших группах идеи выдаются быстро и участники не в состоянии переваривать их;
– участники заняты в разных сферах деятельности;
– предпочтительным является иерархическая однородность группы (при участии как сотрудников, так и руководителей возможна скованность и затруднения в обмене идеями);
– проблема должна быть заранее четко поставлена и цель точно определена;
– необходим опытный ведущий;
– все мысли и идеи необходимо протоколировать; проведение совещания и протоколирование могут проводиться одним человеком;
– продолжительность колеблется в пределах 40-60 минут. При решении простых проблем 10-15 минут;
– его результаты как в качественном, так и в количественном аспекте во много раз превосходят результаты обычных совещаний по решению проблем. Во время совещания участники должны придерживаться следующих правил :
– каждый участник должен спонтанно и свободно высказывать все идеи которые, по его мнению, могут помочь в решении проблемы. При этом желательны самые невероятные идеи;
– все высказанные идеи могут быть подхвачены любым из участников, чтобы вызвать возникновение новых идей и ассоциативных цепочек;
– необходимо выработать как можно больше предложений и идей. При этом качество идей не играет никакой роли. Требование спонтанности частично «выключает» фильтр рациональности участников, который обычно разделяет мысли на «правильные» и «неправильные» и вытесняет «неправильные» мысли. Через спонтанность включается подсознание, откуда приходят идеи, на первый взгляд никак не связанные с проблемой, но которые на самом деле могут привести к творческим решениям;
– критика, особенно негативная, запрещена для всех участников. Этот принцип отделяет выработку идей от оценки и должен повысить продуктивность и мотивацию участников.
– запрещается зачитывать подготовленные решения.

В целом можно сказать, что "мозговой штурм" широко используется для решения разного рода промышленных и административных вопросов. При этом нельзя забывать, что ситуации могут быть разного уровня сложности. "Мозговой штурм" уместен для решения относительно простых задач. Решение сложных профессиональных вопросов с помощью этого метода также возможно, но при этом для большей эффективности метода рекомендуется "раздробить" сложную задачу на подзадачи, которые будут решаться последовательно.

2. Метод «Делфи» представляет собой последовательное анкетирование мнений экспертов различных областей науки и техники и формирование массива информации, отражающего индивидуальные оценки экспертов, основанные как на строго логическом анализе, так и на интуитивном опыте. Метод предполагает использование серии анкет, в каждой из которых содержатся информация и мнения, полученные из предыдущей анкеты. Цель метода - вынести объективную и точную оценку существующих альтернатив с целью принятия оптимальных и социально приемлемых решений. С использованием данного метода выявляется преобладающее суждение специалистов по какому-либо вопросу в обстановке, исключающей их прямые дебаты между собой, но позволяющей им вместе с тем периодически взвешивать свои суждения с учетом ответов и доводов коллег.

Алгоритм работы данного метода кратко описывается следующим образом.

1. Формируется группа (как правило, из экспертов), причем эти люди не общаются друг с другом лицом к лицу.

2. Каждый член группы анонимно высказывает соображения относительно проблемы, по которой должно быть принято решение.
3. Затем каждый член группы получает сводный отчет о высказанных предположениях.
4. На основании полученного отчета участникам снова предлагается высказать свои соображения.

Эти циклы повторяются либо в течение установленного срока, либо до тех пор, пока перестанет изменяться сводный отчет, что будет означать, что каждый из членов группы остается при своем мнении. Причина успеха данного метода в анонимности опроса, что снимает некоторые напряженные моменты, сопутствующие очному групповому обсуждению проблемы. Основные критические замечания в его адрес - он требует много времени и средств и не имеет научной базы. Однако это не мешает его успешному применению многими компаниями.

3. Дискуссионное совещание. В ходе дискуссионного совещания рабочая проблема компании обсуждается с разных сторон, своевременно выявляются возможные погрешности и ошибки. Суть этого метода заключается в том, что будущий проект создается в условиях мысленного эксперимента. В ходе обсуждения происходит моделирование ситуации, которая еще не сложилась. В дискуссионном совещании обязаны принимать участие руководители или представители всех подразделений компании. Группы могут состоять как из 7 участников, так и из 30 человек. Продолжительность совещания - приблизительно два часа. Технология проведения дискуссионного совещания такова. Руководитель или организатор дискуссионного совещания на основе наблюдений и оценки способностей участников присваивает каждому свою роль. Так, сотруднику с конструктивным мышлением, поручают роль докладчика, сотруднику с критическим мышлением - роль критика и т.п. Докладчик готовит сообщение по выбранной проблеме на 15 минут. Критик формулирует замечания, выявляет ошибки и противоречия в содержании доклада. Соглашатель находит конструктивные моменты, как в предложениях докладчика, так и в возражениях критика. Аналитик выявляет причины и основания принятия решений. Историк отслеживает динамику обсуждения. Задающий вопросы помогает более подробно развернуть ход дискуссии. Как и в случае "мозгового штурма", на дискуссионном совещании присутствует сотрудник, который фиксирует важные замечания на доске или листах флип-чарта. Дискуссионное совещание обычно проводится для анализа масштабных проблем, когда необходимо просчитать возможные риски. Стоит отметить, что если во время проведения "мозгового штурма" для создания свободной, креативной атмосферы вводится запрет на критику, то в процессе дискуссионного совещания, напротив, стимулируется критика с тем, чтобы выявить риски и уменьшить или полностью устранить их негативные последствия.

4. Метод построения сценариев заключается в следующем: группа излагает мотивированные варианты возможного развития ситуации, которые являются результатом согласования индивидуальных сценариев или сценариев, разработанных применительно доминантным факторам. Данный метод пытается установить логическую последовательность событий, чтобы показать, как, исходя из существующей ситуации, может шаг за шагом развертываться будущее состояние. Метод характеризуется следующими критериями:

– сценарий должен составляться высококвалифицированными специалистами требуемых профилей и разных уровней иерархической административной лестницы;
– ценность сценария тем выше, чем меньше степень неопределенности, т.е. чем больше степень согласованности мнений экспертов в осуществимости события, системы и т.д.;
– сценарий должен быть написан так, чтобы после ознакомления с ним стала ясна генеральная цель проводимой работы в свете политических, идеологических и экономических задач на прогнозируемый период.
– сценарий в готовом виде должен быть подвергнут анализу.

5. Японская кольцевая система принятия решений "кингисё", суть которой в том, что на рассмотрение готовится проект новшества. Он придаётся для обсуждения лицам по списку, составленному руководителем. Каждый должен рассмотреть предлагаемое решение и дать

свои замечания в письменном виде. После этого проводится совещание. Как правило, приглашаются те специалисты, чьё мнение руководителю не совсем ясно. Эксперты выбирают своё решение в соответствии с индивидуальными предпочтениями. И если они не совпадают, то возникает вектор предпочтений, который определяют с помощью одного из следующих принципов:
- Принципа большинства голосов - выбирается то решение, которое имеет наибольшее число сторонников;
- Принципа диктатора - за основу берётся мнение одного лица группы. Этот принцип характерен для военных организаций, а также для принятия решений в чрезвычайных обстоятельствах;
- Принципа Курно - используется в том случае, когда нет коалиций, т.е. когда предлагается число решений, равное числу экспертов. В этом случае необходимо найти такое решение, которое отвечало бы требованию индивидуальной рациональности без ущемления интересов каждого в отдельности;
- Принципа Парето - используется при принятии решений, когда все эксперты образуют единое целое, одну коалицию. В этом случае оптимальным будет такое решение, которое невыгодно менять сразу всем членам группы, поскольку оно объединяет их в достижении общей цели;
- Принцип Эджворта - используется в том случае, если группа состоит из нескольких коалиций, каждой из которых не выгодно изменять своё решение. Зная предпочтения коалиций, можно принять оптимальное решение, не нанося ущерба друг другу.
6. Метод комиссий - предполагает регулярные собрания экспертов для проведения открытых групповых дискуссий по обсуждаемой проблеме и выработке в ходе таких дискуссий согласованного решения.
Преимущества:
- Возможен рост информированности экспертов за счет обсуждения обоснования экспертных оценок;
- Этот метод при умелом использовании способствует созданию творческой обстановки в группе экспертов и разработке альтернатив решения.
Недостатки:
- отсутствие анонимности, что может приводить к довольно сильным проявлениям конформизма со стороны экспертов, присоединяющихся к мнению более компетентных или авторитетных специалистов даже при наличии противоположной собственной точки зрения.
- Дискуссия часто сводится к полемике наиболее авторитетных экспертов.
- Другой существенный негативный фактор -- различная активность экспертов, не всегда связанная с их компетентностью.
- Кроме того, публичность высказываний может приводить к нежеланию некоторых экспертов отказаться от ранее высказанного мнения, даже если оно в процессе дискуссии изменилось.

Подводя итог, важно заметить, что каждый метод хорош в определенной ситуации. Какой конкретно применить, зависит от характера решаемой проблемы, от личностных характеристик участников группы, от времени, отводимого на решение проблемы.
*4. Преимущества и недостатки коллективного принятия решений. Г*оворя о преимуществах коллективного (группового) принятия решений необходимо выделить следующее:
1. Главное преимущество данного подхода состоит в том, что ответственность и власть передаются людям из более низких уровней управления.
2. В группе, особенно в удачно подобранной, ее участникам, выслушивающим разные мнения по поводу задачи, легче сгенерировать свои предложения, поскольку здесь «шире и глубже» обсуждение проблемы, чем индивидуально. Под «удачно подобранной» подразумевается группа, где нет явной вражды между членами и они уважительно относятся друг к другу.

3. Участники группы имеют разный жизненный и профессиональный опыт, разные взгляды. Следовательно, группа может оценить задачу, по которой необходимо принять решение, более адекватно.

Таким образом, в группе большая вероятность появления нового «свежего» решения, а также больше возможных вариантов решения.

4. Если решение принято группой, значит, оно осмыслено и поддержано практически всеми ее участниками и его легче воплотить в жизнь, не будет внутреннего противодействия.

5. В рамках коллективного управления группе предоставляются исчерпывающие полномочия (не только выполнять чужие решения, но и самостоятельно их принимать), вместо частичных, связанных исключительно с исполнительством.

6. Коллективное управление позволяет принять участие в решении проблем, особенно спорных, всем заинтересованным лицам, прежде всего будущим исполнителям, в том числе рядовым, что повышает их заинтересованность в дальнейшей работе, увеличивает эффективность принятого решения, помогает расширять свои знания и повышать квалификацию.

7. Коллективное управление, осуществляемое на основе объединения специалистов различных структурных подразделений, позволяет укреплять внутренние взаимосвязи в организации, улучшить обмен информацией.

К сожалению, у коллективного принятия решений есть свои недостатки. В реальной жизни редко бывают “удачно подобранные” группы. Отсюда возможны напряжение и конфликтные ситуации. Если в группе имеются полярно различные точки зрения, на которых настаивают их приверженцы, то часто трудно вообще прийти к какому-либо решению. Иногда может быть принято не самое удачное решение, но соответствующее интересам доминирующих в группе личностей. Кроме того, групповое принятие решений обычно требует больше времени, чем индивидуальное. Есть проблемы, которые невозможно решать коллективно, например конфиденциальные проблемы - из-за невозможности предоставить группе полную информацию.

Содержание процесса принятия управленческого решения

Управленческое решение – это результат конкретной управленческой деятельности менеджера. Принятие решений является основой управления. Выработка и принятие решений - это творческий процесс в деятельности руководителей любого уровня, включающий:

· выработку и постановку цели;
· изучение проблемы на основе получаемой информации;
· выбор и обоснование критериев эффективности (результативности) и возможных последствий принимаемого решения;
· обсуждение со специалистами различных вариантов решения проблемы (задачи);
· выбор и формулирование оптимального решения;
· принятие решения;
· конкретизацию решения для его исполнителей.

Цели принятия управленческих решений. Внимательное рассмотрение процесса принятия решений с целью его лучшего уяснения приводит к необходимости четкого определения целей и задач. Нередко цели или, во всяком случае, непосредственно связанные с ними факторы являются как количественными (объективными), так и качественными (субъективными). В этих случаях для применения научных методов принятия решений нужны зрелость суждений и дальновидность, а также аналитическое и математическое мастерство[. Следует помнить, что иногда для достижения поставленной цели требуется установить баланс между двумя или большим числом рассматриваемых факторов, причем в определенных ситуациях некоторые из них будут входить в задачу как ограничения, а не как компоненты поставленной цели.

Альтернативы в управленческих решениях. Лица, принимающие решения, часто не осознают важности составления списка альтернатив. Совершенно очевидно, что в конечном

счете может быть выбрана не самая лучшая альтернатива из числа рассматриваемых. В этом смысле качество выбора ограничено качеством альтернатив. Исчерпывающий список имеющихся альтернатив оказывает большую помощь при принятии решений. Принятие решений есть выбор одной из альтернатив, и составление их списка является неотъемлемой частью процесса. В некотором смысле составление списка альтернатив совершенно аналогично определению задачи при анализе. Когда альтернативы неопределенны, список их неполон или даже непродуман, принять решение невозможно. Однако когда альтернативы четко перечислены, задача больше не является неосязаемой. Имеется одна альтернатива, которая почти всегда, во всяком случае в самом начале, присутствует в любом списке. Это альтернатива - не принимать решения вообще. Иногда (и только иногда) оптимальным компромиссом будет отложить принятие решения, чтобы иметь больше времени для накопления новых фактов. Если же цель должна быть достигнута немедленно, то, разумеется, обычно нельзя откладывать принятия решений на неопределенно долгий срок.

Факторы, рассматриваемые при принятии управленческих решений. Под факторами, связанными с ресурсами понимают время, денежные средства и производственные возможности. Под производственными возможностями здесь подразумеваются такие разнообразные вещи, как наличие материалов, деталей, техническое и научное мастерство, организационные возможности и т. д. Для решений характерно, что без специального изучения или исследования информация о существенных сторонах таких факторов может оказаться недостаточно полной. К техническим факторам относятся факторы, которые непосредственно связаны с анализом или выработкой требований к конструкции. Обычно технические факторы являются конкретными и выражаются количественно. Кроме ресурсов и технических факторов, в ходе принятия решений важную роль играют чисто человеческие факторы. Эти факторы выражают не только требования политической или социальной целесообразности осуществления или достижения альтернативы, но и требования человеческой этики и морали. Для принятия правильного решения требуется не только техническая компетентность в оценке ресурсов и технических факторов, но и учет чисто человеческих факторов.

Рациональный порядок принятия управленческих решений. Прежде чем задача принятия решений примет форму, поддающуюся анализу одним из научных методов, необходимо рассмотреть большое число факторов и исключить многие альтернативы. До этого решение можно принять лишь субъективно либо путем угадывания. Важно как можно полнее уяснить обстоятельства, в которых происходит принятие решений. Для этой цели здесь кратко излагается методика преобразования ситуации принятия решений к такому виду, когда становится возможным применение одного из разнообразных научных методов:

1) формулируется цель;
2) составляется возможно более полный список альтернатив. (Здесь необходимы творческий подход и изобретательность);
3) составляется возможно более полный перечень факторов;
4) список рассматриваемых факторов используется для уменьшения числа альтернатив, при этом обращается внимание на причину исключения каждой альтернативы. На, данном этапе можно увидеть, что многие альтернативы нереальны. Другие альтернативы могут оказаться в высшей степени нецелесообразными. Этот процесс может быть крайне субъективным, и в некоторых случаях он строится на догадках. Однако если нужно принять решение, то другого выбора нет. В построении этих субъективных догадок и вынесении суждений о ценности как раз и проявляется искусство лица, принимающего решение. Следует помнить, что одной из альтернатив может быть альтернатива вообще не принимать никакого решения в данный момент, пока один, из факторов (например, время) не исключит эту альтернативу из списка;
5) оставшиеся альтернативы используются для сокращения списка факторов, часть которых теперь уже можно не рассматривать. Другие факторы могут в одинаковой степени относиться ко всем оставшимся альтернативам, и поэтому их тоже не нужно больше

рассматривать. Вопрос о том, сколько времени нужно отводить на анализ альтернатив, в значительной мере является искусством. Кроме того, приходится решать вопрос о том, стоит ли придерживаться однажды принятого решения или необходим его пересмотр. Ответы на эти вопросы в свою очередь связаны с принятием определенных решений, однако в настоящее время они в значительной мере определяются вкусом, склонностями и личными качествами.

Понятие "решение" в научной литературе трактуется по-разному. Оно понимается и как процесс, и как акт выбора, и как результат выбора. Решение как процесс характеризуется тем, что он, протекая во времени, осуществляется в несколько этапов. В связи с этим здесь уместно говорить об этапах подготовки, принятия и реализации решений. Этап принятия решений можно трактовать как акт выбора, осуществляемый индивидуальным или групповым лицом, принимающим решение с помощью определенных правил. Решение как результат выбора представляет собой предписание к действию (план работы, вариант проекта и т.п.). Решение является одним из видов мыслительной деятельности и проявлением воли человека. Его характеризуют следующие признаки:

1) возможность выбора из множества альтернативных вариантов: если нет альтернатив, то нет выбора и, следовательно, нет и решения;
2) наличие цели: бесцельный выбор не рассматривается как решение;
3) необходимость волевого акта руководителя при выборе решения, так как субъект принятия решения формирует его через борьбу мотивов и мнений.

Управленческие решения могут быть обоснованными, принимаемыми на основе экономического анализа и многовариантного расчета, и интуитивными, которые хотя и экономят время, но содержат в себе вероятность ошибок и неопределенность

правленческая команда. Технология коллективной выработки решений

Формальные и неформальные группы

Группа – это два лица или более, которые взаимодействуют друг с другом таким образом, что каждое лицо оказывает влияние на других и одновременно находится под влиянием других лиц. Поэтому каждая организация фактически состоит из нескольких групп, являющихся аналогами подразделений организации. К особенностям таких групп можно отнести четкую структуру, что предполагает, как мы уже знаем, наличие предписанной, т. е. установленной заранее системы отношений между ее членами. Другими словами, система отношений между членами группы является формальной, определяется формальными нормами, правилами и процедурами. Эти группы и называются формальными. Формальные группы отражают структуру сложившихся в организации функциональных подразделений: производственных, финансовых, маркетинговых и др., где для каждого члена группы прописаны его обязанности и права.

Наряду с формальными существуют и неформальные группы. В них права и обязанности членов группы заранее не устанавливаются. Они либо формируются непосредственно при организации группы или в процессе ее работы, либо так и остаются размытыми, неопределенными на протяжении всего этапа ее деятельности. Последнее означает, что отношения между членами группы могут быть вообще не структурированы или же возможны случаи, (что бывает нередко), когда лишь часть взаимоотношений определена достаточно четко. Например в группе назначается, выбирается или выявляется каким-то другим способом человек, который берет на себя (которому поручают) функции организации работы группы. Функции же остальных членов группы могут и не оговариваться.

Неформальные группы образуются в рамках одной организации – по приказу или распоряжению руководства при возникновении проблемы, решение которой требует объединения усилий специалистов нескольких функциональных подразделений. Это так называемые рабочие (целевые) группы. Неформальные группы также возникают в организациях спонтанно как вынужденная реакция на неудовлетворенные индивидуальные потребности. И поэтому их деятельность иногда соответствует целям организации, а зачастую и нет.

Неформальные группы создаются и из представителей разных организаций – для обсуждения и выработки решения по общей проблеме.

Рабочие (целевые) группы могут быть как формальными, так и неформальными. Поскольку в группе между ее членами возникают новые взаимосвязи, она порождает решения, которые не могли быть сформированы ее членами по отдельности. Возникают качественно новые решения. Однако эффективность работы группы, а следовательно, и возникновение или не возникновение синергетического эффекта, во многом зависит от управления ее деятельностью. Задача управления, естественно, должна сводиться к формализации деятельности группы.

При этом сталкиваются две противоположные тенденции:

-без управления, т. е. без формализации работы группы в той или иной степени, качество ее решений существенно снижается;

- без управления, т. е. без формализации работы группы в той или иной степени, качество ее решений существенно снижается.

Излишняя формализация сковывает творческий потенциал членов группы, что также отрицательно сказывается на результатах. Тем не менее общепризнанно, что неформальные группы эффективны и эффект тем значительнее, чем лучше управляется группа. Однако и у групповых решений имеется ряд недостатков, которые нужно всегда иметь в виду при организации групповой работы, чтобы они не перевесили упомянутые выше достоинства:

- в группах при выработке решений часто проявляется конформизм, т. е. слепое следование мнению большинства;

- ответственность при выработке групповых решений размыта, распылена. Персональная ответственность заменяется коллективной, и тогда зачастую не ясно, кто же за что отвечает. Здесь надо признать: да, персонально за коллективное решение не отвечает никто. «К стенке» за плохое решение придется ставить всех или никого. Помимо головной боли по поводу «с кого спросить», у руководителя, объявляющего группе задачу, возникает проблема оценки рискованности предлагаемого решения. Это связано с тем, что групповые решения, как правило, более рискованные по сравнению с теми, которые принимались бы каждым членом группы в отдельности;

- большинство российских управленцев привыкло функционировать в вертикальных структурах управления, где межличностные отношения строятся по принципу «начальник – подчиненный». Где начальник априори считается умнее, компетентнее подчиненного. Поэтому в неформальных группах нередко возникает борьба за власть, за лидерство – в ущерб решению поставленной задачи. И вместо консолидированной группы получают несколько коалиций, которые сводят на нет весь эффект групповой деятельности и оставляют в наследство после групповой работы конфликтную ситуацию;

- иногда за групповое решение выдается решение, принятое, по существу, лидером или меньшинством группы (активным меньшинством). В этом случае группа становится своего рода ширмой для «протаскивания» индивидуальных решений, удовлетворяющих амбициям лидера. Причем эти решения нередко уступают большинству индивидуальных решений членов группы.

Можно выделить три задачи групповой деятельности. Это прежде всего выработка и принятие коллективных решений, о чем, собственно, и шла речь выше. Вторая задача – формирование группового мнения. От первой ее отличает отсутствие объекта управления. В первой задаче предполагается, что выработанное решение будут реализовывать исполнители. Значит, необходим анализ их возможностей выполнить требуемое, анализ их интересов, чтобы можно было повлиять на эти интересы, если они не направлены на достижение поставленной цели. Требуется также предусмотреть, как будет контролироваться процесс реализации решения и как будут оцениваться последствия принятого решения. При формировании группового мнения процедура выработки решения заканчивается раньше и рассмотренные выше этапы не проводятся.

Третья задача – проведение коллективной экспертизы. Коллективная экспертиза тоже ставит целью получение коллективного мнения. Но в отличие от второй задачи технология коллективной экспертизы строго формализована и для проверки согласованности мнений экспертов используется соответствующий математический аппарат. Методика организации и проведения коллективной экспертизы закреплена в ГОСТ 23554.0–79, 1–79, 2–81.

При управлении группой выделяются два аспекта:

- содержательный, отражающий технологию анализа социально-экономических проблем и формирования решения;
- организационный, отражающий технологию организации работы группы.

Владение членами группы системным анализом еще не означает, что группа сможет выработать качественное коллективное решение. Разве всем нам не известны случаи, когда так называемые пятиминутки и оперативные совещания длятся часами? А ведь их проводят и в них принимают участие совсем не слабые профессионалы! Но ни один из знакомых мне директоров предприятий не согласился, чтобы я записал его производственное совещание на видеопленку. «Знаешь, – сказал мне один из них, – менеджмент менеджментом, а совещание совещанием. Тут не до науки. Тут от одной практики волосы дыбом встают».

Технология системного анализа при коллективной выработке решений

Итак, что же нужно делать группе, чтобы выработать коллективное решение какой-либо социально-экономической проблемы?

1. *Определить (сформулировать) цель.* Широко известно выражение: «Если цель не определена, к ней ведут любые дороги». И, казалось бы, нет необходимости убеждать кого-либо в важности формулирования цели. Здесь нет никакой проблемы, считают многие. Однако же проблема есть и не одна.

Во-первых, нужно убедиться, что все члены группы понимают цель одинаково. Разное понимание цели означает, что члены группы фактически готовы решать разные задачи. Еще более усилим эту мысль. Члены группы должны не только одинаково понимать стоящую перед ними цель, но и признать ее своей, т. е. быть готовыми работать над ее достижением. Иногда приходится слышать мнение, что не имеет смысла добиваться единого понимания цели. Это, мол, сковывает инициативу членов группы по выработке вариантов решения. Надо понять, что рассмотрение различных альтернатив при неопределенной цели представляет пустую трату времени и ни на шаг не приближает решение проблемы.

Во-вторых, путают наименование цели и ее содержание. Бывает, что цель кажется настолько очевидной, что считают бессмысленным ее дополнительно анализировать. Вспомним примеры, приведенные в предыдущей главе. Очевидность наименования цели в большинстве случаев и скрывает разное понимание ее существа, ее смысла. Поэтому требования однозначности и измеримости цели, сформулированные выше, актуальны и для групповой работы.

В-третьих, руководитель организации, формируя группу, зачастую определяет ей одну цель, а группе после анализа ситуации (о чем см. ниже) приходится формулировать совершенно другую. Причем речь может идти не о расширении или сужении первоначально поставленной цели, а о полном ее изменении. Этот феномен широко известен специалистам по управленческому консультированию.

2. *Описать проблемную ситуацию в целом.* Если цель групповой работы сформулирована до описания проблемной ситуации, то задача этого этапа состоит в обобщенной оценке основных характеристик и параметров внешней и внутренней среды. Задавая проблемную ситуацию, мы по сути очерчиваем те ограничения, в рамках которых придется решать поставленную задачу. Групповая работа не обязательно должна начинаться с формулирования цели. Возможны ситуации, когда прежде целесообразно разобраться с проблемной ситуацией. Это поможет более корректно поставить цель. И, естественно, как и в предыдущем пункте, следует добиться, чтобы все члены группы понимали и оценивали ситуацию одинаково. Игнорирование этой рекомендации приводит к тому, что одна часть группы, например, будет искать решение для форс-мажорных, т. е. исключительных,

обстоятельств, а другая часть посчитает сложившиеся условия достаточно стандартными и, во всяком случае, не требующими экстраординарных, т. е. сверхусилий. Хотя я очень уважаю читателя, пояснить некоторые, пусть и часто встречающиеся, термины меня заставила старая история. В одном военном училище на заседании приемной комиссии один из начальников заявляет: «К абитуриентам нужно подходить дифференцированно». – «Правильно, – добавляет начальник учебного отдела, – ко всем одинаково». Так вот, к оценке ситуации члены группы и должны подойти «дифференцированно» именно в последнем смысле, т. е. все одинаково.

Описание проблемной ситуации, по сути, означает задание модели, в рамках которой отыскивается решение, в том числе и формирование ограничений, за пределами которых выработанное решение не имеет смысла. Однако, как правило, не все ограничения устанавливаются на этом этапе, и к ним мы ещё вернёмся. Зачастую анализ ситуации занимает значительное время. Но не добившись ее единого понимания, группа обрекает себя на мучительные дискуссии по поводу вариантов решения, когда каждый, руководствуясь своим видением проблемы, отстаивает свою точку зрения. Как здесь не вспомнить Гете, который писал: «Между крайними точками зрения находится не истина, а проблема».

3. Описать внешнюю и внутреннюю среду. Этот этап технологии является развитием предыдущего. На нем важно выявить, какие характеристики и параметры среды в наибольшей степени могут повлиять на выработку решения.

4. Описать управляющую систему. Применительно к групповой работе описать управляющую систему означает, что целесообразно выявить, представляет ли собранная группа единую, скоординированную команду. Признает ли она поставленную (или выработанную) цель своей. Или членам группы предстоит непростой этап уяснения и согласования цели, о чем шла речь выше. Нужно определить, каковы интересы людей, входящих в группу. Направлены ли они на достижение цели. Можно ли, а если можно, то как повлиять на эти интересы. Насколько профессионально-должностной, квалификационный и морально-психологический уровень лиц, вырабатывающих решение, соответствует уровню этого решения. Получив ответы на поставленные вопросы, группа принимает решение о возможности и целесообразности дальнейшей работы в этом составе. Однако дать такую рекомендацию куда легче, чем ее осуществить. Так же как родителей не выбирают, и состав группы часто бывает предопределен. Работать приходится с теми, кто есть, что, конечно же, приводит к дополнительным трудностям. (Умные люди, правда, замечают, что как раз к выбору родителей нужно подходить особенно внимательно).

5. Описать объект управления. Определить, какие характеристики и параметры объекта управления в наибольшей степени могут повлиять на выработку и реализацию решения. Определить, кто эти люди, которые будут реализовывать решение. Насколько профессионально-должностной, квалификационный и морально-психологический уровень исполнителей соответствует уровню решения. Каковы их интересы. Направлены ли они на достижение цели. Можно ли и как повлиять на эти интересы. Давным-давно, когда цифровые вычислительные машины (ЦВМ) в Советском Союзе только начинали использоваться в системах управления летательных аппаратов, в Ракетных войсках сложилась тревожная ситуация. Значительная часть бортовых ЦВМ оказалась неисправной. Анализ показал, что причина в недостаточной надежности элементной базы. Было принято решение повысить надежность элементов. Его оригинальность состояла в том, каким путем предлагалось повысить эту надежность. Предполагалось перейти к выпуску особой серии высоконадежных элементов. Особая серия формировалась за счет того, что выделялась специальная группа рабочих, которым поручалось изготовление указанной серии. При этом оплату их труда увеличили в три раза. Рабочий снимался с производства особой серии, если надежность изготовленных им элементов не удовлетворяла требованиям. И все! Ни технология не изменялась, ни испытательная аппаратура, ни качество сырья. Результат оказался впечатляющим – и его добились только за счет воздействия на интересы исполнителей.

6. Определить, какая информация необходима для выработки решения. Какая информация имеется. Достаточна ли она. Достоверна ли она. Можно ли получить дополнительную информацию. Каковы затраты на получение дополнительной информации. Стоит ли ее получать. Стандартным заблуждением при групповой работе является уверенность каждого члена группы, что информация, которой владеет он, имеется и у других членов группы. Поэтому и нет необходимости ее выставлять на всеобщее рассмотрение. В итоге в групповом решении часто не учитываются весьма важные сведения, которыми располагает кто-то из участников групповой деятельности. Полезно помнить, что информация, имеющаяся у одного из членов группы, еще не является информацией всей группы. Второй важный момент связан с проблемой сохранения и учета имеющейся в группе информации. Нередко многие факты, суждения и оценки, высказываемые участниками в дискуссии, не фиксируются, не систематизируются. Не оценивается надежность, достоверность информации. Не устанавливаются ее источники. Ощущение достоверности создает и манера предъявления информации. Так сведения, сообщаемые группе наиболее активными ее членами с большой убежденностью, страстью и напором, часто просто принимаются на веру, без какого-либо анализа. Особенно внимательно надо относиться к высказываниям, отрицающим наличие каких-либо проблем в тех или иных областях деятельности. Работали мы с крупной фирмой по производству осветительной аппаратуры для автотракторной техники. «Что касается конкурентов, – говорит один из ее руководителей, – так у нас их фактически нет». Не проходит и нескольких дней, как пришло известие, что чешская фирма, которые «нам не конкурент» перехватила у нашей фирмы крупный автовазовский заказ.

Когда группа готовит решение для руководства, очень важно указывать, на основе каких именно источников информации оно вырабатывалось. Источники информации во многом определяют качество решения. Одно дело, когда при формировании маркетинговой стратегии руководствовались анализом конкурентов на основе изучения их прайс-листов. Другое, если анализ конкурентов путем опросов потребителей проводила по нашему заказу специализированная фирма. И третье, если при анализе используется имеющаяся на фирме и постоянно пополняющаяся база данных, которая содержит несколько десятков параметров, характеризующих конкурентов. Вспомним незабвенного Маккея, не ко всем рекомендациям которого стоит прислушиваться, но его анкета для изучения конкурентов, содержащая 66 вопросов, достойна всяческого уважения. Корректно оформленное решение должно сопровождаться фразой: «Настоящее решение подготовлено на основе анализа следующей информации…» Или: «При выработке решения была принята во внимание следующая информация…» К тому же присутствие подобной записи не дает руководству лишнего повода проявить свое недовольство качеством подготовленного решения из-за того, что «а по моим данным…»

7. Определить, какие ресурсы необходимы для реализации решения. Какие ресурсы имеются. Достаточно ли их. Можно ли получить дополнительные ресурсы. Каковы затраты на получение дополнительных ресурсов. Стоит ли их получать. Тщательный анализ потребных и располагаемых ресурсов всегда отличает хорошее решение от плохого. К сожалению, в условиях современной России не от хорошей жизни часто приходится ставить телегу впереди лошади. Т. е. не под решение формировать ресурсы, а придумывать, какое бы принять решение, чтобы использовать уже имеющиеся, но не востребованные ресурсы. И хотя такая постановка задачи, безусловно, имеет право на существование, она часто сводится к поиску ответа на вопрос: «Что бы такое съесть, чтобы похудеть?» В качестве примера достаточно сослаться на программы конверсии многих отечественных оборонных предприятий, приведшие к разбазариванию материальных и интеллектуальных ресурсов. Мы не говорим здесь о таких случаях, когда сама проблема формулируется как проблема эффективного использования ресурсов, по которой и необходимо выработать решение. Здесь речь идет о тех ресурсах, которые необходимы для реализации принимаемого решения.

8. Установить (выбрать) критерии и систему предпочтения. О критериях и предпочтениях достаточно много говорилось выше. В этом параграфе мы хотели бы подчеркнуть, что

критерии достижения цели, с помощью которых предполагается сравнивать между собой варианты решения, рекомендуется сформировать до того, как будут разработаны варианты решения. Иначе группа обрекает себя на борьбу с двумя негативными тенденциями: подбором критериев под уже разработанные варианты решения и выдвижением критериев в угоду личным амбициям неформальных лидеров группы.

9. Определить ограничения, которым должны удовлетворять будущие варианты решения. Вопрос об анализе ограничений целесообразно ставить отдельно, а не рассматривать его вместе с анализом вариантов решения, как это часто делается. Рекомендуемая технология, выделяя отдельным блоком ограничения, позволяет более четко очертить рамки, в которых придется отыскивать варианты решения. Читатель, вероятно, обратил внимание на то, что формирование ограничений предусматривается на двух этапах: при описании проблемной ситуации и после или же одновременно с выбором критериев. Дело в том, что на первом этапе чаще всего не удаётся ввести все ограничения, поскольку часть из них бывает связана с составом и формулировкой критериев.

10. Сформировать концепцию (общий замысел, общую «идею», общие принципы) решения. По сути, в этом пункте нужно выделить общие критерии, ограничения и принципы, на которых будет базироваться решение. Сформированная концепция особенно помогает в сложных задачах, когда приходится несколько раз возвращаться назад, чтобы заново искать пути выхода из тупика или, отвергая не удовлетворяющее группу решение, пытаться найти более приемлемое. А как далеко возвращаться назад, как раз и определяется тем, выработана или нет концепция решения. Если ее нет, то почти к началу работы. Если есть, то к ней. Конечно, иногда встает вопрос о пересмотре концепции. Но в любом случае экономия сил и времени несомненна. Концепция в зависимости от анализируемой проблемы детализируется в большей или меньшей степени. Умение концептуально мыслить высоко ценится – и не только в менеджменте. Рождение концепции – процесс трудоемкий и требует весьма высокого интеллектуального уровня от ее создателей.

11. На основе выработанной концепции сформировать несколько вариантов решения. Многим из нас хорошо знакома процедура выработки коллективных решений во время производственных совещаний. Директор, обрисовав проблему, спрашивает: «Ну, какие есть предложения?» – «Иван Иванович, а что если…?» – «Не годится» – отвечает директор. – «А если так…?» – «Так? Это вообще ни в какие ворота не лезет. Еще есть предложения? – вопрошает директор. – Больше предложений нет. Тогда слушайте сюда. Действовать будем следующим образом…». Что характерно для описанной процедуры? В ней последовательно выдвигаются варианты решения и они сразу же оцениваются. Практика показывает, что при таком способе выработки решения количество вариантов, как правило, ограничивается двумя-тремя. Процедура не мобилизует интеллект собравшихся на поиск нестандартных, неожиданных вариантов, среди которых как раз и может оказаться наилучший для данной задачи. Американцы даже используют выражение «изобретать варианты». А известные специалисты по переговорам Р. Фишер и У. Юри прямо заявляют: «Важнейшее качество переговорщика – умение изобретать варианты» . К тому же в рассмотренном примере инициатива присутствующих на совещании сковывается тем, что варианты оцениваются директором. Кому улыбается перспектива услышать из уст директора, что ты предлагаешь не очень умные вещи? Если проанализировать последнее обстоятельство, мы придем к еще одному важному выводу. И выдвижение вариантов решения, и их оценивание не должны иметь личностной окраски. Эти процессы должны быть обезличены. В предлагаемой вашему вниманию технологии предваряя формирование критериев поиску вариантов решения, мы добиваемся того, что лидеры группы и другие активные ее члены не смогут выдвигать критерии, позволяющие выбрать наиболее приглянувшийся им вариант (вариантов-то пока еще нет). Теперь, когда настала очередь «изобретать варианты» (спасибо американцам за термин), полезно воспользоваться следующим советом: сначала выработать несколько вариантов решения и только потом их оценивать, определяя лучший. Т. е. общий принцип может быть сформулирован так: необходимо отделить по времени выработку вариантов

решения от их оценки. Обезличенности процессов выдвижения и оценивания вариантов решения помогает использование таких форм обращения к членам группы, как «Давайте подумаем, какие тут в принципе могут быть варианты», «Что еще мы можем придумать?» И лучше обходиться без привычного «Я предлагаю». Когда я что-то предлагаю, то как всякий нормальный человек просто обязан защищать свое предложение, отстаивать его. Я буду искать только те аргументы, которые говорят в его пользу, и буду игнорировать все остальные. Такова уж человеческая природа. И тут уж ничего не поделаешь. Поэтому процедура должна не бороться с людьми, а создавать условия, при которых не возникает необходимости «стоять насмерть» за какой-либо из вариантов.

12. Воспользовавшись принятыми критериями, найти среди сформированных вариантов решения лучший. Если такой вариант найден, то задача решена.

13. Если такой вариант не найден, то решить, что делать дальше. Как поступить в этом случае? Способы действия могут быть самыми различными. Их выбор зависит от конкретных обстоятельств, существа проблемы и воли руководства. Например может быть распущена группа и сформирована новая. Или группа попробует пересмотреть список критериев, изменить концепцию решения, расширить список вариантов. Наконец, если группа пришла к выводу, что есть несколько примерно равноценных вариантов, но разные члены группы тем не менее отдают предпочтение разным вариантам, то можно рекомендовать воспользоваться так называемыми справедливыми процедурами.

К числу таких справедливых процедур относятся:

жребий. Способ принятия того или иного варианта решения с помощью жребия широко известен и, наверно, не нуждается в дополнительных комментариях;

- аукцион. Смысл аукциона при выборе варианта решения заключается в том, что член (члены) группы, заинтересованный в принятии конкретного варианта, покупает согласие группы, расплачиваясь с остальными каким-либо способом. При этом другой член группы имеет право перекупить другой вариант, но за более высокую плату. Важно, чтобы процедура аукциона, его правила и способ оплаты купленного варианта были оговорены до начала аукциона. К ним, особенно в сложных задачах, нужно относиться предельно внимательно. Об этом свидетельствует, в частности, опыт проведения аукциона по продаже недвижимости в Нижнем Новгороде. Там объект недвижимости, рыночная цена которого составляла, скажем, 20 миллиардов, продавался фактически по балансовой стоимости, которая была на три порядка ниже. Скандал был настолько велик, что разбираться приехали члены правительства во главе с тогдашним премьером Е. Гайдаром. Что же выяснилось? Обычно при проведении аукциона принимаются два правила. Согласно первому, если лицо, заключившее сделку, отказывается от нее, то сделка считается заключенной с лицом, назвавшим предыдущую цену. Второе правило гласит, что лицо, отказавшееся от заключенной сделки, платит штраф в размере 50% от суммы сделки. Разумные правила, не правда ли? Так вот. На аукционе в Нижнем его устроители «забыли» включить в правила проведения аукциона второе правило. Остальное было, как говорится, делом техники. Создается команда. Один ее участник называет цену, близкую к стартовой, т. е. балансовой стоимости. Другой сразу же называет цену, в десять раз превышающую рыночную. Естественно, больше никто не торгуется. Затем заключивший сделку отказывается от нее, и объект недвижимости покупает по фактически бросовой цене та же команда. Самое парадоксальное состоит в том, что ни один закон не был нарушен. А государство проиграло – и много; третейский суд последнего выбора. Смысл этого способа принятия решения заключается в том, что эксперту, признаваемому всеми членами группы, предлагают сделать выбор из двух (редко больше) лучших вариантов, и его выбор группа признает своим решением;

- голосование.

14. *Когда решение будет принято, оценить его последствия.* Этот этап особенно важен при стратегическом планировании. Без формирования будущего образа разрабатываемого проекта стратегические задачи решаются с большими издержками. Оценка последствий

принятого решения позволяет получить ответ на вопрос, того ли мы добьёмся, к чему стремились.

15. Выработать механизм реализации решения. Точное следование всем пунктам рекомендуемой технологии принятия решений имеет смысл в достаточно сложных задачах. При решении некоторых проблем анализ отдельных позиций может явиться для группы тривиальным. И, возможно, на него группа не посчитает необходимым выделять специальное время. Однако игнорирование системного подхода, как правило, оборачивается большими потерями во времени, неоправданными затратами материальных и интеллектуальных ресурсов и невысоким качеством решений. Из всего перечисленного камнями преткновения в большинстве случаев являются формулирование и уяснение цели, сбор и анализ информации и работа с критериями. Эти три позиции и рекомендуется прежде всего принимать во внимание.

Организация групповой работы. Если говорить коротко, то общих требований к организации коллективной деятельности по выработке решения всего три. Во-первых, она должна способствовать созданию комфортной среды для каждого члена группы, с тем чтобы он мог полностью использовать свой интеллектуальный потенциал. Во-вторых, она должна обеспечить условия для возникновения синергетического эффекта. И, в-третьих, она должна позволить в полной мере использовать системный анализ при решении поставленной проблемы. Кроме удовлетворения общим требованиям необходимо, чтобы процедура коллективной выработки решения:

- способствовала проявлению наиболее сильных качеств лидера и парировала его недостатки;
- позволяла проявиться мнению каждого члена группы и обеспечивала, чтобы это мнение было услышано;
- предусматривала персональное обращение к членам группы, воздерживающимся от высказывания своего мнения, для выявления их точки зрения;
- обеспечивала обсуждение не только мнения большинства, но и мнения меньшинства;
- обеспечивала эффективный сбор (как внутри группы, так и вне ее) и доведение до каждого члена группы новой информации и исключала потерю имеющейся информации;
- позволяла членам группы проявлять свои эмоции без ущерба для дела;
- исключала проявление конформизма и давление мнения лидеров на остальных членов группы;
- предусматривала санкции к членам группы (включая ведущего и неформальных лидеров), не соблюдающим установленные группой нормы поведения.

Неформальный лидер группы может и не быть ведущим. Лидер, объединяя людей вокруг себя, или выступает генератором новых идей, возглавляя интеллектуальный процесс по достижению групповой цели. Или проявляет себя активным критиком идей, высказываемых другими. По поводу этой особенности лидеров хорошо высказался уже цитировавшийся нами Франсуа де Ларошфуко: «Люди упрямо не соглашаются с самыми здравыми суждениями не по недостатку проницательности, а из-за избытка гордости: они видят, что первые ряды в правом деле разобраны, а последние им не хочется занимать». Лидер способен направить свои усилия и на создание коалиции, пытаясь «скинуть ярмо» ведущего, якобы (или в действительности) узурпировавшего власть. Проблема взаимодействия ведущего с неформальным лидером – одна из кардинальных при коллективной выработке решений.

Второе замечание касается учета мнения меньшинства и вовлечения в обсуждение проблемы «неактивных» членов группы. Мы не случайно взяли в кавычки это слово. Порой определить, почему некоторые члены группы не проявляют активности, отмалчиваются, уклоняются от высказывания своего мнения, бывает совсем непросто. Причиной может явиться некомпетентность в рассматриваемых вопросах, которая осознается членом группы. Или же просто боязнь прослыть некомпетентным, для которой нет никаких оснований. Или нежелание противостоять весьма активному лидеру. Или принципиальное неприятие

концепции, предлагаемой другими, и невозможность из-за установленной процедуры отстаивать свою. В последнем случае у человека пропадает интерес к обсуждению последующих вопросов. Вероятно, имеет смысл по-иному отнестись к пословице, провозглашающей, что молчание – знак согласия. При коллективной выработке решений и в переговорах молчание чаще всего – признак внутреннего несогласия. Как часто на переговорах чересчур активная сторона, вполне удовлетворенная молчанием партнеров, предлагает подписать итоговый документ и чрезвычайно удивляется, когда встречает отказ. После чего обычно выясняется, что мнение партнера никто и не спрашивал. Именно поэтому мы и рекомендуем персонально обращаться к молчащим членам группы для выявления их точки зрения.

Что касается учета мнения меньшинства, то все соглашаются, что меньшинство надо выслушать. Но обычно дальше этого дело не идет. Когда я на тренинге говорю руководителям, что нужно не только выслушивать меньшинство, но и обсуждать его мнение , нередко слышу в ответ: «Зачем это надо? И так все ясно. Большинство ведь за другое решение». Здесь, наверно, полезно вспомнить, что гениев намного меньше, чем не гениев. Что новые, нестандартные, экстраординарные, революционные идеи всегда возникают в головах немногих (меньшинства). Что наше общество не развивалось бы, не двигалось вперед, если бы это меньшинство не имело возможности довести свои идеи до большинства и убедить большинство в их плодотворности. И потом, никто ведь не заставляет нас поступать так, как считает необходимым меньшинство. Но выслушать и обсудить то, что оно предлагает, наша обязанность.

И, наконец, о санкциях. Задача установления и применения санкций к членам группы (добавим, рядовым членам) обычно не встречает возражений. Понятно, что нужно как-то воздействовать на тех, кто не соблюдает установленные в группе нормы поведения. Сложнее дело обстоит с ведущим, особенно когда он по своей натуре еще и лидер. Захватив власть, ведущий иногда подминает группу под себя, сам устанавливает правила обсуждения и принятия решения, фактически заменяя групповое решение индивидуальным, своим. Причем далеко не всегда это делается из дурных намерений. Просто лидер бывает убежден, что наилучший вариант решения уже найден и нечего напрасно тратить дорогое время. Если позиции ведущего и группы начинают расходиться по принципиальным вопросам, у группы остаются три варианта действий: принять навязываемое ведущим (лидером) решение, прекратить обсуждать проблему и заняться выяснением отношений или сместить ведущего и назначить (выбрать) нового. Вот тут-то многие группы и спотыкаются. И надо бы сменить ведущего, но как это реально осуществить? Ведущий просто так власть не отдаст. И потом, «кто будет вешать колокольчик на шею коту», как в известном анекдоте? Кто возьмет на себя смелость поднять вопрос о смещении ведущего? Кто станет ему противостоять? Да и предоставит ли он возможность выступить с подобным предложением? Выходом из этой трудной ситуации может оказаться правило, согласно которому замена ведущего должна проводиться автоматически, без обсуждения, решением большинства. И соответствующая процедура будет, например, выглядеть так. Член группы, считающий, что ведущий не справляется со своими обязанностями и, безусловно, должен быть заменен, демонстративно прикладывает большой палец к крышке стола. Если то же самое сделает большинство членов группы, ведущий обязан встать и без какого-либо обсуждения на несколько минут покинуть помещение, в котором работает группа. За это время выбирается другой ведущий.

Рекомендуемая технология организации групповой работы предусматривает следующие этапы:

а) формирование группы. Если состав группы не предопределен, то возникает вопрос, кого персонально следует в нее включить. Естественно, хотелось бы, чтобы все члены группы были компетентны в поставленной перед ними проблеме. Хотя это требование предъявляется не всегда, особенно в задачах, требующих разработки принципиально новых подходов. В этих случаях специалист совершенно из другой области сможет взглянуть на проблему свежим взглядом, не затуманенным привычными представлениями о предмете.

Нелишне отметить, что для решения подобного рода задач часто используются специальные процедуры коллективной выработки решений типа мозгового штурма. Сказанное не означает, что в состав группы всегда желательно включать хотя бы одного непрофессионала. Как раз такой непрофессионал вполне способен развалить группу из-за невладения материалом. К приглашаемым неспециалистам есть одно важное требование – они должны обладать системным мышлением, которое и позволит им перенести известные им закономерности из своей области деятельности в другую. Наличие системного мышления у всех членов группы, а не только у приглашенных непрофессионалов – это не роскошь, а залог успешного решения проблемы. А вот есть оно у всех или у кого-то отсутствует, желательно выяснить еще до комплектования группы. Заиметь его по приказу руководства очень трудно. Правда один очень крупный воинский начальник как-то директивно потребовал, чтобы каждый офицер «овладел практическим складом ума». Это был один из критериев, по которым определялась профпригодность офицерского состава. Очень большое значение имеет совместимость членов группы. По поводу совместимости достаточно много написано специалистами по психологии малых групп. И мы не будем отбирать у них хлеб. Отметим лишь, что консолидации группы способствует разумное распределение обязанностей (ролей) в группе. Кто-то по природе является генератором идей. И не надо от него требовать глубокого анализа предложений. Его сила в другом. Кто-то наоборот видит свое призвание в аналитической работе. Так возложите на него эти функции! Есть аккуратисты, обожающие порядок. Мы говорили, как важно собирать и не терять информацию при коллективной выработке решений, какое значение имеет четкая редакция задачи, формулировки цели и т. п. Вот вам сфера приложения интересов для таких людей. Особо нужно сказать о критиканах. Часто в группе появляется человек (и, не дай бог, больше), который с большим удовольствием разносит в пух и прах любые высказываемые идеи. Борьба с критиканами отнимает много сил и времени. Так, может, с ними не бороться, а использовать их энергию «в мирных целях»? Официально поручите им критически анализировать варианты решения. Объявите им, что группа рассматривает их как оселок, на котором будет оттачиваться решение. И я вас уверяю, что облеченные доверием группы, уже бывшие критиканы окажутся весьма полезной функциональной составляющей в групповой деятельности. Вы убедитесь, что сам характер критики существенно изменится. Она станет более конструктивной. Если в группе несколько человек являются носителями совершенно разных, несовместимых подходов к решению задачи, то нецелесообразно требовать от них слаженной работы по выработке единственного решения. Более продуктивным представляется другой путь. Создаются несколько подгрупп. Каждая подгруппа готовит свой вариант решения и аргументы для его обоснования. Затем по заранее согласованной процедуре проводится обсуждение вариантов и выбор наилучшего;

б) выбор (определение, назначение) ведущего. Мы уже говорили о том, что он может быть назначен руководством или избран членами группы;

в) организация пространственной среды. Организация пространственной среды решает две задачи. С одной стороны, она должна создать максимально комфортную в данных условиях обстановку для членов группы. Но есть и другая сторона. Мы уже говорили об опасности размывания ответственности при выработке коллективных решений. Поэтому взаимное расположение членов группы должно быть таким, чтобы каждый видел каждого. Идеальные формы для этого – круг или квадрат. Если кто-то сидит за спиной других, во втором ряду, то степень его ответственности за принимаемое решение резко снижается. Как правило, такие люди не участвуют активно в обсуждении вопросов. Но зато они в подходящий для них момент не прочь выступить с критическими замечаниями в адрес сформированного решения (к которому они, якобы, и не причастны). Причем и критика эта редко бывает конструктивной. У сидящих за спинами других чувство ответственности за принимаемое решение снижено по сравнению с остальными членами группы;

г) определение процедуры принятия решения. Мы обращаем ваше внимание на то, что процедура принятия группового решения должна быть оговорена еще до того, как будут

сформированы варианты решения. Почему это важно? Если поступать наоборот, то лидеры группы зачастую предлагают ту процедуру, которая больше устраивает лично их и которая зависит от ситуации, сложившейся в группе. Скажем, лидер сплотил вокруг своего мнения по какому-либо вопросу большинство членов группы, а это мнение подвергается резкой критике со стороны других членов группы. Как он поступает? Понятно, что лидер начинает настаивать на принятии решения голосованием. И наоборот. Если предложение лидера поддерживает меньшинство, то он будет всех убеждать, что каждый член группы должен обладать правом Veto, т. е. решение должно приниматься при полном согласии всех членов группы. А после этого лидер начнет оказывать давление на оппонентов, склоняя их к своей точке зрения. Высказанная рекомендация, конечно, не является догмой. Встречаются задачи, где процедура принятия группового решения не может быть определена заранее.

д) определение процедуры обсуждения вопросов. Обсуждение вопросов может быть формализовано в большей или меньшей степени в зависимости от состава группы, наличия у членов группы опыта совместной деятельности по выработке коллективных решений, сложности проблемы и ряда других причин.

Чаще всего находят применение следующие процедуры обсуждения вопросов:

- ведущий сам определяет, кому дать слово;
- выступления по кругу;один формулирует, другие дополняют;
-формулируются 3–4 альтернативы, которые затем обсуждаются;
-группа разбивается на подгруппы, а затем обсуждаются мнения подгрупп по одному и тому же вопросу;сначала только генерируются предложения, потом они обсуждаются;

е) установление регламента. Регламент обычно содержит такие пункты:

перечень вопросов, выносимых на обсуждение;порядок их следования;

условия перехода к следующему вопросу;условия включения других вопросов;

порядок предоставления права на выступление;

время, отводимое на выступление;

условия предоставления дополнительного времени;

временные рамки для обсуждения вопросов;

способ учета мнения меньшинства;

технология смены ведущего;

санкции против членов группы (в том числе и ведущего);

условия выделения окон (пауз) для неформального, неструктурированного обмена мнениями (неформальной дискуссии).

Иногда проблема бывает настолько сложна, что далеко не сразу удается нащупать подходы к ее решению. В этих условиях формализация обсуждения может излишне сковать членов группы. И наоборот. При свободном обмене мнениями, когда можно перебивать друг друга, вставлять реплики, не особенно задумываться о формулировках, зачастую и возникают какие-то идеи, позволяющие в дальнейшем грамотно взяться за задачу;

ж) распределение ролей в группе. Роли в группе распределяются при ее формировании, о чем говорилось выше, или в процессе решения других организационных вопросов. Причем момент, в который происходит распределение ролей, не так уж важен. Более того. В хорошо скоординированных группах отдельного этапа, выделяемого для этой цели, вообще не предусматривается. Члены группы принимают на себя ту или иную роль по ходу действия. Добавим, что излишняя формализация деятельности группы, проявляющаяся в том числе и в специально организованной процедуре распределения ролей, отрицательно сказывается на эффективности ее работы;

з) определение способов фиксации вносимых предложений и полученных результатов. На этом, собственно, заканчивается организационный этап, и группа может приступить к содержательному анализу проблемы.

Технология работы ведущего (руководителя группы). Стандартная ошибка ведущих состоит в том, что они, будучи одними из самых активных членов группы, продолжают выступать в той же роли. Они так же выдвигают предложения, критикуют оппонентов,

приводят убедительные аргументы в защиту своего мнения. Они по-прежнему поглощены анализом проблемы, озабочены генерацией идей. Они не прочь перейти на личности, если им показалось, что кто-то покусился на их собственное «я». Они даже могут себе позволить на время выключиться из общего диалога, поразмыслив над пришедшей в голову идеей. И все это, имея преимущественное право владения «микрофоном». Такие ведущие часто либо подавляют группу, либо противопоставляют себя ей. В первом случае происходит подмена мнения группы мнением ведущего. Во втором разворачивается конфликт между ним и группой. В результате ни о каком коллективном интеллекте, ни о каком синергетическом эффекте и речи быть не может.

Роль ведущего, «вдохновляющая и направляющая», должна проявляться в четком формулировании решаемой в данный момент задачи, уяснении и аккумулировании высказываемых предложений, формулировании полученных результатов и организации работы группы над проблемой в соответствии с принятой технологией. Если эти требования конкретизировать, то мы получим три группы задач, возлагаемых на ведущего. Что же это за задачи?

1. По организации работы группы при подготовке обсуждения проблемы:
организовать пространственную среду. Об этом много было сказано выше. Сейчас только отметим, что при любом расположении членов группы ведущий обязан занять такое место, чтобы он вдруг не оказался с краю стола и чтобы ему было видно всех и его видели все. Последнюю фразу мы привели на тот случай, если по каким-то причинам удобно расположиться группе не удастся; оговорить свои права и обязанности; объявить, какой вопрос обсуждается и четко его сформулировать; убедиться, что все члены группы одинаково понимают этот вопрос (тему обсуждения). Если одинакового понимания нет, организовать обсуждение разногласий, с тем чтобы придти к единому мнению (или убедиться, что собравшиеся не готовы в данном составе приняться за решение поставленной проблемы); вместе с группой определить, как будет приниматься решение (если способ принятия решения не задан по условию задачи);установить процедуру обсуждения вопросов; оговорить регламент; распределить роли в группе

.2. По решению проблемы:
следовать рекомендациям по системному анализу социально-экономических проблем; структурировать проблему и четко формулировать отдельные ее этапы и составляющие; четко формулировать цель и убедиться, что все члены группы ее одинаково понимают. Если понимание разное, организовать обсуждение, чтобы придти к единому пониманию; подводить итог по каждому из обсуждаемых вопросов, фиксировать разные мнения, формулировать их. Давать четкую формулировку решения и следить за фиксацией его в документах, отражающих работу группы; следить за соблюдением установленной процедуры и регламента и не допускать их нарушения; «держать цель», не допускать отклонения от обсуждаемого вопроса; не выдвигать свои предложения в качестве основы для обсуждения.

Высказав какую-либо идею, любой нормальный человек станет ее отстаивать, искать аргументы для ее обоснования, доказывать ее преимущества перед другими. Критику своей идеи ведущий начинает рассматривать как попытки подорвать его авторитет, как сомнения в его компетентности и т. п. Что он начнет делать? Правильно. Он станет перекрывать «доступ к микрофону» наиболее рьяным критикам, т. е. самым активным членам группы.

Управленческая команда

Одной из первоочередных проблем современного менеджмента является переход на командные принципы организации труда в компаниях. «Приоритеты должны отдаваться командам, а не агрессивным лидерам и гениям-одиночкам».

Выше говорили о технологии коллективной работы, об особенностях выработки групповых решений. И хотя все высказанные в предыдущих параграфах рекомендации остаются справедливыми и для управленческих команд, всё-таки не любая группа может считаться командой. Поэтому поясним, что же мы имеем в виду, когда употребляем выражение «управленческая команда».

Группа людей образует команду, если члены группы имеют общую цель, одинаково её понимают и признают её своей. Важность наличия и единого понимания общей цели мы отмечали и для групповой деятельности. То же самое относится и к командной работе; одинаково оценивают пути достижения этой цели.

Команда только тогда будет действовать эффективно, когда все входящие в неё люди руководствуются одними и теми же критериями и приоритетами при оценке альтернатив, а следовательно, должны иметь полное представление о наборе возможных альтернатив (все должны знать, из чего, собственно, мы выбираем лучший путь); объединены в некую организационную структуру. Она может быть частью организационной структуры фирмы или создана специально для данной команды. Другими словами, в команде устанавливается определённая система формальных отношений. Последнее вовсе не означает, что неформальные отношения в команде исключаются. Напротив, они приветствуются, поскольку благодаря им в команде создаётся благоприятный морально-психологический климат; имеют программу, обеспечивающую достижение цели, и взаимодействуют при её реализации; каждый выступает в определённой роли (роли членов команды могут соответствовать штатным должностным категориям фирмы или же специально распределяются между ними). По функциям, выполняемым в командах её членами, в командах реализуются два типа ролей. Первый тип – это специалист по решению проблемы, направляющий все свои усилия на достижение поставленной цели. В ролях второго типа выступают члены группы, осуществляющие социально-эмоциональную поддержку, т. е. ставящие перед собой целью удовлетворение эмоциональных потребностей участников группы и оказание им помощи в укреплении их социального статуса. Очевидно, что отдельные члены команды могут выступать и в той, и в другой роли одновременно. Важность второго типа ролей очевидна. Дело в том, что при наличии в команде исключительно специалистов указанные выше эмоциональные и социальные потребности её членов зачастую остаются не удовлетворёнными, что (как правило, в долгосрочной перспективе) приводит к снижению эффективности работы команды. Юмор и самоирония (естественно, наряду с профессионализмом) во многом являются движущими силами, обеспечивающими успехи командной работы. Ещё одна функция ролей второго типа – предотвращение и разрешение конфликтов О значении ролей, обеспечивающих социально-эмоциональную поддержку, прекрасно сказано фантастом Эриком Расселом в рассказе под примечательным названием «Немного смазки», в котором в состав тяжелейшей космической экспедиции, как потом оказалось, был включён профессиональный комик. Правда, справедливо и обратное заключение: преобладание в команде ролей второго типа обеспечивает в ней благоприятную психологическую атмосферу, но затрудняет решение проблем; находятся в подчинении руководителя (начальника) команды и признают его руководство (начальник команды может быть штатным руководителем членов команды или же специально назначаться).обеспечены ресурсами, необходимыми для выполнения задачи, и наделены соответствующими правами принимать и реализовывать решения. При этом члены команды несут коллективную и персональную (в рамках своих полномочий) ответственность за принятые решения. разделяют стандарты (нормы) поведения, выработанные этой командой. Обычно нормы являются неформальными, нигде не записанными. Однако, устанавливая границы дозволенного и наоборот – определяя то, что командой особенно приветствуется и ценится, нормы намного облегчают общение членов команды. Последнее особенно важно, когда в команде сохраняется принятая в организации структура, в рамках которой бывает непросто найти место для неформальных отношений. Однако нормы не только проводят водораздел между формальными и неформальными взаимоотношениями и не только декларируют в том или ином виде рекомендуемые основы социально-бытового поведения. Они могут касаться и правил поведения в критических для команды ситуациях, если, скажем, факторы внешней среды воздействуют на систему совсем не так, как прогнозировалось. Такие нормы часто устанавливаются на основе прецедента,

когда выработанная реакция на первый подобный случай становится в команде основой для дальнейшего аналогичного поведения.

Принятие решения с помощью голосования

Принятие решений с помощью голосования являлось настолько привычной процедурой для советских людей, что у многих никогда не возникало и тени сомнений в том, что результаты голосования могут выражать что-то иное, кроме как мнение большинства. И вполне естественным представлялся принцип демократического централизма, записанный в Уставе коммунистической партии, одним из постулатов которого было безусловное подчинение меньшинства большинству. А как же иначе? Ведь мнение большинства закреплялось в сознании как мнение истинное, мнение объективное! (Я вспоминаю, как в пору моей молодости один мой коллега, всегда начинал выступление на партсобрании фразой: «А теперь я скажу свое объективное мнение»).

1. Правило простого большинства. Рассмотрение систем голосования начнем с самого простого и, казалось бы, очевидного правила – правила простого большинства. Это правило гласит, что если есть, скажем, варианты А, В, С принятия решения, то принимается тот вариант, за который членами группы подано большее число голосов, чем за любой другой вариант. Например, если из 10 членов группы вариант А предпочитают 4 члена, вариант В – 3 члена и вариант С – тоже 3 члена, то принятие варианта А и будет считаться групповым решением. Естественность правила простого большинства может создать впечатление об отсутствии у него каких-либо крупных недостатков. Однако это не так.

Для демонстрации рассмотрим следующий пример. Пусть семья из трех человек (муж, жена и взрослый сын) собирается покупать автомашину. На семейном совете решили, что будут рассматриваться три альтернативы: «Жигули», «Москвич» и подержанная иномарка. А какую из них купить, будет решено с помощью голосования.

Представим себе следующую картину. Сын предлагает приобрести иномарку. Родители голосуют против. Муж предпочитает «Москвич» и остается в меньшинстве. Жена стоит за «Жигули» и тоже оказывается в одиночестве. Понимая, что таким образом задача не решается, муж предлагает каждому написать на листке свою систему предпочтения, т. е. определить, какая автомашина для него наиболее предпочтительна, какая на втором месте и какая на третьем. А потом, сказал муж, мы будем делать последовательный выбор, опять используя процедуру голосования и исключая из дальнейшего рассмотрения те объекты, которые окажутся менее предпочтительными. Преимущество такого подхода, убеждал он, в том, что будет куплена машина пусть и не самая предпочтительная для кого-то из них, но для большинства более предпочтительная, чем другие. Анализируя системы предпочтений членов группы нетрудно заметить, что при сопоставлении «Москвича» и «Жигулей» выигрывает «Москвич». В самом деле. «Москвич» предпочтительнее «Жигулей» и для мужа, и для сына. Лишь жена считает, что «Жигули» лучше, чем «Москвич». Но она остается в меньшинстве. После этого сравниваются «Москвич» и иномарка. И тут выясняется, что по большинству голосов иномарка предпочтительнее. (Так считают и жена, и сын. В меньшинстве оказывается муж). В результате принимается решение о покупке иномарки, что совсем не устраивает мужа, так как для него иномарка менее всего предпочтительнее. Тогда, зная системы предпочтения остальных членов семьи, муж может утаить свои истинные предпочтения, всякий раз голосуя в соответствии с искаженной системой предпочтения. Она, эта система предпочтения теперь может выглядеть следующим образом. На первое место муж поставит «Жигули», на второе – иномарку и на третье – наиболее предпочитаемый им «Москвич». Посмотрим, что же это ему даст. Теперь очевидно, что в сравнении «Москвича» с «Жигулями» преимущество будет отдано Жигулям.(И жена, и муж предпочтут «Жигули», а сын останется в меньшинстве). Но зато на втором этапе, когда начнется сопоставление «Жигулей» с иномаркой, победителями окажутся «Жигули» (для жены и мужа они предпочтительнее иномарки). В итоге, исказив сообщение о своей истинной системе предпочтения, муж добился более приемлемого для себя результата. («Жигули» хотя и не

полностью отвечают его ожиданиям, но все же лучше иномарки, которую он поставил вообще на последнее место).

Искажение сообщений об индивидуальных предпочтениях называется манипулированием, а метод голосования, допускающий с помощью манипулирования получать более выгодные для себя результаты, называется манипулируемым. Таким образом, приведенный выше пример показывает, что правило простого большинства манипулируемо. Несколько лет назад американскими специалистами Джиббардом и Сэттартуэйтом было доказано, что все правила голосования, позволяющие указать единственный лучший объект, манипулируемы!

2. Правило абсолютного большинства. Согласно этому правилу за групповое решение принимается вариант, которому отдали свои голоса более 50% членов группы. Помимо понятия «абсолютное большинство» используется также понятие «квалифицированное большинство». Соответственно правило квалифицированного большинства гласит, что решение принимается только в том случае, если за него отдано не менее двух третей (иногда оговаривают, что не менее трех четвертей) голосов. Общепринято, что правило абсолютного большинства является приоритетным по отношению ко всем остальным правилам голосования. Т. е. если какой-то вариант набрал более 50% голосов, другие правила голосования уже не рассматриваются. Это мы наблюдаем на выборах. Если один из кандидатов получает более 50% голосов избирателей, речь о втором туре голосования уже не идет. Магия слов «абсолютное большинство» не должна вводить в заблуждение. Здесь так же как и при использовании правила простого большинства большую роль играет процедура голосования. Можно показать, что даже принятие решения большинством 99 против 1 не гарантирует того, что это решение будет отвечать интересам большинства.

В качестве примера рассмотрим следующую ситуацию. Мы проведем все рассуждения для группы из 4 человек. Но как будет ясно из дальнейшего, аналогичный результат получается и для 100 человек. Итак, пусть у группы из 4 человек имеется некоторый ресурс в размере 10 единиц, который надо по справедливости разделить. (Ох уж это справедливое распределение!) Группа приглашает В. Я. Платова, чтобы он помог решить эту задачу. Платов им и говорит: «Предлагаю следующую схему. Решение по какому-либо варианту распределения ресурса будет считаться принятым, если против проголосует не более одного человека. А каждый из вас будет голосовать «за» только в том случае, если при дележе больше вас никто не получит. Если возражений нет, прошу ваше согласие закрепить соответствующими подписями». (Вполне приемлемые принципы, не правда ли, уважаемый читатель? На первый взгляд, как выяснится впоследствии. Вы уже, вероятно, обратили внимание, что Платов сознательно не оговорил процедуру. Только правила). И дальше начинается процесс дележа в соответствии с объявленными правилами и не объявленной, но реализуемой Платовым процедурой.

Первоначальная сумма 10 делится так. первому члену группы выделяется 3 единицы ресурса, второму и третьему тоже по 3, Платову – 1 единица. Четвертый член группы не получает ничего. Он-то и окажется тем единственным, кто проголосует против. Остальные будут голосовать «за», поскольку при распределении ресурса никто не получает больше каждого из них. Все члены группы (кроме, разумеется, четвертого) радостно встают со своих мест. Но тут Платов заявляет, что процесс дележа еще не завершен и предстоит следующий этап. На этом этапе вся сумма в 3 единицы ресурса отнимается у первого члена группы (который проголосует против такой явной несправедливости) и распределяется между остальными: по 0,9 второму, третьему и четвертому членам группы и 0,3 Платову. И опять все кроме одного будут голосовать за такое решение. Дальнейшее, надеюсь, понятно. На очередном этапе изымут все средства (3,9 единицы) у второго члена группы и дадут по 1 единице первому, третьему и четвертому членам группы и 0,9 единицы Платову. Затем без средств останется третий член группы, потом четвертый и т. д. Сообщество будет нищать, ресурс постепенно перейдет к Платову. И все это при полном одобрении всех, кроме одного. Правда, этот один каждый раз разный. При 100 участниках разница будет только в

продолжительности самого процесса распределения ресурса. Но и здесь несогласным на всех этапах окажется не более одного человека. Итак, мнение какого большинства выражает сформированное решение?

Напрашивается вывод. Уважаемые читатели! Не приглашайте Платова распределять принадлежащий вам ресурс! Ему вовсе не улыбается перспектива закончить свою жизнь от пули киллера, нанятого возмущенными членами вашего сообщества. Или: приглашайте, но предложите ему оговорить не только правила, но и процедуру принятия решения. Вы останетесь в выигрыше, киллер без работы, а Платов сможет спокойно ездить на свою любимую рыбалку.

3. Правило голосования «большинство без худшего». Все остальные системы голосования требуют для своей реализации использования развернутой системы предпочтения каждого из принимающих участие в голосовании. Эти правила мы рассмотрим на следующем примере.

Пусть в некотором парламенте 100 депутатских мест, а депутатский корпус представлен тремя фракциями: фракцией радикалов (45 мест), фракцией центристов (20 мест) и фракцией консерваторов (35 мест). Депутаты с помощью голосования избирают президента. Каждая фракция выставляет своего кандидата на пост президента и все ее члены голосуют консолидированно. Как мы уже отметили, необходимо, чтобы каждая фракция выработала развернутую систему предпочтения, т. е. указала, какой из кандидатов в президенты для нее на первом месте по предпочтительности, какой на втором и какой на третьем. Допустим, что система предпочтения фракции радикалов выглядит так: РЦК. Т. е. радикалы своего кандидата безусловно ставят на первое место, а вот кого из кандидатов из оставшихся двух фракция поставит на второе, а кого на третье место, зависит от многих причин. И как мы увидим, это имеет немаловажное значение для итогов голосования. В данном случае фракция посчитала, что для нее центрист предпочтительнее консерватора и он поставлен на второе место, а консерватор на третье. Предположим, что системы предпочтений фракций центристов и консерваторов выглядят соответственно как ЦКР и КЦР.

Правило «большинство без худшего» работает следующим образом. Сначала, исходя из систем предпочтений фракций, определяется худший кандидат. Как видно, им может быть либо представитель радикалов (его поставили на последнее место фракции центристов и консерваторов), либо представитель фракции консерваторов (его поставила на последнее место фракция радикалов). Простые арифметические подсчеты показывают, что радикала худшим считают 20+35=55 депутатов парламента (это суммарная численность фракций центристов и консерваторов). В то же время консерватора худшим считают 45 членов фракции радикалов. Итак, по мнению большинства худшим кандидатом на должность президента является представитель фракции радикалов (55>45), и он исключается из дальнейшего рассмотрения.

Теперь из двух оставшихся кандидатов, руководствуясь системами предпочтения всех трех фракций, определяют лучшего. В данном примере очевидно, что представителя центристов лучшим считают 20 членов фракции центристов (у них свой кандидат на первом месте, а представитель консерваторов – на втором) и 45 членов фракции радикалов (у них центрист на втором месте, а консерватор на третьем). И только для фракции консерваторов в количестве 35 членов консерватор предпочтительнее центриста. Таким образом по большинству голосов (20+45>35) президентом избирается представитель фракции центристов. Нетрудно заметить, что измени свою систему предпочтения фракция радикалов с РЦК на РКЦ – и президентом становится консерватор. Ибо тогда уже счет голосов будет 35+45=80 против 20 в пользу консерватора. Характерно, что изменение системы предпочтения фракцией радикалов, рассмотренное выше, останется совершенно незаметным для общественности. Ведь первым номером в списке претендентов фракция по-прежнему оставляет своего представителя, а то, что второй и третий номера поменялись местами – это до сведения широкой публики, как правило, не доводится.

4. Правило голосования «большинство из двух лучших». Два лучших – это радикал (его считают лучшим 45 членов парламента) и консерватор (его считают лучшим 35 членов

парламента). Представитель фракции центристов исключается из дальнейшего рассмотрения, поскольку среди лучших он только на третьем месте (20 голосов). Теперь в соответствии с провозглашенным правилом определим, кто же станет президентом. Опять воспользуемся системами предпочтения всех трех фракций. Итак, для фракции радикалов свой представитель предпочтительнее консерватора. Так считают 45 членов этой фракции. Для фракции консерваторов наоборот – свой кандидат предпочтительнее радикала. Таково мнение 35 членов фракции консерваторов. Наконец, для 20 членов фракции центристов консерватор предпочтительнее радикала (консерватор у них на втором месте, а радикал на третьем). Таким образом большинством 35+20=55 против 45 консерватор побеждает радикала и становится президентом. И здесь, как нетрудно видеть, самая маленькая фракция, фракция центристов, изменив свою систему предпочтения, может «сделать» президентом радикала.

5. Правило Кондорсе. Согласно правилу Кондорсе каждый из кандидатов сравнивается с каждым с использованием систем предпочтений всех трех фракций. Итак, из сопоставления радикала с центристом предпочтение будет отдано центристу. В самом деле. Фракция радикалов в количестве 45 человек предпочитает своего кандидата. Остальные две фракции проголосуют за центриста. Таких будет 20+35=55 человек. Следовательно, большинством 55 против 45 в сравнении радикала с центристом побеждает центрист. Радикал проигрывает и консерватору. За радикала выступит только его фракция (45 человек). У центристов консерватор на втором месте, а радикал на третьем, а консерваторы своего кандидата ставят на первое место. Консерватор побеждает большинством 20+35=55 против тех же 45 голосов. И, наконец, сопоставляя консерватора с центристом, убеждаемся, что большинству предпочтительнее центрист. Консерватор предпочтительнее центриста лишь для фракции консерваторов (35 голосов). У центристов свой кандидат на первом месте, а у радикалов центрист на втором, зато консерватор на третьем (всего 20+45=65 голосов). При данных системах предпочтений представитель центристов выигрывает и у радикала, и у консерватора. Он и становится президентом.

Нетрудно заметить, что возможна, например, ситуация, когда центрист окажется предпочтительнее радикала, радикал предпочтительнее консерватора, а консерватор предпочтительнее центриста. Для этого системы предпочтений должны выглядеть следующим образом: ЦРК, РКЦ, КЦР. И в этом случае воспользоваться правилом Кондорсе будет невозможно.

6. Правило Борда. Правило Борда позволяет определить лучшего по наименьшей сумме мест. Продемонстрируем на нашем примере, как работает это правило. Подсчитаем сумму мест для представителя радикалов. На первое место его поставили 45 человек (фракция радикалов). На второе место его не поставила ни одна фракция. И на третье место его поставили 20+ 35=55 человек (фракции центристов и консерваторов. Получаем $1\cdot45+2\cdot0+3\cdot55=210$. Рассуждая аналогично, получаем суммы мест для центриста $1\cdot20+2(45+35)+3\cdot0=180$ и для консерватора $1\cdot35+2\cdot20+3\cdot45=210$. Таким образом по наименьшей сумме мест президентом станет представитель центристов. Нет нужды повторять, что результаты окажутся совершенно иными при изменении системы предпочтений хотя бы одной из фракций.

Предпосылкой для применения экспертных методов является коллективное мнение группы о том, что решение, полученное с помощью тех или иных (определенных группой) экспертных процедур, и будет считаться групповым решением. В качестве экспертов могут выступать как сами члены группы, так и специально подобранные эксперты, коллективному мнению которых группа доверяет и с решением которых группа априори соглашается.

1. Использование ранжирования для выбора варианта решения.

Известно, что (в пользовавшейся лет тридцать назад необыкновенной популярностью книге «Физики шутят» дается следующая интерпретация часто встречающегося в научной литературе выражения «Известно, что…»: «Я знаю еще двух парней, которые думают так же, как я»). Так вот. Известно, что выдающийся математик Пьер Лаплас являлся другом

Наполеона и даже был назначен им министром внутренних дел. Дотошный Лаплас вникал буквально во все мелочи, но проморгал антиправительственный заговор. Вследствие чего и был освобожден Наполеоном от должности с формулировкой «За внесение духа бесконечно малых в государственные дела». Конечно, было бы весьма заманчиво написать книгу по управленческим технологиям «в легком жанре», без всяких математических «выкрутасов». Чему читатели – представители «свободных профессий» были бы только рады. Но это с одной стороны. С другой, мы видим свою задачу именно во внесении «духа бесконечно малых» в модели и методы менеджмента. Так что придется набраться терпения и погрузиться в мир не очень простых математических формул.

Рассмотрим ситуацию, когда у группы в количестве m экспертов имеется n вариантов решения, из которых и требуется выбрать наилучший. Группа постановляет применить с этой целью процедуру ранжирования вариантов и получения коллективной ранжировки. Чтобы обойтись минимальным математическим аппаратом, технологию выработки решения рассмотрим на конкретном примере.

Пусть группа состоит из 5 экспертов и ей предстоит сделать выбор из 6 предлагаемых вариантов решения. Предположим, что каждый эксперт в соответствии со своей системой предпочтений присвоил каждому из вариантов свой номер (свое место), причем первый номер присваивается наиболее предпочитаемому варианту. Место, занимаемое каждым вариантом, называется рангом. Процесс выставления рангов называется ранжированием, а результат ранжирования – ранжировкой. Пусть индивидуальные ранжировки экспертов для рассматриваемого примера представлены в первых пяти строчках таблицы 1

Таблица 1. Индивидуальные и коллективная ранжировки

Номер строки	Номер эксперта	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5	Вар. 6	Sрас
1	Эксперт 1	1	6	2	5	4	3	
2	Эксперт 2	1	5	2	6	4	3	
3	Эксперт 3	2	6	1	4	5	3	
4	Эксперт 4	1	5	2	6	3	4	
5	Эксперт 5	1	6	2	5	4	3	
6	Суммы рангов	6	28	9	26	20	16	
7	Коллективная ранжировка	1	6	2	5	4	3	
8	Квадраты сумм рангов	36	784	81	676	400	256	2233

Коллективная ранжировка формируется следующим образом. Подсчитывается сумма мест (рангов) для каждого варианта решения. Эти суммы рангов приведены в строке 6 таблицы 1. И затем по наименьшей сумме рангов определяется место каждого варианта в коллективной ранжировке (строка 7 в таблице 2.2.).В соответствии с полученной коллективной ранжировкой группа экспертов должна принять в качестве группового решения вариант 1, поскольку он имеет наивысший ранг в коллективной ранжировке.

Осталось проверить согласованность мнений экспертов. Для этого подсчитываются квадраты сумм рангов, представленные в строке 8, и вычисляется величина Sрас, равная их сумме. Далее вычисляется значение Храс = 12·Sрас:mn(n+1) – 3m(n+1). Полученное значение Храс = 12·2233:5:6:7 – 3·5·7 =127,6 – 105 = 22,6 необходимо сравнить с одним из значений Хтабл, взятых из [18] и приведенных в таблице 2.

Таблица 2.3. Значения Хтабл

Вероятность ошибки	0.1	0.05	0.01
Значения Хтабл.	7.6	9.1	11.9

Разным значениям Хтабл соответствуют разные вероятности допустить ошибку, предполагая, что мнения экспертов согласованы. Для принятия решения о согласованности требуется, чтобы удовлетворялось неравенство Храс > Хтабл. Так, если нас вполне удовлетворит вероятность совершить ошибку, равная 0,1, то соответствующее значение Храс должно превысить величину 7,6. В рассматриваемом примере Храс = 22,61.

Представим себе, что в какой-то задаче оказалось, что Храс = 6, т. е. меньше любого из табличных значений. Это означает, что при полученных вероятностях ошибки мнения экспертов должны быть признаны не согласованными. Как же поступать в таком случае? Вариантов несколько.

Во-первых, можно утвердить принятое решение, приняв во внимание, что мнения в группе разделились. Это допускается, особенно в сложных задачах, когда трудно придти к единому мнению и руководителю приходится брать ответственность за принятие решения на себя. Во-вторых, можно обсудить с экспертами результаты и заново повторить всю процедуру. В-третьих, возможно, удастся выявить наличие в группе нескольких подгрупп, группирующихся вокруг тех или иных вариантов решения. Тогда за групповое решение может быть принято решение, предлагаемое одной из подгрупп.

И, наконец, можно распустить группу экспертов и попробовать найти решение проблемы с другим составом (разумеется, если последнее практически осуществимо).

Для проверки согласованности мнений экспертов существует другой метод, исключающий вероятностную оценку согласованности. Он состоит в подсчете коэффициента конкордации - чем ближе значение коэффициента конкордации к 1, тем больше согласованность суждений экспертов. Однако однозначных рекомендаций, позволяющих оценить согласованность мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации, не существует. Ориентировочно можно сказать, что при W>0,8 мнения экспертов практически во всех задачах считаются согласованными, а при W<0,2 – не согласованными. Во всех остальных случаях лица, принимающие решение, должны сами оценить степень близости значения коэффициента конкордации к единице или удаленности от неё.

2. *Балльное оценивание при принятии решения.* Для выбора лучшего варианта решения применяют и балльное оценивание. Возможны два подхода. При первом из них каждому члену группы даются 10 или 20 баллов, которые ему предлагается распределить между рассматриваемыми вариантами в соответствии с его системой предпочтений. После чего вариант, получивший от всех членов группы наибольшую сумму баллов, и выбирается группой как наилучший. Указанный подход иллюстрируется таблицей 3.

Таблица 3. Балльное оценивание. Подход 1

Варианты	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Сумма баллов	Коллект. ранжировка
A	3	1	1	0	3	8	4-5
B	3	3	3	4	2	15	3
C	3	2	2	1	0	8	4-5
D	3	5	4	7	7	26	2
E	8	5	10	5	7	35	1
F	0	2	0	2	1	5	6
G	0	2	0	1	0	3	7

Как видно из представленного в таблице 3 примера, эксперты вольны приписывать каждому варианту любое количество баллов из имеющихся в их распоряжении 20. А некоторые варианты могут вообще не получить ни одного балла. В данной задаче вариант E набрал наибольшую сумму баллов (35) и выбирается как наилучший. Рассмотренная методика может применяться и в два этапа. На первом из них из всего количества вариантов для дальнейшего анализа отбирается несколько наиболее предпочтительных. Для этого заранее оговаривается, что ко второму этапу будут допущены только варианты, набравшие не менее определенной суммы баллов. Например, если в рассматриваемом примере эта контрольная сумма устанавливается в 15 баллов, то ко второму этапу будут допущены варианты E, D и B. На втором этапе вся процедура балльного оценивания повторяется, но теперь только для выделенных трех вариантов, в результате чего и находится лучший из них.

Применять указанную методику для нахождения лучшего варианта нецелесообразно, поскольку при ее использовании мнения экспертов далеко не всегда оказываются согласованными. Эксперты зачастую отдают все 20 баллов предпочитаемому ими варианту и, таким образом, сравнения вариантов практически не происходит. Рекомендуемая область применения этой методики – отбраковка наименее предпочтительных вариантов и формирование множества вариантов, из которых и будет впоследствии находиться наилучший.

При втором подходе каждый вариант оценивается, например, по 10 балльной шкале, а затем по наибольшей сумме баллов определяется лучший из них. Процедура иллюстрируется примером, помещенным в таблице 4.

Таблица 4. Балльное оценивание. Подход 2

Варианты	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Сумма баллов	Коллект. ранжировка
A	5	6	5	3	2	21	5
B	8	8	9	9	8	42	2
C	1	2	2	2	1	8	7
D	4	4	5	5	4	22	4
E	10	9	8	9	8	44	1
F	3	4	3	2	3	15	6
G	6	7	7	7	6	33	3

Из приведенного примера видно, что эксперты лучшим вариантом признали вариант E, набравший наибольшую сумму баллов (44). Проблема проверки согласованности мнений экспертов существует и при балльном оценивании. Решается она следующим образом. Вначале для каждого варианта решения (их в рассматриваемом примере 7) определяется среднее арифметическое из оценок всех экспертов. Так, для варианта E (см. таблицу 2.5), оно равно Xср = (10+9+8+9+8):5 = 44:5 = 8,8. Затем рассчитывается среднее квадратическое отклонение по формуле

где X – оценки экспертов, m – число экспертов.

Далее подсчитывается коэффициент вариации по формуле

K = s/Xср = 0,84/8,8 = 0,095.

Мнения экспертов по каждому из вариантов решения считаются согласованными, если коэффициент вариации не превосходит величины 0,25. Для варианта решения E в рассматриваемом примере получаем s = 0,095<0,25. Таким образом мнения экспертов, представленные их оценками по варианту решения E, считаются согласованными. И подобная проверка, в принципе, должна проводиться для каждого варианта. Напомним, что в нашем примере их 7. Однако часто в этом не возникает необходимости, если согласованы мнения относительно наиболее предпочтительных вариантов.

Возникает резонный вопрос, что же делать, если мнения окажутся несогласованными. Возможностей здесь несколько. Во-первых, информацию о несогласованности мнений экспертов можно просто принять к сведению и этим ограничиться. Во-вторых, согласно [18], рекомендуется заново провести всю процедуру экспертного оценивания, предварительно ознакомив экспертов с результатами экспертизы. Если и после вторичной экспертизы мнения экспертов останутся несогласованными, то следуя ГОСТу, из оценок экспертов исключают оценку, наиболее отличающуюся от среднего арифметического значения и заново проводят проверку согласованности. И так до тех пор, пока оценки оставшихся экспертов не окажутся согласованными.

При принятии решений с помощью экспертного оценивания одним из важных вопросов остается вопрос определения компетентности экспертов. Об этом и о других проблемах, связанных с экспертным оцениванием. Проблемы эти, безусловно, существуют. Иначе не получил бы такого широкого распространения анекдот о Шерлоке Холмсе и

докторе Ватсоне, когда они на воздушном шаре приземлились в тумане на незнакомой местности. У подошедшего человека Холмс спрашивает: «Скажите, пожалуйста, где мы находимся?» Получив ответ: «Вы находитесь в гондоле воздушного шара», – Холмс заключает: «Этот человек работает экспертом». – «Почему Вы так решили?» – спрашивает Ватсон. – «Он дал абсолютно точный ответ и абсолютно бесполезный».

Практическое занятие.

Сформулируйте ответы на следующие вопросы и задания по уровням: 1 уровень:
Что такое управленческое решение?
Управленческое решение – это основной продукт деятельности руководителя-
Каким должно быть управленческое решение?
Управленческое решение должно быть:

реализуемым;
гибким;
контролируемым в исполнении;
реальным; содержащим механизмы реализации;
устойчивым к возможным ошибкам
Что такое коллективные решения?
Коллективные решения - это результат совместного интеллектуального труда группы людей. Такие решения принимаются с учетом интересов и позиций всех членов группы.
Перечислите виды групповых задач.
Проблемные, ипродуктивные, идискуссионные
Какие измерения имеет групповая задача?

Уровень 2
Раскройте виды управленческих решений.
Интуитивные решения – выбор, сделанный на основании ощущения того, что он правильный. Опора только на интуицию может привести к кризису управления в ситуации встречи со случайностью.
Решения, основанные на суждениях – выбор, обусловленный знанием и накопленным опытом. Опыт «подталкивает» мысль в сторону привычных решений, избегая тем самым новых перспектив и альтернатив.
Рациональные решения – обосновываются с помощью объективного аналитического процесса.

Раскройте особенности модели принятия решений Врума-Йеттона?
Врум и Йеттон выделили несколько стилей принятия управленческих решений: единолично; единолично с привлечением подчиненных как источника информации;
единолично, но с консультацией с избранными подчиненными;
коллективно с правом решающего голоса руководителя; коллективно.
Раскройте особенности метода «мозгового штурма».
Все идеи без исключения не подлежат критике и предварительной оценке

Раскройте особенности метода «Кингисе».
Суть этого японского кольцевого метода базируется на том, что некий инновационный проект нуждается в оценке менеджеров.
Раскройте особенности метода 635.
3 ий уровень:
Составьте кейс «Ситуация и ее решение».

Участники: 1) ученица 7 класса Шахзада, очень развитая, хорошая общественница; 2) ученик 7 класса Дилшад, способный, но уроки не учит, неорганизованный, но хороший товарищ. Как-то на перемене Шахзада очень метко подметила, что Дилшад очень похож лицом на древнего человека,изображенного в учебнике 7 класса по истории. Это подхватил класс. У Шахзоды и Дилшада начались ссоры. В библиотеке Шахзада допустила оплошность. Ребята засмеялся. Дилшад захохотал громче всех. Люда взяла учебник истории, быстро открыла страницу с древним человеком, показала Дилшаду. Тот побагровел и в адрес Шахзоды сказал: «Тварь». Шахзада подошла к нему и ударила по щеке...

Кейс: «В результате усиления натиска конкурентов у вас возникли сложности со сбытом ко мпьютеров. Имеются следующие варианты решения задачи:
снизить производство компьютеров с 5 000 до 4 000. При этом ваши потери составят $50 000.
улучшить качество компьютеров. Тогда потери дохода от усовершенствования составят $20 000, а от внесения изменений в технологию – $30 000.
усилить рекламную кампанию. В этом случае затраты на единицу
продукции возрастут на $8».
Определите факторы, влияющие на принятие решения. Выберите окончательное решение и обоснуйте его.
. На принятие решения влияют следующие факторы:
- техническое оснащение;
- методы и методики разработки и реализации УР (например, если фирма лидирует - методика одна, если следует за другими - иная);
- субъективность оценки варианта выбора решения. Чем более неординарным является УР, тем субъективная оценка.

Вывод: для улучшения ситуации со сбытом компьютеров организации предпочтительно усилить рекламную кампанию.

Задания на СРСП: **Кейс «Принятие решени**я».

Тест «Решение управленческих проблем»
1. Как следует отнестись к накоплению информации о проблеме?
1) чем больше информация, тем лучше
2) избыток информации также вреден, как и ее недостаток
3) получение максимума информации о проблеме – обязанность руководителя
4) избыточный объем информации – залог успеха
2. Для чего осуществляется делегирование своих полномочий другим руководителям?
1) для оптимального решения комплексной задачи
2) для сохранения «группового» стиля работы
3) для проверки квалификации рабочих
4) все перечисленное
3. Что означает «принять решение»?
1) перебрать все возможные альтернативы
2) перебрать несколько альтернатив, дающих наиболее эффективные возможности решения проблемы
3) отдать распоряжение о выборе возможной альтернативы
4) отдать распоряжение к реализации конкретного плана
4. Какой смысл вкладывается в слово «риск» при принятии решений?
1) степень значимости проблемы для общей деятельности фирмы
2) степень влияния неправильно решенной проблемы на служебное положение руководителя
3) уровень определенности, с которой можно прогнозировать результат
4) уровень превышения своих полномочий
5. Какова причина, по которой требуется проверка результата принятого решения?

1) если решение хорошее, вы будете знать, что делать в аналогичной ситуации, если плохое – будете знать, что не следует делать
2) по точности реализации решения возможна оценка квалификации подчиненных
3) проверка надежности административной структуры
4) проверка надежности экспертной структуры
6. Для каких целей в процессе принятия решений используется «мозговая атака»?
1) интенсификация мыслительного процесса
2) анализ нестандартных решений
3) выявление альтернатив
4) вовлечение всех участников в процесс принятия решений
7. Кому принадлежит авторство идей при использовании коллективных методов принятия решений
1) организации, где работают участники совещания
2) всем участникам совещания
3) участнику, выдвинувшему первоначальный вариант решения
4) участнику, выдвинувшему окончательный вариант решения

Задание 1 (6 баллов)
Укажите стиль принятия управленческого решения по классификации В.Вруума и Ф.Йеттона при следующих условиях:

№	Условия принятия решения	Стиль принятия решения	
1	На предприятии создалась ситуация, требующая немедленного изменения технологического процесса. Для руководителя, имеющего достаточный опыт и квалификацию, может быть важным мнение главного технолога и начальника планово-экономического отдела.		
2	В связи с предстоящим сокращением численности работников на предприятии образовались оппозиционные мини-группы, лидеры которых отстаивают личные мнения, создалась конфликтная ситуация		
3	Проблема, возникшая на предприятии, нова и неординарна. Руководитель не располагает достаточным количеством информации для ее решения, и для него важны мнения сотрудников. В коллективе царит атмосфера демократии и взаимопонимания.		
4	В организации предстоит провести сокращение численности работников. Предстоящее решение не совпадает с личными целями сотрудников. Руководитель пользуется авторитетом и его мнение воспринимается позитивно членами группы.		
5	Проблема, по которой предстоит принять решение, является для руководителя достаточно сложной и новой. У него недостаточно информации, которую легко получить от подчиненных. Однако групповое обсуждение нецелесообразно.		
6	При принятии решения возникли разногласия и голоса разделились на равные части. Времени для дальнейшего обсуждения недостаточно. Имеются результаты объективного анализа.		

Задание 2 (3 балла)
Заполните таблицу, указав, какой способ принятия управленческого решения (коллективный или индивидуальный) предпочтительнее:
в условиях дефицита времени;
для избежания субъективизма;
для большей продуманности возможных последствий;
при наличии конфликтной ситуации;
при низкой квалификации сотрудников;
для снижения сопротивления несогласных.

Коллективный способ	Индивидуальный способ

Задание 3 (по 3 балла)
Прочтите афоризмы о психологии принятия решений и объясните их смысл:
Если принял решение ты, пусть отныне не дрогнет рука:
можешь выбрать ты смелость советчика,
можешь выбрать совет смельчака
обсуждать надо часто, решать – однажды
не столь опасно принять дурное решение, как не решиться ни на что или решиться слишком поздно

Задание 4 (2 балла)
Заполните таблицу, указав вид принимаемого решения (запрограммированное или незапрограммированное) в зависимости от ситуации:

Ситуация	Вид решения	
Новые, неординарные условия		
Число возможных альтернатив ограниченно, и они легко формулируются		
Стандартные, регулярно повторяющиеся ситуации		
Ситуация, где требуются глубокие знания, интуиция		

Задание 5 (3 балла)
Определите проблему и примите решение по алгоритму:
Выработка и постановка цели (формулировка проблемы)
Изучение проблемы
Выбор и обоснование критериев эффективности и возможных последствий принимаемых решений
Рассмотрение вариантов решения. (Оценка всех плюсов и минусов, по каждому варианту)
Выбор и окончательное формулирование решения

Тест: руководитель, принимая управленческое решение, должен уметь повлиять на подчиненных с тем, чтобы убедить их в правильности решения, заручиться поддержкой, что обеспечит качественное исполнение решения. Проверьте наличие у вас такой способности. Ответьте «да» или «нет» на следующие вопросы:
Способны ли вы представить себя в роли актера или политического деятеля?
Раздражают ли вас люди, одевающиеся и ведущие себя экстравагантно?
Способны ли вы разговаривать с другим человеком на тему своих интимных переживаний?
Немедленно ли вы реагируете, когда замечаете малейшие признаки неуважительного отношения к своей особе?

Портится ли у вас настроение, когда кто-то добивается успеха в той области, которую вы считаете для себя самой важной?
Любите ли вы делать что-то очень трудное, чтобы продемонстрировать окружающим свои незаурядные возможности?
Могли бы вы пожертвовать всем, чтобы добиться в своем деле выдающегося результата?
Стремитесь ли вы к тому, чтобы круг ваших друзей был не изменен?
Любите ли вы вести размеренный образ жизни со строгим распорядком всех дел и даже развлечений?
Любите ли вы менять обстановку у себя дома и переставлять мебель?
Любите ли вы пробовать новые способы решения старых задач?
12. Любите ли вы дразнить самоуверенных и заносчивых людей?
13. Любите ли доказывать, что ваш начальник или кто-то весьма авторитетный в чем-то не прав?
Оценка результатов. Подсчитайте набранное вами количество баллов по приведенной таблице.

Ответ	Вопрос												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Да	5	0	5	5	5	5	5	0	0	5	5	5	5
Нет	0	5	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0

35-65 баллов. Вы человек, который обладает великолепными предпосылками, чтобы эффективно влиять на других, менять их модели поведения, учить, управлять, наставлять на путь истинный. В подобного рода ситуациях вы обычно чувствуете себя как рыба в воде. Вы убеждены, что человек не должен замыкаться в себе, избегать людей, держаться на обочине и думать только о себе. Он должен делать что-то для других, руководить ими, указывать им на допущенные ошибки, учить их, чтобы они лучше чувствовали себя в окружающей действительности. Тех же, кому не нравится такой идеал отношений, по вашему мнению, не следует щадить. Вы наделены даром убеждать окружающих в своей правоте, однако вам надо быть очень осторожным, чтобы ваша позиция не стала чрезмерно агрессивной. В этом случае вы легко можете превратиться в фанатика или тирана.
30 и меньше баллов. Увы, хотя вы часто бываете правы, убедить в этом окружающих вам удается далеко не всегда. Вы считаете, что ваша жизнь и жизнь окружающих должны быть подчинены строгой дисциплине, здравому рассудку и хорошим манерам и ход ее должен быть вполне предсказуем. Вы не любите ничего делать «через силу». При этом вы часто бываете слишком сдержанны, не достигая из-за этого желанной цели, а зачастую оказываясь и неправильно понятым.

ПРАКТИЧЕСКОЕ РАБОТА №7. ПОСТРОЕНИЕ БАЗ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ

Цель работы - изучить принципы и способы создания базы знаний продукционных экспертных систем, освоить методы сокращения баз знаний.

Еще не созданы технологии, позволяющие реализовывать в полном объеме копии человеческого мышления. Но уже делаются успешные шаги в этом направлении. В данной лекции представим основные идеи новой компьютерной системы, позволяющей строить точные копии экспертных знаний в задачах классификации.

1. Процесс мышления как манипулирование символами

В когнитивной психологии распространено представление о человеческом разуме как о системе переработки информации, выполняющей операции с символами. Символом называют смысловой образ, которым может быть отдельное понятие, рисунок, звуковой сигнал. В рамках такого представления знание рассматривается как множество реально существующих символов. Как люди, так и компьютеры способны выполнять конкретные операции над символами: запоминать символы и отношения между ними; конструировать, изменять и удалять символы; сравнивать символы или их комбинации, находить различия; принимать решения в зависимости от результатов таких сравнений. Предполагается, что система, способная выполнять эти операции, является мыслящей. Если принять такую точку зрения, то нет принципиальной разницы между мыслящим человеком и компьютером.

Построены модели, представляющие процессы мышления как операции над символами. Модель воплощается в виде компьютерной программы, после чего поведение компьютера сравнивается с поведением человека. При близком совпадении делается вывод об идентичности способов переработки информации.

Манипулирование символами — это как бы программы «думающей» системы, которая может быть устроена различным образом. Мышление человека можно адекватно представить операциями с символами; оно никак не сводится к функционированию десятков тысяч нейронов. Время активации

нейрона и время выполнения мыслительных операций существенно различаются.

Г. Саймон предлагает следующую аналогию: модели, описывающие физические системы на каком-либо одном уровне общности, мало зависят от моделей, описывающих ту же систему на другом уровне. Так, поведение физических систем на молекулярном уровне может быть адекватно описано независимо от того, что молекулы состоят из атомов, а атомы — из элементарных частиц. Следовательно, модели, представляющие процесс мышления как преобразования символов, могут рассматриваться одновременно с моделями нейронов.

Для изучения поведения эксперта в рамках информационной парадигмы важно то, что символы могут храниться в долговременной памяти как объективно существующие элементы. Их можно специальным образом выявлять и хранить в памяти компьютера. На основе выявления экспертных знаний (совокупности символов) строятся так называемые экспертные системы.

2. Два типа знания

Знание, которое одно человеческое поколение передает другому, может быть условно разделено на два типа. Один из них — факты, сведения, теории, задачи, описываемые в книгах, учебниках по различным дисциплинам и областям наук. Другой тип - человеческое умение решать задачи, сочинять музыку, лечить больных, находить неисправности в машинах и аппаратах и т.д. Если знание первого типа (его называют декларативным знанием) может быть получено в результате первичного процесса обучения в школе, в университете, то овладеть знанием второго типа (процедуральным знанием) значительно сложнее. В жизни умение передается чаще всего от учителя к ученику и совершенствуется в процессе практической работы путем решения многочисленных задач. Опытного профессионала, обладающего процедуральным знанием, называют экспертом.

Как человек становится экспертом? Какую роль в этом становлении играют опытные учителя, врожденные способности, длительность и интенсивность упражнений? Эти вопросы в течение последних лет находятся в центре внимания многих исследователей. Остановимся кратко на некоторых достаточно подтвержденных характеристиках процедурального знания (умения).

3. Время и условия становления эксперта

Прежде всего, процесс становления эксперта является достаточно длительным. Установлено, что требуется не менее 10 лет, чтобы при благоприятных условиях стать экспертом в какой-либо области профессиональной деятельности. Этот факт является универсальным: он справедлив для таких разных областей, как музыка и шахматы. Композиторы с мировой славой создавали первые произведения высокого уровня не ранее чем через 10 лет постоянного совершенствования. Лучшие гроссмейстеры, чемпионы мира, такие как Г.Каспаров, достигали высот профессионального мастерства не ранее чем через 10 лет постоянного занятия шахматами. Эти примеры можно продолжить.

Исследования показали, что большую роль в становлении эксперта играют постоянные упражнения. Два фактора — время упражнений (в спорте, музыке, шахматах и т.д.) и руководство опытного учителя, особенно на первых ступенях обучения, являются основными. Как выяснилось, природные способности человека — также важный фактор, но они могут быть сильно развиты путем постоянных упражнений, что справедливо для всех людей, не имеющих каких-либо врожденных дефектов. Наблюдения за музыкантами и спортсменами приводят к выводу, что уровень достигнутого ими мастерства прямо пропорционален времени, потраченному на упражнения.

4. Трансформация системы переработки информации

Считается, что за время становления эксперт приобретает новые качества. В его мозгу возникают особые структуры хранения специально организованной информации. Такие структуры принято называть базами знаний.

Как следует из модели человеческой памяти, она условно делится на кратковременную и долговременную. Эти два вида памяти различаются по объему и времени переработки и хранения информации. Анализ проблемы и принятие решений осуществляются обычно в кратковременной памяти, имеющей ограниченный объем. Зато эта память достаточно быстрая, и сведения, находящиеся в ней, всегда под рукой. Объем долговременной памяти очень велик, но доступ к ней требует значительно большего времени.

Существует достаточно проверенная гипотеза о том, что эксперты в результате многолетних упражнений получают возможность быстрого доступа к определенной части долговременной памяти, создавая так называемую рабочую память, участвующую в решении

задач. Таким образом, у эксперта имеется возможность не просто «запасать впрок» большой объем знаний, но и иметь к ним быстрый доступ.

5. Иерархические структуры хранения знаний

Знания, которыми владеет эксперт, организованы специальным образом, облегчающим их поиск и эффективное использование. Полученная за годы обучения информация не хранится «как попало», она организована в рамках определенных структур.

Прежде всего, решая в течение многих лет похожие задачи, эксперт вырабатывает свой взгляд, т.е. умение описывать задачи набором признаков, позволяющим успешно проводить анализ. Так, у многих шахматистов вырабатывается умение «увидеть» в позициях возможность атаки, возникающую опасность и т.д. Они умеют быстро различать типичные конфигурации расположения фигур. Врачи вырабатывают свои навыки описывать те или иные состояния больных и распознавать болезни. Как правило, возникает экономный (по составу) и эффективный (при использовании) набор признаков, описывающих состояния отдельных объектов.

Далее по таким признакам происходит группировка объектов, обеспечивающая удобное хранение информации и быстрый доступ к ней. Судя по всему, универсальной структурой является иерархическая: информация группируется по некоторым общим признакам, те в свою очередь тоже объединяются в группы и т.д. Возникает хранилище знаний, похожее на энциклопедию, снабженную индексами для быстрого поиска.

Исследование процессов принятия диагностических решений врачами показало, что знания экспертов можно достаточно точно описать совокупностью иерархических правил, построенных на значениях диагностических признаков.

ч6. Черты поведения эксперта

Итак, память эксперта устроена специальным образом. Как это проявляется в его поведении? Общепризнанными чертами поведения эксперта является не только быстрое решение задач, но и быстрый переход от рассмотрения задачи к ее решению. Хороший врач без промедления ставит диагноз. Гроссмейстер играет на нескольких досках одновременно, причем на хорошем уровне.

Известно, что эксперты почти безошибочно решают сложные задачи. Доказательством тому служат партии выдающихся гроссмейстеров прошлого, легенды о великих врачах-диагностах.

Итак, эксперты являются уникальными личностями, обладающими бесценным знанием и умеющими эффективно его использовать.

7. Подсознательный характер экспертных знаний

Возникают естественные вопросы. Нельзя ли каким-либо образом сохранить экспертные знания для будущих поколений? Можно ли выспросить у эксперта, как он решает те или иные задачи? Ответы на эти вопросы отрицательные. Одной из наиболее важных характеристик экспертного знания является его подсознательный характер. Экспертное знание не вербализуемо. Это значит, что, уверенно решая свои профессиональные задачи, эксперт не может объяснить другим, как именно он это делает. Так, гроссмейстер не может объяснить, как он выбирает очередной ход (кроме простых позиций), композитор - как он придумывает мелодию, врач - как он ставит диагноз (кроме простых случаев).

Считается, что умения людей не поддаются вербализации, объяснению. Эксперты не имеют осознанного доступа к своим правилам принятия решений. Все попытки расспросить экспертов, как они это делают, ничего не дают, так как люди в лучшем случае могут вербализовать лишь наиболее простые элементы своих правил. В ряде экспериментов показано, что даже прямые подсказки и обещание дополнительного вознаграждения не позволяют добиться от человека правдоподобного объяснения правил, которые он выработал при повторном решении задач и которыми он руководствуется при принятии решений. Считается, что умения даже хранятся в иных частях мозга человека, чем декларативные знания.

8. Трудности получения экспертных знаний

В последние 20 лет перенос экспертных знаний в компьютер стал одной из центральных проблем искусственного интеллекта.

Зачем же нужно передавать человеческие умения и опыт компьютеру? Прежде всего для того, чтобы опытом и знаниями квалифицированного специалиста пользовались не только те люди, с которыми он сталкивается, а гораздо более широкий круг возможных пользователей. Вторая, не менее важная цель - не утерять со сменой поколений умения и знания опытных людей, оставить их в наследство человечеству.

Сама по себе возможность построения искусственной системы, обладающей человеческими умениями решать сложные задачи в тех или иных областях деятельности, весьма привлекательна. Но на пути

ее решения стоят существенные трудности. Перечислим основные из них.

1. Человек не может сообщить общие абстрактные правила, которыми он руководствуется, решая ту или иную конкретную задачу, потому что его умения чаще всего хранятся на подсознательном уровне.

2. В любой области деятельности имеется большое количество (десятки и сотни тысяч) возможных практических ситуаций, при анализе которых проявляются умения человека. Желательно, чтобы этими умениями в полном объеме «овладел» компьютер, что может потребовать огромного труда и времени экспертов.

3. Люди, передающие компьютеру в том или ином виде свои знания и умения, неизбежно ошибаются. Конкретная ошибка может быть вызвана усталостью, невнимательностью, трудностью ситуации. Не ошибающихся экспертов, к сожалению, не бывает.

Отметим, что существуют разные виды человеческих умений, и для построения их компьютерных аналогов нужна совокупность различных подходов. Далее мы представим подход, позволяющий строить полные, непротиворечивые и достаточно большие базы экспертных знаний (умений) для определенного класса задач: задач классификации с явными признаками.

9. *Экспертные знания в задачах классификации с явными признаками.* Задачи классификации объектов, описываемых многими признаками, широко распространены на практике. Приведем три примера.

1. Наиболее часто встречающаяся профессиональная задача в повседневной деятельности врача — диагностика заболевания по совокупности клинических и инструментальных признаков, описывающих состояние пациента.

2. Одна из распространенных задач в геологии — поиск месторождения полезных ископаемых. Сбор информации позволяет характеризовать различные районы по совокупности признаков, в той или иной степени типичных для месторождений. По этим признакам определяют наиболее перспективные районы.

3. Поиск причин неисправностей, поломок в сложной машине или механизме. Каждая поломка может быть описана совокупностью признаков. Именно по этим признакам инженер определяет тип неисправности.

Что же общего в деятельности инженера, геолога, врача? Это общее можно представить в формальном виде следующим образом. Имеются объекты, описываемые многими признаками. Необходимо отнести эти объекты к определенным классам решений. Наиболее важная характеристика таких задач принятия решений — их повторяемость: люди решают данные задачи многократно, вырабатывая навыки наиболее успешного, эффективного решения. Количество повторных решений различно для разных областей профессиональной деятельности. Врач повседневно решает задачи распознавания одного и того же объекта - признаков заболеваний в различных их сочетаниях. Задачи, связанные с выбором района для разработки, решает многократно и геолог. В отличие от врача и геолога инженер имеет дело с изменяющимися объектами (новые конструкции машин, механизмов).

Общим в приведенных выше примерах является то, что имеется полный для конкретной профессиональной задачи набор признаков, их значений и классов решений.

Признаки, значения которых характеризуют объект и позволяют отнести его к тому или иному классу, заданы так, что их измерения могут, как правило, осуществляться либо другим человеком, либо прибором. Так, измерение процента содержания в почве какого-то минерала определяется по желанию эксперта-геолога, но он не обязательно участвует в этих измерениях. Врач-эксперт определяет состав признаков, необходимых для диагностики определенного заболевания, но он использует данные электрокардиограммы или эхокардиограммы, снятых его помощником. Он может также давать советы по телефону либо по Интернету, используя описание пациента, данное другим врачом.

Совсем по-иному обстоит дело у шахматистов. Первичным материалом является расположение фигур. Анализируя расположение фигур, шахматист характеризует его для себя оценками по ряду признаков, таких как, например, возможность развития атаки, угрозы королю и т.д. Здесь даже измерение значений признаков - искусство (умение) эксперта.

Назовем задачами классификации с явно заданными признаками такие задачи, в которых искусство эксперта проявляется в основном в умении «увидеть» через заданную совокупность значений отдельных признаков целостный образ объекта. Задачи классификации с явными

признаками широко распространены в человеческой практике. Далее речь будет идти только о таких задачах.

Метод экспертной классификации

Для решения поставленной выше задачи были разработаны методы, основанные на идеях, рассмотренных далее.

1. Структуризация проблем

Чтобы передать знания компьютеру, нужен общий язык, характеризующий конкретную предметную область. Удобен язык признаков (или характеристик), описывающих объект исследования. Таким объектом при построении баз медицинских знаний является больной, обратившийся к врачу с жалобами на боли. Признаки или характеристики в данном случае описывают состояние больного: локализация болей, их характер, иррадиация, частота пульса, артериальное давление, температура и т.д.

Как определить перечень признаков, адекватно представляющий состояние объекта исследования? Для этой цели разработана человекомашинная процедура АРИАДНА, которая имитирует диалог по телефону между неопытным специалистом, находящимся рядом с объектом исследования и проводящим измерения, и экспертом, находящимся далеко от объекта. Диалог строится таким образом, что компьютер задает вопросы эксперту, использует его ответы для постановки новых вопросов и т.д.

Приведем пример такого диалога.

Компьютер: Вас просят помочь в постановке диагноза. Начинающий врач сообщает вам по телефону, что пациент без сознания и что подозревается диабетическая кома. Каким будет ваш первый вопрос?

Эксперт: Начало заболевания - постепенное или внезапное?

Компьютер: А что более характерно для диабетической комы?

Эксперт: Постепенное начало.

Компьютер: Предположим, что начало было постепенное. Каким будет ваш следующий вопрос?

В ходе диалога эксперт называет признаки и их возможные значения, упорядочивает признаки по характерности для данного заболевания, решая привычные для себя задачи постановки диагноза.

В системе АРИАДНА использованы идеи «диагностических игр», предложенные И.М. Гельфандом.

Итак, при подобном подходе процедуры структуризации могут быть представлены следующим образом. Компьютер ставит вопросы

эксперту, приглашая его классифицировать объект исследования и называть один за другим признаки, используемые при классификации и их возможные значения для каждого класса решений.

Результатом этого этапа является совокупность признаков, необходимая для полной классификации объектов определенного типа, все возможные значения этих признаков, а также перечень классов решений.

2. Классификация состояний объекта исследования

Представленные выше характерные особенности экспертных знаний позволяют считать адекватным способом получения информации от эксперта тот, при котором эксперт решает привычную для себя задачу. Для проблем классификации с явными признаками такой задачей является анализ описания объекта исследований, данного как совокупность значений диагностических признаков. Этот анализ привычен для эксперта. Можно ожидать, что при таком анализе полностью проявляются его знания.

В качестве примера приведем задачу дифференциальной диагностики тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) и острого инфаркта миокарда (ОИМ). Перечень диагностических признаков, указанных экспертами:

1) анамнез, факторы риска;
2) боль;
3) цвет кожи;
4) дыхание;
5) артериальное давление;
6) электрокардиограмма;
7) рентгенограмма грудной клетки;
8) эхокардиограмма;
9) ферменты крови.

На шкале каждого из признаков эксперты выделили несколько значений, причем два из них наиболее характерны соответственно - одно для ТЭЛА, другое для ОИМ. Например, для первого диагностического признака шкала имеет вид:

• в анамнезе операция, травма, роды, тромбофлебит, опухоли;
• в анамнезе стенокардия, ишемическая болезнь сердца;
• в анамнезе патологии нет.

Описание проблемы вводится в компьютер. Комбинируя значения диагностических признаков, компьютер предъявляет

эксперту одно из возможных состояний объекта исследования (больного) в виде клинической ситуации. Кроме того, эксперту предоставляется перечень классов решений, к одному или нескольким из которых он относит клиническую ситуацию.

3. Гипотеза о характерности

При получении информации от эксперта активно используется гипотеза о различной характерности значений диагностического признака по отношению к каждому из классов. Иначе говоря, предполагается, что эксперт может упорядочить все значения каждого диагностического признака по их характерности для каждого из классов решений и что это упорядочение не зависит от значений других признаков.

Вернемся к проблеме дифференциальной диагностики тромбоэмболии легочной артерии и инфаркта миокарда. Одним из диагностических признаков, используемых врачом-экспертом, является цвет кожи в момент осмотра больного. Шкала данного признака имеет следующие значения:

1) резкий цианоз лица, шеи, верхней половины туловища;
2) бледность кожных покровов, акроцианоз;
3) нормальный цвет кожи.

По характерности для ТЭЛА эти значения могут быть упорядочены так: 3-2-1. Для ИМ упорядочение по характерности иное: 2-3-1.

Использование гипотезы о характерности позволяет существенно уменьшить число вопросов эксперту, необходимое для построения полной классификации.

Пусть эксперт отнес к классу P_j какое-то состояние а к объекта исследования. Это означает, что сложившийся у него (по описанию) образ объекта характерен для данного класса. В то же время отдельные признаки не обязательно имеют самые характерные значения для класса P_j . Логично предположить, что другие состояния, описание которых совпадает, кроме значений тех диагностических признаков, которые заменены на более характерные для класса P_j , также относятся к классу P_j . На формальном языке можно утверждать, что использование сформулированной выше гипотезы доминирования по характерности позволяет построить на множестве состояний А конус доминирования по характерности. Один ответ эксперта позволяет классифицировать сразу группу состояний.

Назовем используемое правило гипотезой потому, что могут быть случаи, когда распространение по характерности некорректно. Подобные случаи возникают при зависимости диагностических признаков. Поэтому применение гипотезы о характерности должно сопровождаться ее проверкой (см. далее).

4. Определение последовательности состояний для предъявления эксперту в процессе классификации

Как было показано выше, классификация состояния объекта исследования позволяет косвенно классифицировать ряд других состояний (либо уменьшить неопределенность). Это дает возможность построить полную классификацию, т.е. решить поставленную задачу, предъявив эксперту сравнительно небольшое число состояний. Для реализации такой возможности необходимо найти стратегию выбора очередного состояния для предъявления эксперту.

Система КЛАСС, а также последовавшие за ней системы ДИФКЛАСС, СТЕПКЛАСС и КЛАНШ отличаются друг от друга стратегией предъявления состояний эксперту. Так, в системе КЛАСС осуществляется выбор наиболее информативного состояния. Предполагается, что все возможные ответы эксперта для любого неизвестного состояния объекта равновероятны. Для каждого неклассифицированного состояния вычисляются количества косвенно классифицируемых состояний при всех возможных ответах эксперта. Далее под-считывается среднее количество, которое и характеризует информативность предъявления конкретного вектора. Компьютер осуществляет перебор всех неквалифицированных на данный момент состояний и выбирает то, для которого ожидаемое среднее количество косвенно классифицированных состояний максимально.

Существенно более эффективными (по числу обращений к эксперту) являются методы ДИФКЛАСС и КЛАНШ.

5. Трудоемкость построения баз знаний

Компьютерные системы построения полных и непротиворечивых баз знаний ставят эксперту вопрос за вопросом до тех пор, пока все состояния (все векторы a i из множества A) не будут отнесены к одному или нескольким классам. Для создания таких баз знаний требуется от одной—двух недель до одного— двух месяцев работы с опытным экспертом (в зависимости от объема базы знаний).

Приведем конкретные данные по системе КЛАСС. Для создания базы знаний по семи коматозным заболеваниям (классифицируются 2304 состояния пациента) потребовалось 12 ч работы эксперта, по 14 болезням, начинающимся с болевого синдрома в области живота (около 20 тыс. состояний), — 60 ч. Разработка первой базы знаний заняла примерно семь дней, второй — около месяца.

Система ДИФКЛАСС позволяет классифицировать в среднем до 700 состояний объекта исследования в час .

7. Проверка качества баз знаний

Основным критерием проверки построенных баз знаний является степень совпадения решений, содержащихся в ней и принятых экспертом, который участвовал в создании этой базы знаний. Для небольших по размеру задач (порядка 100 диагностических правил) эксперт мог оценить каждую ситуацию. Через некоторое время (две — три недели) он строил ту же базу знаний с помощью разработанной человекомашинной системы. Появлялась возможность сравнить ответы экспертов, полученные двумя разными способами.

Эксперты, решавшие задачу с малым числом противоречий, т.е. имевшие четкие правила, показали почти полное совпадение своих решений. Для больших баз знаний сравнение проводилось по отдельным ситуациям; совпадение было практически полным. Следовательно, созданная база знаний служит хорошим отражением личности эксперта, его «двойником» в определенной предметной области.

Граничные элементы классификации

Построенную классификацию можно охарактеризовать с помощью граничных элементов. Назовем граничным элементом состояние, которое в соответствии с построенной классификацией: а) принадлежит множеству Э—П; б) может оказаться в другом классе при изменении только одного значения одного диагностического признака. Граничные элементы называются так потому, что они находятся на границе, между двумя классами решений (они имеют значения признаков, характерных для каждого из классов).

Отметим, что при построении классификации граничные элементы не могут быть проверены при помощи отношения доминирования по характерности, поэтому они предъявляются эксперту повторно после построения классификации. Оказывается,

что граничные элементы могут быть применены для описания правил классификации, подсознательно используемых экспертами.

Решающие правила экспертов

Исследования показали, что граничные объекты классов могут быть достаточно точно описаны сравнительно небольшим числом правил, имеющих структуру дерева (рис. 9.1).

На рис. 9.1 верхний кружок (корень дерева) представляет совокупность значений диагностических признаков, наиболее важных для данного класса (с точки зрения эксперта). К ним добавляется определенное количество характерных для данного класса значений менее важных признаков (нижние кружки). Например, при пяти диагностических признаках правило для класса Pl может иметь вид: характерные для первого класса значения второго и четвертого признаков (они обязательно присутствуют), к которым нужно добавить любые два характерных для Pl значения из оставшихся трех признаков.

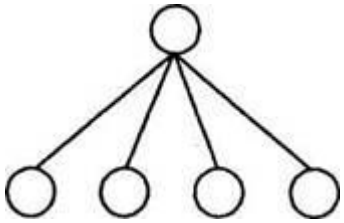


Рис. 9.1. Структура решающего правила

Важно отметить, что как полная совокупность граничных объектов, так и описывающие их решающие правила могут быть получены только при построении полной и непротиворечивой базы знаний, содержащей решения эксперта по отношению ко всем возможным объектам. Частичная база знаний не дает представления о фактических решающих правилах, используемых экспертом.

Эксперименты, проведенные с помощью системы ДИФ-КЛАСС в задачах дифференциальной диагностики, позволили получить новые данные о системах решающих правил, используемых экспертами. Эти результаты можно кратко характеризовать следующим образом.

1. Граничные элементы могут быть описаны набором простых по структуре диагностических правил.
2. Каждое из правил описывает часть граничных элементов, разделяющих классы решений.
3. Эксперт тратит на классификацию граничного элемента в два — три раза больше времени, чем на классификацию состояния объекта, находящегося внутри класса.

4. Количество решающих правил ограничено объемом кратковременной памяти и не превышает восьми.
5. Чаще всего решающее правило представляет собою дерево, построенное на значениях диагностических признаков. Наиболее существенные для класса решений значения находятся в корне этого дерева. К ним добавляется совокупность сочетаний значений других признаков (например, не более двух характерных значений для этого класса из четырех признаков).
6. Основными подсознательными операциями, выполняемыми экспертами, являются:
• выделение в описании объекта наиболее информативных значений признаков (соответствующих корню дерева);
• подсчет количества характерных для данного класса и равно-информативных значений других признаков.

Приведенные результаты позволяют понять, как эксперт осуществляет классификацию объектов, описываемых многими признаками. Наиболее вероятный, согласующийся с известными данными, процесс классификации состоит в следующем:
1) на основании многолетней практики эксперт «запасает» в своей долговременной памяти совокупность решающих правил, позволяющих описать границы классов решений. Число этих правил невелико и чаще всего не превышает объема кратковременной памяти;
2) при предъявлении очередного объекта эксперт «переносит» в кратковременную память решающие правила, сравнивает с ними объект и относит его к соответствующему классу решений. Если эти правила не позволяют классифицировать объект, он заменяет их другими из полного множества правил, заранее выработанных на основе своей долголетней практики.

Система диагностики заболеваний группы

«Острый живот» , построенная на основе метода экспертной классификации. Метод экспертной классификации, реализованный в виде человекомашинных систем экспертного опроса, использовался для разработки медицинских диагностических систем (ДС), предназначенных для морских кораблей.

Работа медицинского персонала на кораблях имеет свою специфику. Она обусловлена, с одной стороны, необходимостью своевременной и точной диагностики заболеваний личного состава (для его эвакуации в случае необходимости), а с другой —

ограниченностью имеющихся в распоряжении врача диагностических средств. Важной особенностью является и то, что большинство медицинского персонала кораблей — молодые врачи с небольшим стажем работы. В связи с этим цель проводимой работы заключалась в разработке ДС-советчика для молодого, недостаточно опытного врача, работающего без контактов с высококвалифицированными специалистами (корабль, экспедиция и т. п.).

Для повышения эффективности ДС при ее разработке максимально учитывались особенности практического применения системы. Выл определен перечень заболеваний, которые должна уметь диагностировать система. При разработке ДС учитывалось, что система предназначена для диагностики заболеваний у ограниченного контингента больных — мужчин в возрасте 25-45 лет.

Большую сложность в современной хирургии представляет диагностика острых хирургических заболеваний органов брюшной и грудной полостей, объединяемых в группу «Острый живот». Многие заболевания этой группы очень опасны для здоровья и жизни больного и требуют немедленного хирургического вмешательства. Необходимость своевременной диагностики заболеваний группы «Острый живот» обусловлена и тем, что ряд из них имеет похожую или близкую симптоматику и в то же время требует разного лечения.

Для диагностики были отобраны заболевания, которые наиболее часто встречаются в практической деятельности хирурга корабля. Множество диагностируемых заболеваний составили десять заболеваний группы «Острый живот»: острый аппендицит; острый холецистит; острый панкреатит; прободная язва желудка и двенадцатиперстной кишки; острая кишечная непроходимость; тромбоэмболия брыжеечных сосудов; желудочно-кишечное кровотечение; закрытая травма живота с повреждением внутренних органов, перитонит. Проводилась также диагностика симулирующих «острый живот» заболеваний: кишечная и почечная колики; острый гастрит; пищевое отравление; инфаркт миокарда (абдоминальная форма); плевропневмония.

Для дифференциальной диагностики перечисленных заболеваний было выделено 42 признака, доступных определению традиционными методами обследования. Они включают жалобы больного и его анамнез, а также данные осмотра, пальпации (прощупывания), перкуссии и аускультации. Кроме того, предусмотрены признаки, отражающие результаты дополнительных

методов исследования, которые могут быть проведены в условиях медицинской службы корабля. Сюда относятся лабораторные показатели: лейкоциты, эритроциты и гемоглобин в периферической крови, лейкоциты и эритроциты в моче, а также обзорная рентгенография органов брюшной и грудной полостей и ЭКГ. Для каждого признака были определены его возможные значения, соответствующие диагностируемым заболеваниям.

Заметим, что в рассматриваемой задаче маловероятно одновременное наличие у больного нескольких заболеваний. Однако сложность диагностики острых хирургических заболеваний органов брюшной полости приводит к тому, что даже учет 42 признаков не гарантирует постановку точного, однозначного диагноза. В результате заключение ДС может содержать несколько подозреваемых заболеваний, но при этом данные обследования больного позволяют, как правило, выделить среди них группы заболеваний с более сильной степенью подозрения.

Использование характерности значений признаков для различных заболеваний позволило организовать в системе имитацию динамики наблюдения за больным: в случаях, когда система ставит неоднозначный диагноз, она выдает совет врачу повторить осмотр больного через определенное время и указывает признаки, на изменение которых надо обратить особое внимание (выявленные при первичном осмотре признаки, одинаково сильно характерные для подозреваемых заболеваний). Следует отметить, что работа лечащего врача с системой заключается не только в постановке и уточнении диагноза, но и в выборе лечения в зависимости от наблюдаемой у больного симптоматики.

Проверка правильности решающих правил проводилась как самим врачом-экспертом (правильность постановки диагноза в типичных и атипичных состояниях), так и в ходе опытной эксплуатации системы в госпитале (проверка на реальных больных). Результаты проверки работы системы «Острый живот» в госпитале приводятся в табл. 9.1.

Из приведенных данных видно, что процент правильных диагнозов, устанавливаемых системой «Острый живот», достаточно высок. Более того, при ее опытной эксплуатации в течение полутора лет в госпитале в 11,1% случаев система предлагала более точный диагноз, чем врач, проводящий первичный осмотр больного.

Изложенный выше подход к построению полных и непротиворечивых баз знаний основан на имитации привычного поведения эксперта. Как оказалось, данный подход позволяет точно следовать логике рассуждений эксперта и с большой точностью воспроизводить его решения. Так, уже после построения базы знаний, содержащей огромное число диагностируемых состояний, эксперту — автору базы знаний было предъявлено 36 описаний сложных состояний, в которых (по правилам, содержащимся в базе знаний) система выдвигала подозрения одновременно на несколько (более двух) заболеваний. Эксперту было предложено заново рассмотреть эти состояния, причем компьютерный диагноз ему не сообщался.

Таблица 9.1 Результаты работы системы «Острый живот»

Нозологическая форма	Число верифицированных случаев	Совпадения компьютерного и окончательного диагнозов, %
Острый аппендицит	207	97,7
Острый холецистит	68	96,8
Острый панкреатит	41	93,1
Прободная язва желудка и двенадцатиперстной кишки	38	96,7
Желудочно-кишечное кровотечение	42	97,1
Закрытая травма живота	54	94,1
Тромбоз мезентериальных сосудов	4	3 случая совпадений
Перитонит	77	96,1
Почечная колика	230	98,1
Кишечная колика	87	97,4
Гастрит, пищевая токси-коинфекция	31	94,1
Острая пневмония, плевропневмония	30	94,5
Острый инфаркт миокарда (абдоминальная форма)	5	3 случая совпадений
Острая кишечная непроходимость	32	95,4

Эксперт проделывал эту работу дважды, с месячным интервалом, и его ответы показали высокую степень совпадения с правилами, содержащимися в базе знаний созданной им системы. В 16 случаях из 36 ответы эксперта и системы совпали полностью, в 17 случаях совпадали заболевания, указанные с высокой степенью подозрения, хотя и были различия в диагностике относительно слабо подозреваемых заболеваний. И только в трех случаях ответы частично не совпадали. Этот результат представляется весьма удовлетворительным, если учесть большую сложность построенной системы.

Еще большую надежность и безошибочность придает системе заложенная в нее возможность динамического изменения диагнозов в

сложных случаях при повторных обследованиях больных: система подсказывает врачу тактику ведения больного, признаки, за которыми надо внимательно наблюдать, время повторного обращения к системе.

Метод экспертной классификации открывает пути к точной имитации суждений эксперта, является средством преодоления существенных трудностей, связанных с приобретением экспертных знаний.

Практическая часть работы работа направлена на закреплении изученных способов построения баз знаний продукционных экспертных систем, методов расчета мощности базы знаний, способов сокращения мощности базы знаний, позволяющих сохранить целостность и непротиворечивость. Перед выполнением работы следует изучить понятия: мощность, база знаний, дерево решений, дерево правил, полнота, целостность и непротиворечивость базы знаний.

Задачи практической части:

Выбрать предметную область для построения базы знаний.

Разработать дерево целей базы знаний.

Экспертная система должна за приемлемое время найти решение, которое было бы не хуже, чем то, которое может предложить специалист в этой предметной области.

Базовые функции экспертных систем:

Приобретение знаний

Представление знаний

Управление процессом поиска решения

Разъяснение принятого решения

Продукционная экспертная система позволяет представить знания в виде правил продукции.

Правила продукции - это правила вида:

если , то

левая часть правила, правая часть правила,

предпосылки следствия

Правила продукции содержат вершины и их значения. Вершины встречающиеся в левой части правил называют истоками, а в правой части - стоком или целевой вершиной.

Совокупность правил продукции называется базой знаний продукционной экспертной системы. Экспертную систему можно

представить в виде трех деревьев: целей, решений, правил. Дерево целей предназначено для задания связей между истоками и стоком.

Описание лабораторной установки

Оборудование, технические средства:

Компьютер.

Оболочка «Экспертная система» («ЭС»).

Методика проведения работы

Выбрать предметную область. Провести ее анализ и декомпозицию, выделив целевую и исходные вершины. Построить дерево целей. Рассчитать мощность базы знаний.

В результате анализа дерева целей реорганизовать его, введя промежуточные вершину, сократив таким образом мощность базы знаний. Рассчитать полученную мощность базы знаний.

Создать базу знаний (база знаний может быть дополнительно уменьшена за счет исключения некоторых ветвей дерева решений) использую оболочку «ЭС». База знаний должна удовлетворять требованиям полноты и непротиворечивости.

Запустить оболочку «ЭС».

Создать новый проект.

Внести в базу знаний исходные вершины (истоки) с возможными значениями и искомое значение (сток).

Внесите в базу знаний правила. Заполните истоки правила с указанием их значений и следствие (я).

Выполните тестирование базы знаний. Сформируйте дерево решений и дерево правил.

В отчет по выполнению практической работы входят:

- продукционные решающие правила
- структура и интерфейс смарт-экспертной системы
- пример функционирования смарт-экспертной системы
-ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы.

1. Что такое смарт - экспертная медицинская диагностическая система?
2. В чем заключается работа когнитолога?
3. Как формируется решающее правило продукционного типа?
4. Как формируется дерево решений?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ДИАГНОСТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Цель работы: овладение навыками применения искусственных нейронных сетей в диагностическом процессе на примере персептрона и сетей Кохонена.

Краткие теоретические сведения.

Нейронные сети представляют собой новую и весьма перспективную вычислительную технологию, дающую новые подходы к исследованию динамических и классификационных задач в системах поддержки принятия решений в диагностическом процессе и-или при обработке результатов мониторинга функционирования биообъекта (включая экологические аспекты).

Способность к моделированию нелинейных процессов, работе с зашумленными данными и адаптивность дают возможности применять нейронные сети для решения широкого класса задач.

Приложения нейронные сетей охватывают самые разнообразные области интересов: распознавание образов, обработка зашумленные данных, дополнение образов, ассоциативный поиск, классификация, оптимизация, прогноз, диагностика, обработка сигналов, абстрагирование, управление процессами, сегментация данных, сжатие информации, сложные отображения, моделирование сложных процессов, машинное зрение, распознавание речи.

Первый интерес к нейросетям был обусловлен пионерской работой МакКаллока и Питса, изданной в 1943 году, где предлагалась схема компьютера, основанного на аналогии с работой человеческого мозга. Они создали упрощенную модель нервной клетки – *нейрон.* Мозг человека состоит из белого и серого веществ: белое – это тела нейронов, а серое – это соединительная ткань между нейронами, или *аксоны и дендриты.* Мозг состоит примерно из 10^{11} нейронов, связанных между собой. Каждый нейрон получает информацию через свои дендриты, а передает ее дальше только через единственных аксон, разветвляющийся на конце на тысячи *синапсов.* Простейший нейрон может иметь до 10000 дендритов, принимающих сигналы от других клеток.

Таким образом, мозг содержит не менее 10^{15} взаимосвязей между нейронами, обеспечивающих его целевое востребуемое функционирование.

Искусственным нейроном называется простой элемент, сначала вычисляющий взвешенную сумму V входных величин x_i :

$V = \sum_{i=1}^{N} W_i * x_i = \vec{W} * \vec{X}$, где N – размерность пространства входных сигналов.

Затем полученная сумма сравнивается с пороговой величиной W_0, вслед за чем вступает в действие нелинейная функция активации f. Коэффициенты $\{W_i\}$ во взвешенной сумме обычно называют *синаптическими коэффициентами* или *весами*. Саму же взвешенную сумму V мы будем называть потенциалом нейрона *i*. Выходной сигнал тогда имеет вид f(V).

Величину порогового барьера можно рассматривать как еще один весовой коэффициент при постоянном входном сигнале. В этом случае говорится о *расширенном входном пространстве*: нейрон с N-мерным входом имеет N+1 весовой коэффициент. Если ввести в уравнение пороговую величину W_0, то оно перепишется так:

$$V = \sum_{i=1}^{N} W * x + Wo.$$

В зависимости от способа преобразования сигнала и характера активации возникают различные виды нейронных структур. Существуют *детерминированные нейроны,* когда активизирующая функция однозначно вычисляет выход по входу, и *вероятностные нейроны,* состояние которых в момент t есть случайная функция потенциала и состояния в момент t-1.

В искусственных нейронах могут быть различные функции активации, к наиболее типовым из которых относятся следующие виды функций:

♦ Линейная: выходной сигнал нейрона равен его потенциалу,

♦ пороговая: нейрон выбирает решение из двух вариантов: активен / неактивен,

♦ Многопороговая: выходной сигнал может принимать одно из q значений, определяемых (q-1) порогом внутри предельных значений.

♦ Сигмоидная: рассматриваются два вида сигмоидных функций:

$$s = f(V) = \frac{1}{1 + \exp(-bV)}$$

с выходными значениями в промежутке [0,1] и

$$s = f(V) = \frac{\exp(bV) - 1}{\exp(bV) + 1}$$

с выходными значениями в промежутке [-1,1].

Коэффициент b определяет *крутизну* сигмоида. Поскольку сигмоидная функция является гладким отображением (-∞,∞) на (-1,1), то крутизну можно учесть через величины весов и порогов, и без ограничения общности можно полагать ее равной единице.

Графические изображения простейшего нейрона и виды функций с их графиками приведены на рис. 1.

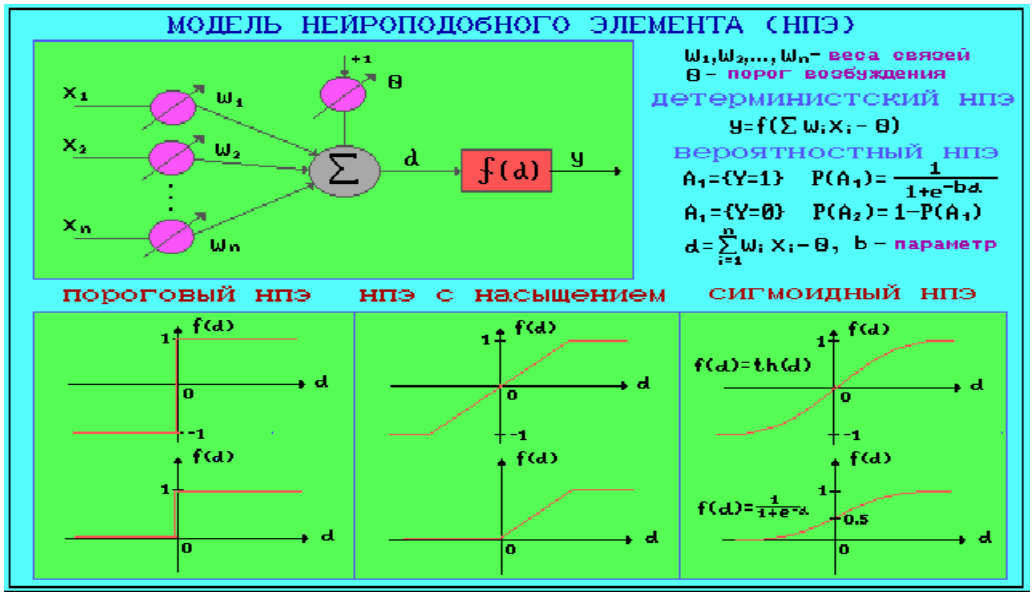


Рис.1 Изображение исскуственного нейрона

Из точек на плоскости и соединений между ними можно построить множество графических фигур, называемых *графами*. Если каждую точку представить себе как один нейрон, а соединения между точками – как дендриты и синапсы, то получим нейронную сеть. Но не всякое соединение нейронов будет работоспособно или вообще целесообразно. По архитектуре связей нейросети могут быть сгруппированы в два класса: сети прямого распространения, в которых связи не имеют петель, и сети рекуррентного типа, в которых возможны обратные связи(см. рис. 2).

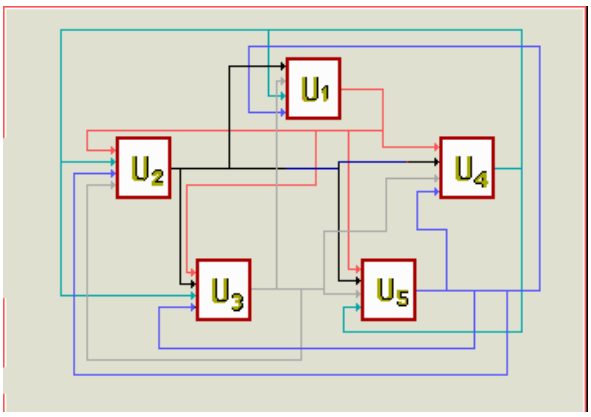


Рис. 2 Рекуррентная сеть

Сети прямого распространения подразделяются на однослойные перцепротроны (сети) и многослойные перцептроны (сети). Название перцептрона для нейросетей придумал американский нейрофизиолог Ф. Розенблатт , придумавший в 1957 году первый нейропроцессорный элемент (НПЭ) , то есть нейросеть. Он же доказал сходимость области решений для перцептрона при его обучении. Сразу после этого началось бурное исследование в этой области и был создан самый первый нейрокомпьютер Mark I. Многослойные сети отличаются тем, что между входными и выходными данными располагаются несколько так называемых скрытых слоев нейронов, добавляющих больше нелинейных связей в модель.

Рассмотрим устройство простейшей многослойной нейросети (схема представлена на рис.3). Любая нейронная сеть состоит из **входного слоя** и **выходного слоя.** Соответственно подаются независимые и зависимые переменные. Входные данные преобразуются нейронами сети и сравниваются с выходом. Если отклонение больше заданного, то специальным образом изменяются веса связей нейронов между собой и пороговые значения нейронов. Снова происходит процесс вычислений выходного значения и его сравнение с эталоном. Если отклонения меньше заданной погрешности, то процесс обучения прекращается.

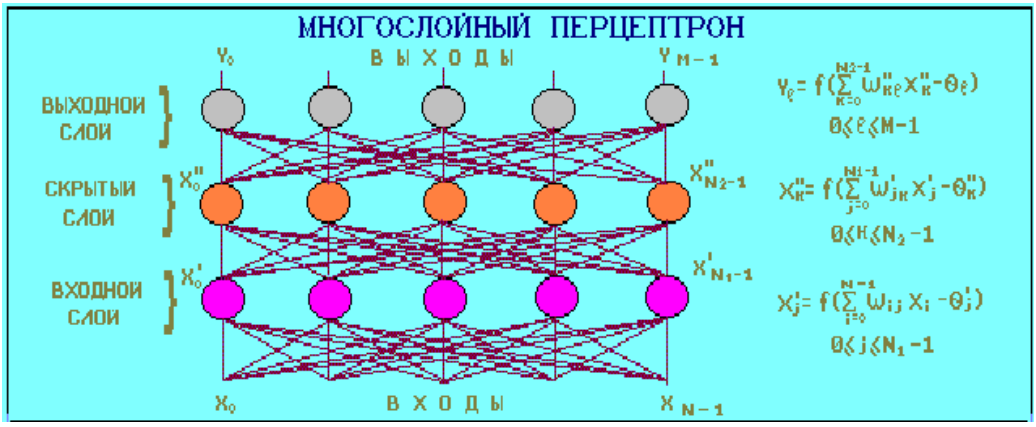


Рис. 3 Схема многослойного нейрона

Помимо входного и выходного слоев в многослойной сети существуют так называемые **скрытые слои.** Они представляют собой нейроны, которые не имеют непосредственных входов исходных данных, а связаны только с выходами входного слоя и с входом выходного слоя. Таким образом, скрытые слои дополнительно преобразуют информацию и добавляют нелинейности в модели.

Рассмотрим более подробно функционирование многослойного персептрона, представленного на рис. 3.

Если однослойная нейросеть очень хорошо справляется с задачами классификации, так как выходной слой нейронов сравнивает полученные от предыдущего слоя значения с порогом и выдает значение либо ноль, то есть меньше порогового значения, либо единицу - больше порогового (для случая пороговой внутренней функции нейрона), и не способен решать большинство практических задач (что было доказано Минским и Пейпертом), то многослойный перцептрон с сигмоидными решающими функциями **способен аппроксимировать любую функциональную зависимость** (это было доказано в виде теоремы). Но при этом не известно ни нужное число слоев, ни нужное количество скрытых нейронов, ни необходимое для обучения сети время. Эти проблемы до сих пор стоят перед исследователями и разработчиками нейросетей. Поведение рекуррентных сетей описывается дифференциальными или разностными уравнениями, как правило, первого порядка. Это расширяет области применения нейросетей и способы их обучения. Сеть организована так, что каждый нейрон получает входную информацию от других нейронов, возможно, и от самого себя, и от окружающей среды. Этот тип сетей имеет важное

значение, так как с их помощью можно моделировать нелинейные динамические системы.

Среди рекуррентных сетей можно выделить **сети Хопфилда и сети Кохонена.**

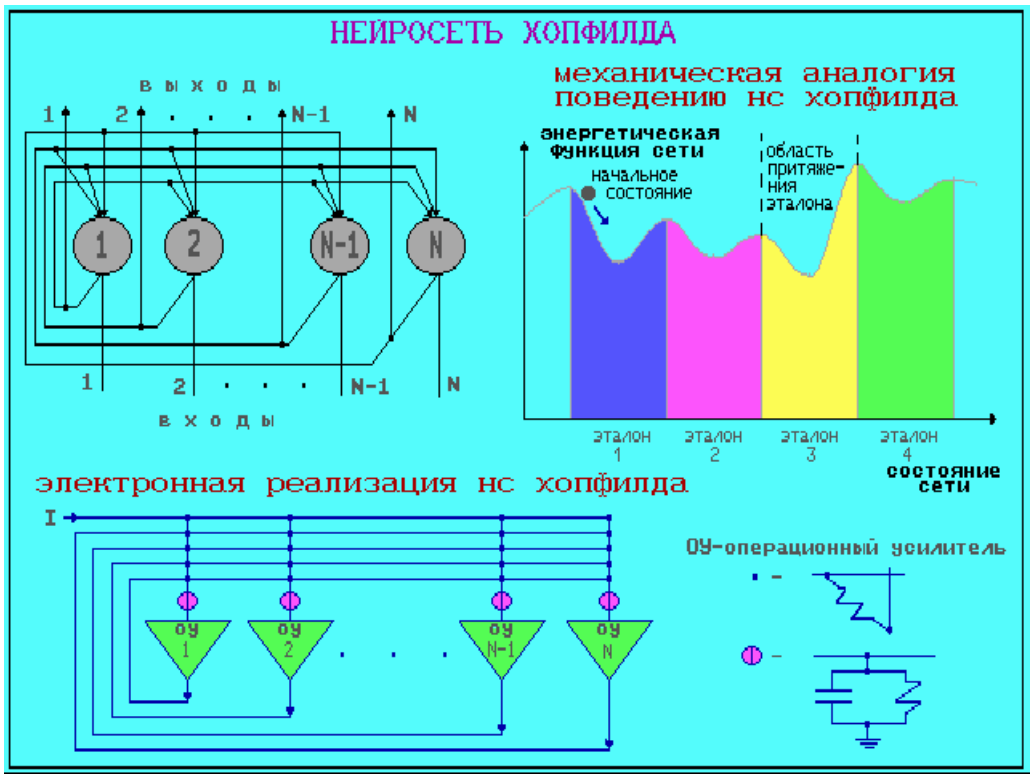


Рис.4 Структура нейросети Хопфилда

С помощью сетей Хопфилда можно обрабатывать неупорядоченные (рукописные буквы), упорядоченные во времени (временные ряды) или пространстве (графики) образцы. Рекуррентная нейросеть простейшего вида была введена Хопфилдом и построена она из N нейронов, связанных каждый с каждым кроме самого себя, причем все нейроны являются выходными. Нейросеть Хопфилда можно использовать в качестве **ассоциативной памяти.** Архитектура сети Хопфилда изображена на рис. 4. Сеть Кохонена еще называют «самоорганизующейся картой признаков». Сеть такого типа рассчитана на самостоятельное обучение во время обучения сообщать ей правильные ответы необязательно. В процессе обучения на вход сети подаются различные образцы. Сеть улавливает особенности их структуры и разделяет образцы на кластеры, а уже обученная сеть относит каждый вновь поступающий пример к одному из кластеров,

руководствуясь некоторым критерием «близости». Сеть состоит из одного входного и одного выходного слоя. Количество элементов в выходном слое непосредственно определяет, сколько различных кластеров сеть сможет распознать. Каждый из выходных элементов получает на вход весь входной вектор. Как и во всякой нейронной сети, каждой связи приписан некоторый синаптический вес. В большинстве случаев каждый выходной элемент соединен также со своими соседями. Эти внутрислойные связи играют важную роль в процессе обучения, так как корректировка весов происходит только в окрестности того элемента, который наилучшим образом откликается на очередной вход. Выходные элементы соревнуются между собой за право вступить в действие и «получить урок». Выигрывает тот из них, чей вектор весов окажется ближе всех к входному вектору.

Главное отличие и преимущество нейросетей перед классическими средствами прогнозирования и классификации заключается в их способности к обучению. На этапе обучения происходит вычисление синаптических коэффициентов в процессе решения нейронной сетью задач, в которых нужный ответ определяется не по правилам, а с помощью примеров, сгруппированных в обучающие множества. Таким образом, нейросеть на этапе обучения сама выполняет роль *эксперта* в процессе подготовки данных для построения экспертной системы. Предполагается, что *правила* находятся в структуре обучающих данных.

Для обучения нейронной сети требуются *обучающие данные*. Они должны отвечать свойствам ***представительности и случайности или последовательности***. Все зависит от класса решаемой задачи. Такие данные представляют собой ряды примеров с указанием для каждого из них значением выходного параметра, которое было бы желательно получить. Действия, которые при этом происходят, можно назвать *контролируемым обучением*: «учитель» подает на вход сети вектор исходных данных, а на выходной узел сообщает желаемое значение результата вычислений. Контролируемое обучение нейросети можно рассматривать как решение оптимизационной задачи. Ее целью является минимизация функции ошибок E на данном множестве примеров путем выбора значений весов W. Достижение минимума называется *сходимостью* процесса обучения. Именно возможность этого и доказал

Розенблатт. Поскольку ошибка зависит от весов нелинейно, получить решение в аналитической форме невозможно, и поиск глобального минимума осуществляется посредством итерационного процесса - так называемого *обучающего алгоритма*. Разработано уже более сотни разных обучающих алгоритмов, отличающихся друг от друга стратегией оптимизации и критерием ошибок. Обычно в качестве меры погрешности берется средняя квадратичная ошибка (СКО):

$$E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{M}(d_i - y_i)^2}{M}}$$

, где M – число примеров в обучающем множестве.

Минимизация величины E осуществляется с помощью градиентных методов. Изменение весов происходит в направлении, обратном к направлению наибольшей крутизны для функции:

$$W(t+1) = W(t) + \varepsilon * \frac{\partial E}{\partial W}$$

, где ε - определяемый пользователем параметр, который называется коэффициентом обучения.

Одним из самых распространенных алгоритмов обучения нейросетей прямого распространения является алгоритм обратного распространения ошибки (BackPropagation, BP). Этот алгоритм был переоткрыт и популяризован в 1986 г. Румельхартом и Мак Клелландом из группы по изучению параллельных распределенных процессов в Массачусетском технологическом институте.

Основная идея состоит в том, чтобы вычислять чувствительность ошибки сети к изменениям весов. Для этого нужно вычислить частные производные от ошибки по весам. Пусть обучающее множество состоит из P образцов, и входы k-го образца обозначены через $\{x^i_k\}$. Вычисление частных производных осуществляется по *правилу цепи*: вес входа i-го нейрона, идущего от j-го нейрона, пересчитывается по формуле:

$$\Delta W_{ij} = -\varepsilon * \sum_{k=1}^{P} \frac{\partial E_k}{\partial W_{ij}} = -\varepsilon * \sum_{k=1}^{P} \frac{\partial E_k}{\partial V_k^i} * \frac{\partial V_k^i}{\partial W_{ij}} = -\varepsilon * \sum_{k=1}^{P} \delta_k^i * x_k^i,$$

где ε - длина шага в направлении, обратном к градиенту.

Если рассмотреть отдельно k-ый образец, то соответствующее изменение весов равно:

$$\Delta W_{ij} = -\varepsilon * \frac{\partial E_k}{\partial W_{ij}} = -\varepsilon * \delta_k^i * x_k^i .$$

Множитель δ^i_k вычисляется через аналогичные множители из последующего слоя, и ошибка, таким образом, передается в обратном направлении.

Для выходных элементов получим:

$$\delta_k^i = -\frac{\partial E_k}{\partial v_k^i} = -\frac{\partial E_k}{\partial x_k^i} * \frac{\partial x_k^i}{\partial v_k^i} = -(d_k^i - x_k^i) f'(v_k^i).$$

Для скрытых элементов множитель δ^i_k определяется так:

$$\delta_k^i = -\frac{\partial E_k}{\partial v_k^i} = -\sum_h \frac{\partial E_k}{\partial v_k^h} \frac{\partial v_k^h}{\partial v_k^i},$$

где индекс h пробегает номера всех нейронов, на которые воздействует i-ый нейрон.

Алгоритм обратного распространения ошибки представлен на рис. 5.

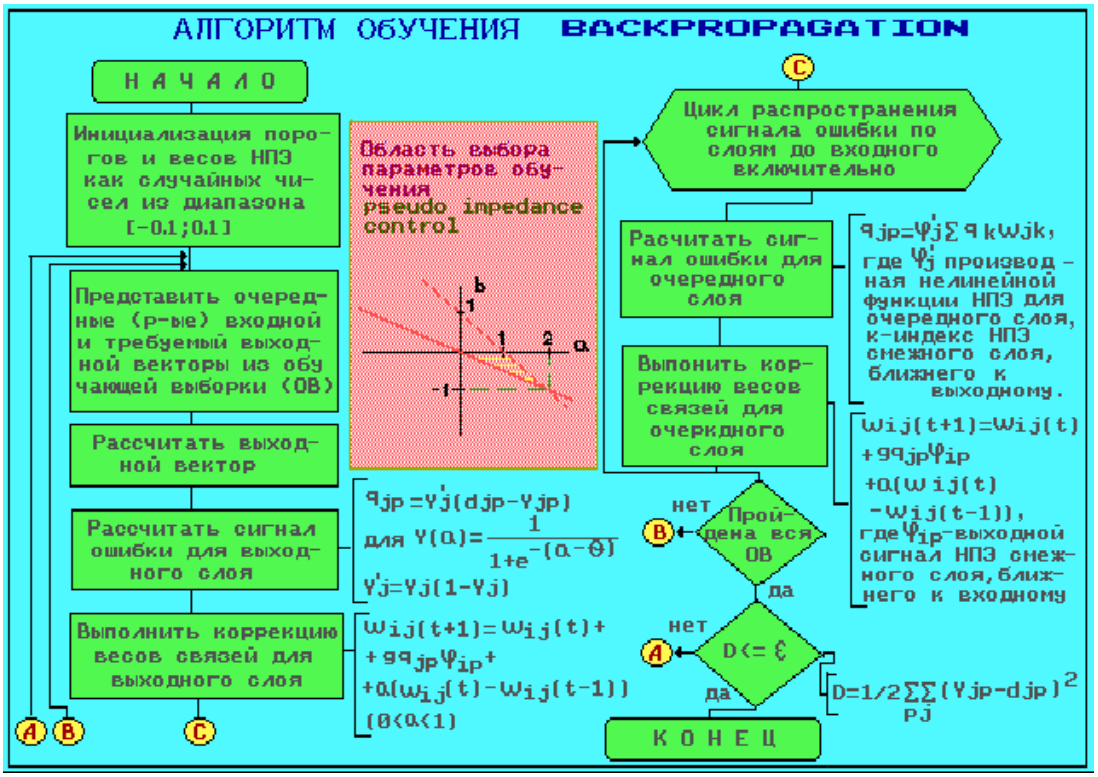


Рис.5 – Алгоритм обучения многослойной нейронной сети

Перед тем, как начинать процесс обучения нейронной сети, необходимо присвоить весам начальные значения. Цель состоит в том, чтобы найти как можно более хорошее начальное приближение к решению и таким образом сэкономить время обучения и улучшить сходимость. Классический подход к этой проблеме состоит в том, чтобы случайным образом выбрать малые значения для всех весов, чтобы быть уверенным, что ни один из сигмоидных элементов не перенасыщен. Однако это не дает полной гарантии, что такое приближение приведет к глобальному минимуму или уменьшит время сходимости. Чтобы обучение не двигалось в ложном направлении при обработке задачи классификации или распознавания, но не задачи аппроксимирования временных рядов, данные нужно перемешивать случайным образом. Иначе нейросеть «выучит» последовательность случайно оказавшихся рядом значений как истинное правило, и потом будет делать ошибку.

Иногда при изменении весов связей нейронов кроме текущего изменения веса к нему прибавляют вектор смещения с предыдущего шага, взятый с некоторым коэффициентом. В этом случае говорят, что учитывается предыдущий импульс движения. Формула изменения веса связи будет выглядеть следующим образом:

$$\Delta W_{ij}(t+1) = \mu * \Delta W_{ij}(t) - (1-\mu)\varepsilon \frac{\partial E}{\partial W_{ij}}.$$

где μ - число в интервале (0,1), которое задается пользователем.

Меру точности обучения сети определяет «шаг» изменения параметров в процессе управления обучением. Чем он больше, тем более грубым будет следующее уменьшение суммарной ошибки сети. Чем он меньше, тем больше времени сеть будет тратить на обучение и тем более возможно ее попадание в окрестность локального минимума ошибки. Поэтому управление шагом имеет важное значение для улучшения сходимости нейронной сети. В современных нейросетевых пакетах пользователь может сам определять, как будет изменяться величина шага. Очень часто по умолчанию берется линейная или экспоненциальная зависимость величины шага от количества итераций сети.

Одной из самых больших проблем при использовании нейросетей является невозможность предварительного определения оптимального количества скрытых слоев и нейронов в

них. Если нейронов будет слишком мало, то это равносильно потере каких-то нелинейных связей в модели, если нейронов будет много, то это может привести к «переобучению» сети, то есть она просто «выучит» данные, а не распознает их структуру. Поэтому применяется два основных подхода:

- деструктивный подход: берется сеть заведомо большего размера, чем нужно, и в процессе обучения из нее удаляются связи и даже сами нейроны;
- конструктивный подход: первоначально берется маленькая сеть, и к ней, в соответствии со структурой и сложностью задачи, добавляются новые элементы.

Диапазон выходных значений решающих функций нейронов лежит в интервале (0,1) либо (-1,1). Поэтому для лучшей работы сети следует предварительно масштабировать данные обучающей выборки к интервалу от 0 до 1. Это позволит уменьшить ошибки и ускорить функционирование нейросети на этапах обучения и эксплуатации.

Из теоремы об отображении практически любой функции с помощью многослойной нейросети следует, что обучаемая нами нейронная сет **в принципе** способна сама подстроиться под любые данные с целью минимизации суммарной квадратичной ошибки. Чтобы этого не происходило при обучении нейросетей используют следующий способ проверки сети. Для этого обучающую выборку еще перед началом обучения разбивают случайным образом на две подвыборки: обучающую и тестовую. Обучающую выборку используют собственно для процесса обучения, при этом изменяются веса нейронов. А тестовую используют в процессе обучения для проверки на ней суммарной квадратичной ошибки, но при этом не происходит изменение весов. Если нейросеть показывает улучшение аппроксимации и на обучающей, и на тестовой выборках, то обучение сети происходит в правильном направлении. Иначе может снижаться ошибка на обучающей выборке, но происходить ее увеличение на тестовой. Последнее означает, что сеть «переобучилась» и уже не может быть использована для прогнозирования или классификации. В этом случае немного изменяются веса нейронов, чтобы вывести сеть из окрестности локального минимума ошибки.

Самоорганизующиеся карты. Самоорганизующиеся карты (Self Organizing Maps - SOM) это одна из разновидностей

нейросетевых алгоритмов. Основным отличием данной технологии от рассмотренных нами ранее нейросетей, обучаемых по алгоритму обратного распространения, является то, что при обучении используется метод обучения без учителя, то есть результат обучения зависит только от структуры входных данных. Нейронные сети денного типа часто применяются для решения самых различных задач, от восстановления пропусков в данных до анализа данных и поиска закономерностей, например, в финансовой задаче.

Основы самоорганизующихся карт.

Алгоритм функционирования самообучающихся карт представляет собой один из вариантов кластеризации многомерных векторов. Примером таких алгоритмов может служить алгоритм ближайших средних (c-means). Важным отличием алгоритма SOM является то, что в нем все нейроны (узлы, центры классов) упорядочены в некоторую структуру (обычно двумерную сетку). При этом в ходе обучения модифицируется не только нейрон-победитель, но и его соседи, но в меньшей степени. За счет этого SOM можно считать одним из методов проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью При использовании этого алгоритма вектора, схожие в исходном пространстве, оказываются рядом и на полученной карте. SOM подразумевает использование упорядоченной структуры нейронов. Обычно используются одно- и двумерные сетки. При этом каждый нейрон представляет собой n-мерный вектор-столбец w_n , где n определяется размерностью исходного пространства (размерностью входных векторов). Применение одно- и двумерных сеток связано с тем, что возникают проблемы при отображении пространственных структур большей размерности (при этом опять возникают проблемы с понижением размерности до двумерной, представимой на мониторе).

Обычно нейроны располагаются в узлах двумерной сетки с прямоугольными или шестиугольными ячейками. При этом, как было сказано выше, нейроны также взаимодействуют друг с другом. Величина этого взаимодействия определяется расстоянием между нейронами на карте.

При реализации алгоритма SOM заранее задается конфигурация сетки (прямоугольная или шестиугольная), а также количество нейронов в сети. Некоторые источники рекомендуют использовать максимально возможное количество нейронов в карте. При этом начальный радиус обучения (neighborhood в англоязычной

литературе) в значительной степени влияет на способность обобщения при помощи, полученной карты. В случае, когда количество узлов карты превышает количество примеров в обучающей выборке, то успех использования алгоритма в большой степени зависит от подходящего выбора начального радиуса обучения. Однако в случае, когда размер карты составляет десятки тысяч нейронов, время, требуемое на обучение карты, обычно бывает слишком велико для решения практических задач, таким образом, необходимо достигать допустимого компромисса при выборе количества узлов.

Перед началом обучения карты необходимо проинициализировать весовые коэффициенты нейронов. Удачно выбранный способ инициализации может существенно ускорить обучение и привести к получению более качественных результатов. Существуют три способа инициирования начальных весов:

1. инициализация случайными значениями, когда всем весам даются малые случайные величины;
2. инициализация примерами, когда в качестве начальных значений задаются значения случайно выбранных примеров из обучающей выборки;
3. линейная инициализация. В этом случае веса инициируются значениями векторов, линейно упорядоченных вдоль линейного подпространства, проходящего между двумя главными собственными векторами исходного набора данных. Собственные векторы могут быть найдены, например, при помощи процедуры Грама-Шмидта.

Обучение карт состоит из последовательности коррекций векторов, представляющих собой нейроны. На каждом шаге обучения из исходного набора данных случайно выбирается один из векторов, а затем производится поиск наиболее похожего на него вектора коэффициентов нейронов. При этом выбирается нейрон-победитель, который наиболее похож на вектор входов. Под похожестью в данной задаче понимается расстояние между векторами, обычно вычисляемое в евклидовом пространстве. После того, как найден нейрон-победитель, производится корректировка весов нейро-сети. При этом вектор, описывающий нейрон-победитель, и векторы, описывающие его соседей в сетке, перемещаются в направлении входного вектора.

Использование искусственных нейронных сетей в медицине используется в основном в двух направлениях: синтеза

классификационных решающих правил для решения диагностических задач (включая прогнозирование возможных состояний больного при различных терапевтических процедурах и технологиях лечения) и прогнозирования значений регистрируемых показателей, характеризующих функционирование как определенной физиологической или функциональной системы так и организма в целом. Разумеется задача прогнозирования качественно разрешается в экстраполяционном временном интервале.

Для решения задачи классификации используются различные пакеты программного обеспечения: Statistica, Mahlab Simulink. Neirosolution, специализированные средства для решения определенных задач.

Рассмотрим примеры синтеза нейронных сетей в универсальных оболочках.

1. В пакете STATISTICA:

Для решения задач классификации используется *Мастер решения задач.*

Первый шаг: открывается подготовленный файл данных; ряд переменных (столбцов) являются значениями параметров, категорильная переменная (последний столбец) обозначает диагностический класс.

Второй шаг: открывается окно «*Тип задачи» («Problem Type»)*; указывается тип задачи и нажимается кнопка «*Next*».

Третий шаг: в окне выбирается зависимая переменная (диагностического класса) и нажимается кнопка «*Next*».

Четвертый шаг: в окне выбираются входные (независимые) переменные; после нажатия кнопки «*Next*» *Мастер решения* автоматически разобьет выборку на обучающую, контрольную и тестовую подвыборки, выделив их черным, синим и красным цветом, соответственно, и производит перемешивание наблюдений для обеспечения репрезентативности подвыборок.

Пятый шаг: на экране появляется окно «*Длительность поиска*» («Duration of Design Process»), в котором задается длительность поиска: быстрый, средний, полный, ограниченный по времени.

Шестой шаг: в открывшемся окне «*Сохранение сетей» («Saving Networks»)*определяется способ сохранения сетей, например: сохранить сети с лучшим качеством решения, максимальное число сохраняемых сетей и т.д.; затем, в следующем открывшемся окне указываются опции представления результатов.

Седьмой шаг: после нажатия кнопки «*Finish*» STATISTICA производит вычисления и предоставляет итоговый результат в виде таблицы - например, если был выбран на предыдущем шаге режим «сохранить 10 сетей с лучшим качеством», то на экране появятся следующие столбцы: – *Type* – указывается тип сетей, *RBF* – указываются радиальные базисные функции, *Linear* – линейные, *MLP* – многослойный персептрон, ошибка, входы, скрытые, *Perfomance* – качество (указаны доли правильно классифицированных диагностических состояний) – определяется по контрольному подмножеству (доля правильно классифицированных наблюдений – диагностическая эффективность).

Лучшая сеть отмечается знаком «*». Для удаления из набора сетей неудовлетворительного качества используется правая кнопка мыши и команда «*Удалить*» («*Delete*»).

Выделенная нейронная сеть делается активной с помощью команды всплывающего меню «*Выбрать*» («*Select*»).

Если набор нейронных сетей заполнен, то программа *ST Neural Networks* должна определить, какие из имеющихся сетей заменяются вновь создаваемые. После нажатия кнопки *Options-Опции* в диалоговом окне *Редактор набора сетей – Network Set Editor*. На экране появиться окно *Параметры набора сетей – Network Set Options*, в котором задается максимальное количество сетей в наборе (по умолчанию – 30). Установив необходимые значения параметров набора сетей нажимается кнопка *Закрыть – Close*.

Для исследования степени информативности входных переменных в обученной сети применяют *анализ чувствительности* – для этого используют команду *Чувствительность – Sensitiivity* из выпадающего меню. Программа строит таблицу, в которой указывается чувствительность сети по отношению к каждой переменной: ранг, ошибка и отношение. Показатели чувствительности определяются отдельно для обучающего и контрольного набора (подвыборки) наблюдений. В качестве столбцов в окне выступают переменные исходного файла данных.

2. Классификация с помощью персептрона в пакете MatLab.

Классификация состоит из этапов: ввод данных, обучение сети, классификация. Для оценки качества классификации (диагностики) первоначально результаты обследования (и-или результаты мониторинга за состоянием) биообъекта разделяются на две подвыборки: обучающая и тестовая. Если руководствоваться

принципом «золотого сечения», то соотношение размеров указанных выборок -0,62:0,38.

Рассмотрим пример 1, реализованный в пакете MatLab 7 SP 2 + Simulink 6, для обучения **персептрона**:

```
>> % одному из двух классов
>> P=[-0.5 -0.5 +0.3 – 0.1;-0.5 +0.5 -0.5 +1.0];
>> T=[1 1 0 0];
>> plot (P,T);
>> % графическое представление исходных данных
>> %  создание персептрона
>> % с указанием границ изменений и одним нейроном
>> My_net=new([1 1; -1 1], 1); % инициализация персептрона
>> %  организация цикла адаптивной настройки персептрона
>> % с показом графика линии разделения классов
>> %  while (sse(E))
        [My_net, Y,E]=adapt(My_net, P, T);
        Linehandle=plotpc(My_net.IW{1}, My_net.b{1});
        Drawnow;
        End;
```

В приведенной программе исходными данными являются входные векторы с указанием их принадлежности к одному из двух классов – с индексами 0 и 1. P – матрица, столбцы которой соответствуют 4-м входным векторам, T – вектор, элементы которого указывают на принадлежность вектора к нулевому или первому классу. Итоговый результат отображает обучающие вектора и разделяющую их линию, формируемую обученным персептроном.

Для проверки качества созданного классификатора подадим, например, на вход обученного персептрона контрольный вектор p={0.4; 0.5} и проанализируем реакцию сети. Моделирование иллюстрирует следующий программный фрагмент.

```
>> p=[0.4; 0.5];
>> = = sim(My-net,p);
>>a
a=
0
```

Его работа показывает, что последовала реакция сети a=0, т.е., предъявленный контрольный вектор относится к нулевому классу, что является правильным (и графически подтверждается рисунком).

Построение графика реализуется следующим программным фрагментом:

```
>>  plot(p,a);
>> hold on;
>> plotpv(P,T);
>>  Linehandle=plotpc(My_net.IW{1}, My_net.b{1});
>> hold off
```

Для оценки диагностического качества здесь и далее с помощью статистических вычислений ошибок первого и второго рода классификации необходимо на контрольной выборке для ряда объектов выполнить анализ правильности срабатывания персептрона и рассчитать значения показателей диагностических чувствительности, специфичности и эффективности.

Рассмотрим пример 2, реализованный в пакете MatLab 7 SP 2 + Simulink 6, для обучения **сети со слоем Кохонена**:

*Задание***:** Используя встроенные функции пакета нейронных сетей математической среды Matlab, построить нейронную сеть со слоем Кохонена, которая множество входных данных разделит на кластеры и выявит их центры. На обученную сеть подать новый входной вектор и определить, к какому кластеру он относится.

Для создания нейронной сети со слоем Кохонена воспользуемся встроенной в среду Matlab функцией *newc:*

```
X=[0 1; 0 1];
clusters=5;
points=5; %Задание количества точек в кластере
std_dev=0.01;
p=nngenc(X,clusters,points,std_dev);%Моделирование входных данных
h=newc([0 1;0 1],5,.1); % создание слоя Кохонена
h.trainParam.epochs=50; %Задание количества циклов обучения
h=init(h);
h=train(h,p);
w=h.IW{1}; % вывод графиков исходных данных и выявленных
центров кластеров
plot(p(1,:),p(2,:),'^r'),grid;
hold on;
plot(w(:,1),w(:,2),'ob');
xlabel('p(1)');
ylabel('p(2)');
```

```
A=0.6
B=0.5
p=[A;B];
plot(A,B,'^k');
y=sim(h,p) %Опрос сети
A =0.6000
B =0.5000
y = (2,1)
```

Результат работы программы отображается в командном окне.

Предъявленный вектор отнесен ко второму кластеру. Теперь данный алгоритм применим к реальной (хоть и элементарной) задаче кластеризации. На вход нейронной сети будем подавать данные весоростовых показателей людей и попробуем выявить три класса (кластера): нормальный весоростовой показатель; избыток веса; недостаток веса. Программный код выглядит следующим образом:

```
%входные данные (первая строка матрицы - рост; вторая - вес)
p=[175 180 182 175 183 176 183 176 183 176 175 180 178 180 178 182
178 182 179 174 172 179; 70 75 100 99 42 48 76 72 40 45 92 96 70 69 95
90 79 82 80 50 96 91]  %создаем НС Кохонена с 3 кластерами
(нормальный весоростовой показатель, избыток веса и недостаток
веса)
h=newc([0 200;0 100],3,.1);
h.trainParam.epochs=500; %Задание количества циклов обучения
h=train(h,p);
w=h.IW{1};
plot(p(1,:),p(2,:),'^r');
hold on;
plot(w(:,1),w(:,2),'ob');
xlabel('Rost');
ylabel('Ves');
% Задание нового входного вектора
%Опрос сети
A=181
B=65
p=[A;B];
plot(A,B,'+r')
y=sim(h,p)
A =181
```

B = 65
y = (2,1) 1

Результат работы программы представлен в командном окне: *y=(2,1) 1*. Предъявленный вектор отнесен ко второму кластеру.

3. Теперь рассмотрим использование ***самоорганизующей карты*** на примере двумерных векторов. Используя самоорганизующиеся карты, двумерные векторы разбить на кластеры и выявить их центры, затем подать на вход самоорганизующей карты новый вектор и определить кластер, к которому он относится.

```
P=rands(2,100); %Задание случайных двухмерных входных векторов
figure(1);
hold on;
plot(P(1,:),P(2,:),'+r') %визуальное изображение входных векторов
%Создание НС с 3*4 нейронами
%По умолчанию функция TFCN = 'hextop', то есть нейроны
располагаются в узлах двумерной сетки с шестиугольными ячейками
net=newsom([0 1;0 1],[3 4]);
net.trainParam.epoch=1 %Задание числа циклов настройки
net=train(net,P); % настройка сети
A=0.5
B=0.3
p=[A;B]; % Задание нового входного вектора
plot(A,B,'^k') %прорисовка на рисунке входного вектора (черный
треугольник)
figure(2)
plotsom(net.iw{1,1},net.layers{1}.distances)
a=sim(net,p) %опрос сети
A = 0.5000
B = 0.3000
a = (5,1) 1
```

4. Результат работы программы представлен в командном окне: a = (5,1) 1/ Предъявленный вектор отнесен к пятому кластеру.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Изучить теоретический материал и принципы построения искусственных нейронных сетей, включая язык программирования в MatLab 7 SP 2 + Simulink 6.
2. Сформировать выборки исходных данных по Таблице 1, характеризующие результаты общего анализа крови. Выборки состоят из:
- для пакета STATISTICA - матрицы, включающей три показателя крови (согласно варианта задания – определяется преподавателем) и идентификаторов состояния («здоров», «болен»), трех матриц типа «показатель», «состояние»;
- для MatLab 7 SP 2 + Simulink 6 - трех матриц типа «показатель», «состояние».
3. Построить нейронные сети в пакетах STATISTICA и MatLab 7 SP 2 + Simulink 6 (или иных версиях MatLab) – персептрон, сеть Кохонена, самоорганизующие карты для всех сформированных в п.2 матриц.
4. По результатам п.3 сравнить качество работы сетей – в качестве показателя качества использовать диагностическую эффективность.
5. По зафиксированным скрин-шотам работы с программными инструментариями (представляются в отчете по выполнению лабораторной работы) и результатами п.4 сделать выводы о перспективности применения полученных сетей для диагностического процесса.
6. Оформить отчет.

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под кластеризацией?
2. Для чего применяются искусственные нейронные сети?
3. Каким образом классифицируются искусственные нейронные сети?
4. Для решения каких задач предназначены искусственные нейронные сети?
5. В чем заключается закон обучения Кохонена?
6. Опишите встроенные операторы Matlab для кластеризации.
7. Зачем используются самоорганизующиеся карты? Чем отличаются сети Кохонена от SOM?
8. Как устроен персептрон?

9. В чем заключается принцип обратного распространения ошибки в искусственных нейронных сетях?
10. Что такое – «скрытые слои» искусственной нейронной сети?
11. Как проверяется диагностическое качество работы искусственной нейронной сети?
12. Перечислите основные недостатки и преимущества применения искусственных нейронных сетей в диагностическом процессе?
13. В чем состоят отличия искусственных нейронных и иммунных сетей?

Таблица 1. Данные для построения искусственной нейронной сети.

Больные					
№ п.п.	эритроциты	гемоглобин	Цветовой показатель	моноциты	СОЭ
1	4,6	142	0,93	2	9
2	4,2	115	0,82	2	16
3	3,4	107	0,94	2	8
4	5	170	1,02	4	2
5	3,6	105	0,88	2	22
6	5,3	108	0,61	2	6
7	4,16	132	0,95	4	10
8	4,3	145	1,01	3	4
9	5	160	0,96	1	4
10	3,1	108	1,05	4	12
11	4	124	0,93	3	10
12	5,1	164	0,96	6	12
13	4,25	138	0,97	4	26
14	4,3	150	1,05	9	9
15	4,8	153	0,96	2	9
16	3,6	114	0,95	1	14
Здоровые					
1	4,2	137	0,98	3	3
2	4,05	125	0,93	2	7
3	3,9	125	0,96	9	5
4	3,85	120	0,94	5	5
5	4,2	134	0,96	8	4
6	3,65	117	0,96	3	9
7	4,4	146	0,995	4	3
8	4	122	0,92	2	10
9	4,7	150	0,96	3	6
10	4,6	144	0,94	6	3
11	4,26	140	0,99	6	3

12	4,2	140	1	6	6
13	4,5	140	0,93	9	1
14	4,5	150	1	4	4
15	4,4	148	1,01	10	2
16	4,4	143	0,98	8	4