УДК 550.8: 512.563.6: 510.64

Ю.М. Сметанин, Л.П. Сметанина

ЛОГИКО-СЕМАНТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ И РАСЧЕТА РИСКОВ

Рассматривается новая логико-семантическая модель, ее применение для решения задач классифицирования и расчета вероятностей для системы зависимых в совокупности случайных событий. Проблема правильной классификации объектов исследования в описательных науках (биология, почвоведение геология) всегда являлась тормозом их развития. Особенно в последние десятилетия в связи с резким увеличением фактологии, влекущей постановку новых задач, изменением нормативной базы применения результатов исследований, ужесточением методологических требований в связи с использованием новых методов исследований на базе вычислительной техники. Математический подход трактует классификации как формальные модели, предназначенные для решения заданного класса задач. При этом предполагается, что все классификационные свойства объектов можно рационально разделить на прямые и косвенные. Самыми важными при этом подходе являются две проблемы: предсказание новых классов объектов и распознавание прямых свойств через косвенные свойства объектов. Показано преимущество используемой логико-семантической модели для описания и решения рассматриваемых классов задач.

Ключевые слова: классифицирование, задачи распознавания, расчет рисков в структурно сложных системах.

В качестве прикладных задач классифицирования и расчета вероятностей для системы зависимых в совокупности случайных событий выбраны три:

- классическая задача распознавания [1];
- задача диагностики [2; 3];
- задача расчета надежности структурно сложных систем в нефтегазовой и энергетической отраслях [4].

Первые две задачи инвариантны для биологии, медицины, геологоразведки и других слабоструктурированных областей деятельности. В данной работе для постановки и решения этих задач используется модель на основе алгебраической системы с невырожденной булевой алгеброй, которая является базой для непарадокасальной пропозициональной логики, являющейся развитием логики классов П.С. Порецкого [5].

Используемая логико-семантическая модель, определения и обозначения.

Распознавание – это разнесение объектов исследуемого множества U, описанных n-мерными векторами значений свойств $\tilde{\aleph}_n = \langle \aleph_1, \aleph_2, ..., \aleph_n \rangle$ по образам $A_m = \langle A_1, A_2, ..., A_m \rangle, A_i \subset U, i = \overline{1,m}$ при условии, что задано конечное число примеров такого разнесения или материал обучения. Множество свойств измеряется, как правило, в различных шкалах. Для задач геологоразведки и прогнозирования наличия и свойств месторождения целесообразно использовать классификацию признаков [2; 3].

Среди свойств (признаков) выделяют косвенные и прямые по затратам на наблюдение и квалификации исполнителя. Косвенные свойства характеризуются невысокими затратами на наблюдение (измерение) и не требуют высокой квалификации исполнителей. Все остальные свойства считаются прямыми. По характеру определения значений свойства объектов делятся на объективные и субъективные. Прямые объективные свойства объектов а из семейства А называются задающими образы, косвенные объективные свойства объектов называются распознающими образы, а все субъективные свойства – представляющими образы.

Будем говорить о проблеме предсказания (выявления возможности), когда речь идет об определении значений прямых свойств объектов е из U через их косвенные свойства. Если при этом важным является экономия времени, говорят о прогнозе, когда важным является экономия средств – о диагнозе. Диагноз называют слабым, если прямые свойства объектов измеряются в шкалах наименования или порядка. Если отсутствует готовая форма математической модели, связывающая прямые и косвенные свойства объектов, и нет возможности получить ее за счет дедуктивного вывода, говорят о распознавании вообще. Если при этом прямые свойства объектов являются объективными, то говорят о распознавании.

В науках о земле распознавание понимается как определение прямых свойств из $\tilde{\aleph}_n = \langle \aleph_1, \aleph_2, ..., \aleph_n \rangle$ для объекта e из U через его косвенные свойства в фиксированный момент времени. Прямые и косвенные свойства определяются объективно, отсутствуют связывающая их математическая модель, имеется исходный эмпирический материал и общие априорные представления о характере математической модели.

При этом распознавание превращается в сложный творческий процесс. Проводится в целях совершенствования теоретических и эмпирических средств оперирования с объектами для установления прямых свойств и объяснения связи прямых и косвенных свойств.

Весьма продуктивным при этом является использование логико-семантических моделей. Например, в начале 1970-х гг. А.А. Трофимук, В.С. Вышемирский и А.Н. Дмитриев показали эффективность логико-дискретных методов и на глобальном материале разработали методы прогноза гигантских месторождений нефти. Ряд их прогнозов по Западной и Восточной Сибири получил убедительное подтверждение [3].

Предлагаемая в данной работе логико-семантическая модель, использующая невырожденную булеву алгебру, позволяет более эффективно решать задачи прогноза и диагностики, а также расчета рисков.

Рассмотрим конъюнкции, составленные из базовых суждений (конъюнктов) из $NOB_S = \langle A(X,Y), Eq(X,Y), IO(X,Y), X \subset U, X = U \rangle$, где U –универсум, $X \cdot Y\,' -$ пересечение X и дополнения Y до универсума. Вместо X и Y можно подставить ППФ $F_1(\tilde{X}_n), F_2(\tilde{X}_n)$ алгебры множеств, составленных посредством операций объединения (+), пересечения (·) и дополнения до универсума.

$$\mathrm{A}(X,Y) \equiv (X \subset Y) \cdot (X \subset U) \cdot (X' \subset U) \cdot (Y \subset U) \cdot (Y' \subset U)$$
$$Eq(X,Y) \equiv (X = Y) \cdot (X \subset U) \cdot (X' \subset U) \cdot (Y \subset U) \cdot (Y' \subset U)\,; \quad (1)$$
$$IO(X,Y) \equiv (X \cdot Y \subset U) \cdot (X \cdot Y' \subset U) \cdot (X' \cdot Y \subset U) \cdot (X' \cdot Y' \subset U)\,.$$

В тождествах (1) Знаки $\langle +, \ \cdot, \ ' \rangle$ для множеств - это операции алгебры множеств, для суждений — операции дизъюнкции, конъюнкции и отрицания. Из базовых конъюнкций можно составить конъюнктивные формулы, например:

$$G_5(X,Y) = (X \subset U) \cdot (X' \subset U) \cdot (Y = U) \quad (2).$$

Неконъюнктивные формулы могут быть приведены к дизъюнкции конъюнктивных. Далее рассматриваются конъюнктивные формулы.

Область интерпретации формул построим из образов n-арных модельных схем [6] вида $M_S = \langle \Omega, \aleph_1, \aleph_2, ..., \aleph_n \rangle$, где Ω –универсум, $\aleph_i \subseteq \Omega$, $\tilde{\aleph}_n = \langle \aleph_1, \aleph_2, ..., \aleph_n \rangle$. Здесь подмножества универсума $\tilde{\aleph}_n$ обозначают одновременно и свойства объектов распознавания. Графически модельную схему (отношение) можно изобразить диаграммой Венна. Число таких схем не более $2^{(2^n)} - 1$.

Модельная схема определяется множеством ее непустых конституент, которое назовем характеристическим. Бинарные схемы обозначим $G_1(\aleph_1, \aleph_2), ..., G_{15}(\aleph_1, \aleph_2)$. Для них по единицам в двоичном изображении номерам схемы восстанавливаются номера конституент, которые являются непустыми в данной схеме, и сама схема. Например, для G_{15}, $15_{(10)} = 1111_{(2)}$, поэтому $\aleph_1 \cdot \aleph_2 \neq \varnothing, \aleph_1 \cdot \aleph_2\,' \neq \varnothing,$ $\aleph_1\,' \cdot \aleph_2 \neq \varnothing, \aleph_1\,' \cdot \aleph_2\,' \neq \varnothing$ и $G_{15} = IO(\aleph_1, \aleph_2)$. В схемах $G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_{81}, G_{10}, G_{12}$ одно или оба модельных множеств либо совпадают с универсумом, либо пустые. В остальных схемах модельные множества не пусты и не универсальны. При этом $G_9 = Eq(\aleph_1, \aleph_2)$ и $G_{13} = A(\aleph_1, \aleph_2)$. Однозначно сопоставим характеристическому множеству n-арной модельной схемы и самой модельной схеме универсум U и кортеж ,$\langle U, X_1, X_2, ..., X_n \rangle$ в котором все множества называются конституентными и составлены из номеров непустых конституент (рис. 1). А-онтология

$$I_{M_S} = \langle U = \{0,1,2,3,4,6\}, X_1 = \{4,6\}, X_2 = \{2,3,6\}, X_3 = \{1,3\} \rangle, \text{ поэтому}$$

$$M_S = \left\langle \Omega = \bigcup_{i\in\{0,1,2,3,4,6\}} K(i),\ \ \aleph_1 = \bigcup_{i\in\{4,6\}} K(i),\ \ \aleph_2 = \bigcup_{i\in\{2,3,6\}} K(i),\ \ \aleph_3 = \bigcup_{i\in\{1,3\}} K(i) \right\rangle,$$

где $K(i)$ – конституента с номером i. Например, $K(4) = \aleph_1 \cdot \aleph_2{}' \cdot \aleph_3{}'$; $4_{(10)} = 100_2$. А-онтология $I = \langle U, X_1, X_2, ..., X_n \rangle$ называется канонической, если $U = \{0,1,...,2^n - 1\}$. То есть все конституенты соответствующей ей модельной схемы не пусты. Будем называть его алгебраической онтологией (А-онтологией) (рис. 2).

При логико-семантическом моделировании объект моделирования можно условно отождествить с его описанием, заменяя его присущей ему комбинацией выявленных признаков, релевантных целям моделирования. Можно считать, что семейство существенных с точки зрения достижения целей признаков имеют такие же обозначения (имена), как конституентные множества X_i. При этом экземпляры изучаемого объекта не различимы, если являются элементами одной конституенты.

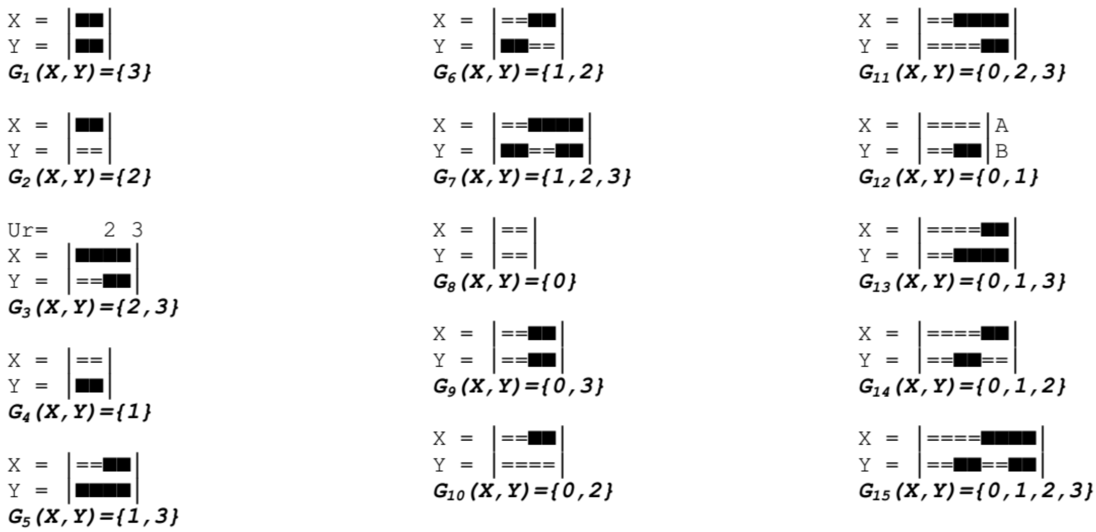

Рис. 1. Модельные схемы в виде А-онтологий

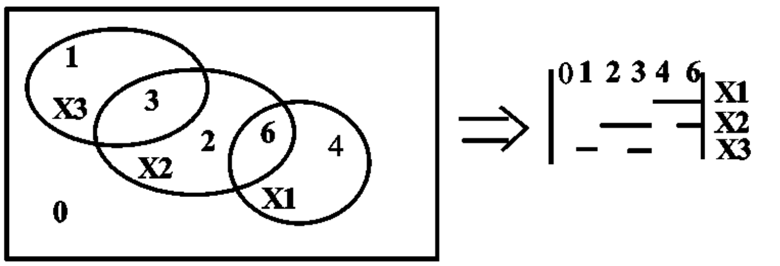

Рис. 2. Переход от модельной схемы (диаграммы Венна) к А-онтологии I_{M_S}

Таким образом, мы имеем модель исследуемого объекта в виде алгебраической системы (АС) (1)

$$\langle B(\tilde{X}_n),\quad \mathrm{W}_F,\quad \mathrm{W}_R \rangle, \qquad (3)$$

где $\mathrm{W}_F = \{+, \cdot, '\}$, $W_R = \{=, \subset\}, i = \overline{1,n}$, $\tilde{X}_n = \{X_1, X_2, \cdots, X_i\}$. Операции из W_F есть операции пересечения объединения и дополнения до универсума множеств X_i. Основа АС (1) – $B(\tilde{X}_n)$ есть множество, составленное из элементов, которые являются всевозможными подмножествами, включая пустое и универсум U, которые можно получить из множеств семейства X_i. Основа (3) так же как модельная схема, может быть задана указанием характеристического множества и А-онтологии.

В работах [7-9] построено исчисление конституентных множеств, теоремы которого позволяют алгоритмически сопоставить конъюнктивной формуле максимальную по составу непустых конституент А-онтологию.

1. Решение вероятностных задач с моделью вероятностного пространства в виде А-онтологии

Рассмотрим задачу расчета безотказной работы структурно сложной системы (ССС), которая решается в логико-вероятностном исчислении (ЛВИ) И.А. Рябинина [4]. Предлагаемая методика [10] является развитием ЛВИ на случай систем зависимых случайных событий (немонотонных ФАЛ в общепринятой терминологии). Трудности совмещения понятий логика и вероятность происходят от того, что классический, восходящий к П.С. Порецкому, подход к исчислению вероятностей случайных событий использует невырожденную булеву алгебру на основе множеств, а инженерный подход школы ЛВИ и подход искусственного интеллекта использует вырожденную булеву алгебру на основе индикаторов случайных событий – менее адекватную модель для описания вероятностного пространства. Предлагаемая методика расчета вероятностей основана на построении модели вероятностного пространства, в котором случайные события трактуются как подмножества универсума и могут быть построены как объединение попарно несовместимых случайных событий, вероятности которых можно определить из исходных данных задачи.

Рассмотрим задачу определения вероятностей состояний системы, в которой имеются два дублирующих генератора электроэнергии. Их безотказная работа обусловлена надежностью и поражающим фактором (аварией на месторождении), который может на них воздействовать с некоторой вероятностью. Построим вероятностное пространство, моделирующее различные состояния системы.

Обозначим через X_1, X_2 случайные события (с.с.). заключающиеся в штатном функционировании энергоблоков 1 и 2 без учета поражающего фактора, X_3 – с.с. обозначающее воздействие поражающего фактора X_5, X_4 – с.с., заключающиеся в выходе из строя первого и второго энергоблока под воздействием поражающего фактора. В задаче вероятности $r1 = P(X_1)$, $r2 = P(X_2)$, $r3 = P(X_3), r4 = P(X_4), r5 = P(X_5)$ получены на основе экспертных оценок и статистических данных. Рассмотрим логическое описание задачи посредством утверждений из NOB_S. С.с . X_5 влечет с.с. $X_1{}'$, с.с. X_4 влечет $X_2{}'$, с.с. $X_5 + X_4$ влечет с.с. X_3. Таким образом, вероятностное пространство задачи описывается конъюнкцией $(X_5 \subset X_1{}') \cdot (X_4 \subset X_2{}') \cdot (X_4 + X_5 \subset X_3)$ или с учетом того, что все события являются возможными, $A(X_5, X_1{}') \cdot A(X_4, X_2{}') \cdot A(X_4 + X_5, X_3)$

Построенная по этой формуле А-онтология показана на рис. 3.

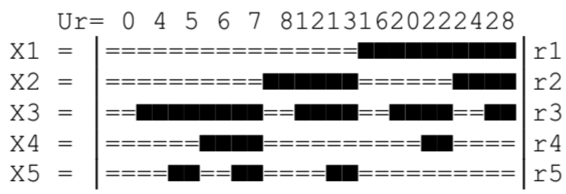

Рис. 3 Модель вероятностного пространства задачи

Пусть требуется определить вероятность безотказной работы системы энергоснабжения $P(X_1 + X_2)$ и вероятность случайного события
D: $P(D) = P(X_1{}' \cdot X_2{}' \cdot X_3 \cdot X_4{}' \cdot X_5 + X'_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4{}' \cdot X_5{}') = \mathrm{P}[5] + \mathrm{P}[12]$.

Трудность ответа на второй вопрос задачи заключается в том, что система образующих вероятностное пространство с.с. является зависимой в совокупности. При этом имеются подсистемы независимых в совокупности с.с. это X_1, X_2, X_3, X_1, X_2, X_2, X_3, X_1, X_3, X_1, X_4, X_2, X_5, X_4, X_5. Вероятности элементарных (неделимых) с.с. в этих подсистемах вычисляются на основании теоремы о вероятности произведения независимых в совокупности с.с. Вероятности элементарных с.с. в системах, составленных из пар зависимых образующих с.с, рассчитываются на основании рис. 1, в котором показаны все возможные комбинации зависимых с.с., в качестве которых выступают модельные схемы $G_6(X,Y), G_7(X,Y), G_9(X,Y), G_{11}(X,Y), G_{13}(X,Y), G_{14}(X,Y)$. Например, для отношения

$G_{14}(X,Y)$ $P(X\cdot Y)=0; P(X'\cdot Y)=P(Y); P(X\cdot Y\ ')=P(X), P(Y); P(X'\cdot Y\ ')=1-P(X)-\mathrm{P}(Y);$ и для $G_7(X,Y)$:

$P(X\cdot Y)=P(X)+\mathrm{P}(Y)-1; P(X'\cdot Y)=1-P(X); P(X\cdot Y\ ')=P(Y); P(Y), P(X'\cdot Y\ ')=0;$ С учетом вышесказанного ответ на первый вопрос тривиален $P(X_1+X_2)=r1+r2-r1\cdot r2$. Ответ на второй вопрос получается логическим выводом, один из вариантов которого состоит из 49 шагов. При этом из вероятностей одних с.с. с учетом бинарных следствий из модели вероятностного пространства получаются вероятности всех элементарных с.с. (конституент).

$$P(0)=(1-r1)(1-r2)(1-r3); P(4)=\ (1-r1)(1-r2)r3\ -\ (1-r1)r4-\ r5(1-r2-r4);$$
$$P(5)=\ r5(1-r2-r4); P(6)=\ r4(1-r1-r5); P(7)=r4r5; P(8)=(1-r1)r2(1-r3);$$
$$P(12)=(1-r1)r2r3-\ r2r5; P(13)\ =r2r5; P(16)=r1(1-r2)(1-r3);$$
$$P(20)=r1(r3-r2r3-r4); P(22)=r1r4; P(24)=r1r2(1-r3); P(28)=r1r2r3;$$

Естественно, что сумма вероятностей элементарных с.с. равна 1. Кроме этого, следует отметить, что вероятности каждого элементарного с.с. строго больше нуля. Это обстоятельство делает невозможным «назначение» вероятностей $r1, r2, r3, r4, r5$ независимо друг друга. Область допустимых сочетаний их значений выглядит для данной задачи следующим образом:

$$G:\begin{cases} 1. r3-r4>0;\ 2.\ r3-r5>0;\ 3.\ r3-r2r3-r4>0; \\ 4.\ r3-r1r3-r5>0; 5.\ 1-r1-r5>0;\ 6. 1-r2-r4>0; \\ 7. (1-r1)(1-r2)r3\ -\ (1-r1)r4-\ r5(1-r2-r4)>0. \end{cases}$$

Таким образом, ответ на второй вопрос задачи получен в виде

$$P(D)+P[5]+\mathrm{P}[12]=\ r5(1-r2-r4)+(1-r1)r2r3-\ r2r5;$$

Отметим, что классическое ЛВИ не может в общем случае решать задачи расчета вероятностей для системы зависимых в совокупности образующих с.с.

2.Решение задачи распознавания

Рассмотрим классическую постановку задачи распознавания [1: С. 20-50, 62-66], выделив некоторый целевой двузначный прямой признак и считая, что при наблюдении новых объектов экспериментально определяются значения всех признаков, кроме этого целевого. Значение последнего требуется вычислить по решающему правилу, которое предварительно надо построить, исходя из заданной системы закономерностей.

Пусть на некоторую отдаленную планету заброшен робот. Занимаясь различными полезными делами, он должен сам добывать себе пищу, питаясь встречающимися на планете растениями. Однако не все из них съедобны. Робот снабжен системой датчиков — измерительных устройств, с помощью которых можно определить, обладает ли конкретное растение следующими косвенными признаками:

a – электрически заряжено, ***b*** – издает острый запах, ***c*** – звучит, ***d*** – ветвится, ***e*** – светится в темноте. Однако больше всего робота интересует прямой признак ***f*** – съедобно, непосредственно не измеряемый: только «съев» растение, робот может через некоторое время выяснить, пошло ли оно ему на пользу.

На измерение каждого признака приходится затрачивать определенные усилия. Наша задача – помочь роботу, выработав для него разумную стратегию поиска съедобных растений. Естественно, это можно сделать только на основе достоверной информации о том, какие растения произрастают на планете.

Допустим, что планета была исследована ранее и установлено, какие именно комбинации перечисленных признаков могут встречаться там у растений. Эти комбинации представлены в виде матрицы, изображенной в табл. 1.

Таблица 1

А-онтология, с допустимыми сочетаниями признаков, выявленных экспериментально

N	a	b	c	d	e	f	n_{10}	n_{10}^5
1	1	1	0	0	0	1	49	24
2	0	1	1	1	0	0	28	14
3	0	0	0	0	1	0	2	1
4	1	0	1	1	1	1	47	23
5	0	1	0	0	0	0	16	8
6	1	1	1	1	0	1	61	30
7	1	1	1	1	1	0	62	31
8	0	1	1	1	1	0	30	15
9	1	0	1	1	0	1	45	22
10	1	0	0	0	0	1	33	16
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	1	0	1	0	10	5
13	1	1	0	1	0	1	53	26
14	0	1	0	1	0	0	20	10
15	1	0	1	0	0	0	40	20
16	0	0	1	0	0	0	8	4
17	0	1	1	0	1	0	26	13
18	1	1	1	0	0	1	57	28
19	0	1	1	0	0	0	24	12
20	0	0	0	1	0	0	4	2
21	1	0	0	1	1	1	39	19
22	1	1	1	1	1	1	63	31
23	0	0	0	1	1	0	6	3

Точно такую же модель будет иметь задача поиска допустимых (безопасных) режимов работы устройства, которые выбираются с помощью ввода комбинаций из пяти функций ***A, B, C, D, E***. При этом, как и для задачи о роботе, установлены допустимые комбинации наборов выбранных и не выбранных функций, которые также задаются с табл. 1. Таким образом, мы имеем шесть модельных множеств и характеристическое множество (универсум), задаваемый правой колонкой табл. 1.

Рис. 4. Исследованные 22 комбинации первых пяти признаков и 23 исследованные комбинации шести признаков

Сама А-онтология показана на рис. 4. Запрещенные комбинации признаков указаны на рис. 5 и 6.

Система образующих множеств расшифровывается так: ***A*** – множество объектов электрически заряженных; ***B*** – объекты, которые издает острый запах; ***C*** – звучащие объекты; ***D*** – ветвящиеся объекты; ***E*** – светящиеся в темноте; ***F*** – съедобные. Целевой признак есть ***F***.

Требуется установить такие объекты (конституенты), элементы которых содержат целевой признак ***F***, и указать решающее правило для выбора таких конституент.

Рис. 5. Запрещенная 41 комбинация шести признаков или запрещенные 10 комбинаций первых пяти признаков $N = \{6, 7, 9, 11, 17, 18, 21, 25, 27, 29\}$

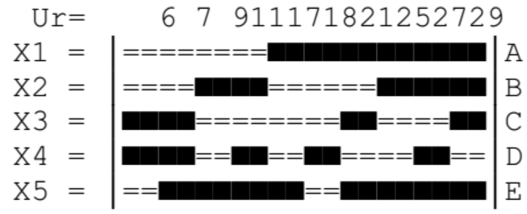

Рис. 6. Графическое изображение запрещенных комбинаций пяти признаков

Предлагаемое решение. Из А-онтологии на рис. 5 получаем:

1. Если пять первых признака образуют наборы с номерами из множества $M_2 = \{0,1,2,3,4,5,8,10,12,13,14,15,20\}$, то объект, обладающий этим свойством, не съедобен;

2. Если значение пяти первых признаков образует наборы с номерами из множества $M_1 = \{16,19,20,22,23,24,26,28,30\}$, то объект, обладающий таким составом первых четырех признаков, съедобен;

3. Если объект имеет набор первых пяти признаков с номером из множества $M_3 = \{31\}$, то этот объект может быть как съедобным, так и несъедобным и для распознавания требуются дополнительные признаки.

Таблица 2

Таблица-решений робота, NKP – номер сочетания значений признаков

	R_1	R_2	R_3	R_4
$NKP \in$	M_1	M_2	M_3	M_4
Решение	Съедобно	Не съедобно	Может быть съедобно	Не исследовано

$M_4 = \{6, 7, 9, 11, 17, 18, 21, 25, 27, 28\}$ указывает на множество запрещенных комбинаций.

В работе [1] вместо разрешающей процедуры приводится только эвристический алгоритм и описана лишь область запретных комбинаций (рис. 5 и 6) в виде формулы булевой алгебры логики. Отметим также, что в предлагаемом нами решении формирование решающих правил произведено на языке таблиц-решений [11].

3.Задача диагностики

Рассмотрим пример постановки задачи инвариантной для геологоразведки, медицины и менеджмента на примере построения логико-возможностной модели прогноза наличия полезных ископаемых на данном объекте местности.

Пусть имеются знания о связи трех прямых признаков (наличия залежей трех видов полезных ископаемых – D_1, D_2, D_3,) и косвенных значимых признаков объекта, по которым осуществляется прогноз. Так как в данном случае важна экономия ресурсов, то решается задача диагностики. Обозначим эти признаки, которые выделены в геологоразведке, через S_k, $\kappa = 1..4$. Знания о причинно-следственных связях признаков выражены в виде четырех суждений из NOB_S.

$$A\,(D_1\ ,S_1 \cdot S_2{}' \cdot S_3 \cdot S_4{}'), A\,(D_2\ ,S_1 \cdot S_2 \cdot S_3{}' \cdot S_4), A\,(D_3\ ,S_1 \cdot S_2 \cdot S_3{}' \cdot S_4{}'), S_1 \cdot S_2 \cdot S_3{}' = U \quad (4)$$

Первые три означают, что прямые свойства – D_1, D_2, D_3 влекут наличие комплекса косвенных свойств $S_1 \cdot S_2{}' \cdot S_3 \cdot S_4{}'$, $S_1 \cdot S_2 \cdot S_3{}' \cdot S_4$ и $S_1 \cdot S_2 \cdot S_3{}' \cdot S_4{}'$ соответственно. Последнее суждение обозначает тот факт, что все рассматриваемые местности обладают набором признаков $S_1, S_2, S_3{}'$. Таким образом, мы по необходимым условиям (комплексам составленным из косвенных признаков) пытаемся судить о возможности наличия прямых свойств D_1, D_2, D_3 — достаточных признаков.

Очевидно, что наличие причинно-следственной связи между прямым признаком и комплексом косвенных не гарантирует обратное, что наличие данного комплекса косвенных влечет наличие прямого признака. Речь может идти только об обосновании возможности этого.

Поэтому задача диагностики сводится к логическому обоснованию прогноза, который можно сделать относительно наличия (отсутствия) полезных ископаемых D_1, D_2, D_3 в данном объекте геологических изысканий.

Традиционная логика предлагает высказать предположение, а потом его доказать с помощью логического вывода, что, безусловно, не приемлемо. Так как в данном случае нужно вывести из следствия причину. Вероятностная интерпретация задачи невозможна вследствие невозможности повторения испытания в одинаковых условиях. Поэтому можно лишь оценить возможность наличия D_1, D_2, D_3 по результатам сбора информации о косвенных признаках S_1, S_2, S_3, S_4 на предыдущих этапах деятельности.

Например, извитые деревья свидетельствуют о возможности (не стопроцентной) выхода в данной местности на поверхность газа радона.

Рассмотрим визуально представленный комплекс суждений (4), полученный с помощью алгоритма перевода конъюнктивной формулы из суждений NOB_S (4) в А-онтологию. Этот алгоритм разработан в работах [7-9], реализован в виде программы для ЭВМ и позволяет легко справиться с данной задачей без применения классического логического вывода. На рис. 7 показана линейная диаграмма, иллюстрирующая непротиворечивость (выполнимость) суждений (4), смотри А-онтологию с номером 1.

Графическое отображение А-онтологии – наглядная основа для логического анализа конкретной ситуации типа связей между прямыми и косвенными признаками. Каждый занумерованный элемент универсума моделирует класс объектов изысканий с присущими (неприсущими) им прямыми и косвенными признаками, причем все они удовлетворяют условию, выражающемуся суждением $S_1 \cdot S_2 \cdot S_3{}' = U$ из комплекса суждений (4).

Для прогноза используется полученное из теории и практики знание о том, что возможность залегания D_1, D_2, D_3, во вне, в доступном для восприятия и измерения виде, проявляются в виде комплексов признаков $S_1 \cdot S_2{}' \cdot S_3 \cdot S_4{}'$, $S_1 \cdot S_2 \cdot S_3{}' \cdot S_4$ и $S_1 \cdot S_2 \cdot S_3{}' \cdot S_4{}'$ (4). По диаграмме мы легко можем вывести следствие о том, что рассматриваемый объект местности не может содержать ископаемые D_1, так как этого нигде практически не реализовывалось при выполнении утверждений (4).

Кроме того, для D_1 безразлично наличие или отсутствие признака S_4, то есть этот косвенный признак для него не является значимым. Результат для D_1 изображен на диаграмме в виде пустого множества знаками (===). Это означает, что при данном сочетании комплекса логических условий залежи D_1 не реализуются. Но мы не можем этого сказать о D_2 и D_3, некоторые элементы (объекты на местности) из универсума с логическим отношением между свойствами изображенном А-онтологией 1 на рис. 7 могут их содержать, а могут и не содержать. Единственно, что мы определенно можем добавить к выводу относительно D_1 это то, что любой элемент из универсума, обладающий свойствами (4), не может содержать D_2 и D_3 одновременно. Он может содержать D_2 либо D_3. Пусть в результате дополнительных исследований мы установили, что класс объектов местности, удовлетворяющий (4), содержит только один или оба из двух перечисленных ископаемых. Поэтому к комплексу (4) добавляется суждение $D_2 + D_3 = U$, тогда мы можем вывести, из новой А-онтологии с номером 2, изображенной на рис. 7, следующее заключение: «рассматриваемый объект содержит ископаемое D_2, либо D_3, но не оба вместе». Диаграмма 2 на рис. 7 не оставляет в этом сомнений. Однако, глядя на эту диаграмму, можно сделать и более общие выводы.

```
 1)Ur=12132845                 2)Ur=2845
D1 = |========|A              D1 = |====|A
D2 = |======██|B              D2 = |==██|B
D3 = |====██==|C              D3 = |██==|C
S1 = |████████|D              S1 = |████|D
S2 = |████████|E              S2 = |████|E
S3 = |========|F              S3 = |====|F
S4 = |==██==██|G              S4 = |==██|G
```

Рис. 7. Визуализация конъюнкции суждений (3) и комплекса (3) с добавленным суждением
$D_2 + D_3 = U$.

Если же наряду с наличием признаков S_1, S_2 и отсутствием S_3 элемент не обладает признаком S_4, то от него следует ожидать неудовлетворительного результата D_2. *Е*сли признаком S_4 он обладает, то результата D_3 на нем не получить. Поэтому остается проверить испытуемый элемент на наличие или отсутствие признака S_4.

Таким образом, для задачи диагностики, которая является инвариантной как в технических, так и в гуманитарных приложениях [2; 12], показана принципиальная возможность создания логико-возможностной модели анализа и прогноза риска неуспеха реализации принятого решения.

Заключение

Языковая форма выражения явлений причинно – следственных отношений в окружающем мире, несмотря на то, что все частные отрасли науки развивают свой понятийно-терминологический аппарат, должна быть представлена категориями общими для всех частных специалистов. Такой аппарат предоставляет теория управления и логика. Этот аппарат может служить средством междисциплинарного общения специалистов разных частных областей деятельности. В работе этот подход иллюстрируется решением задач, которые имеют смысл не только в нефтегазовой отрасли, геологоразведке, биологии, но и в медицине, криминалистике, менеджменте, политике и прочих областях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закревский А.Д. Логика распознавания. М.: Наука и техника, 1988. 118 с.
2. Воронин Ю.А., Еганов Э.А., Усманов Ф.А. О типизации геологических задач в связи с применением математических методов и ЭВМ // Применение математических методов и ЭВМ при решении типовых геологических задач. Новосибирск, 1976. С. 108-129.
3. Воронин Ю.А. Теория классифицирования и ее приложения. Новосибирск: Наука, 1985. 230 с.
4. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: Политехника, 2000. 248 с.

5. Порецкий П.С. О способах решения логических равенств и об одном обратном способе математической логики // Собрание протоколов заседаний секции физико-математических наук общ-ва естествоиспытателей при Казанском ун-те. Т. 2. XXIV. Казань: 1884. 170с. (отдельный оттиск)
6. Бочаров В.А., Маркин В.И. Силлогистические теории. М.: Прогресс-Традиция, 2010. 336 с.
7. Сметанин Ю.М. Алгоритм решения полисиллогизмов в ортогональном базисе посредством исчисления конституентных множеств // Вестн. Удм. ун-та. Математика. Механика. Компьютерные науки. 2010. Вып. 4. С. 172-185.
8. Smetanin Yu. Syllogistical system on the basis of the propositional multivalued logic: Proceedings of the 2015 International Conference "Stability and Control Processes" in Memory of V.I. Zubov (SCP). Publisher IEEE, 2015. P. 596-599
9. Сметанин Ю.М. Непарадоксальное логическое следование и проблема решения МЛ-уравнений // Программные системы: теория и приложения. 2016. 7:1(28). С. 99-115. URL: http://psta.psiras.ru/read/psta2016_1_99-115.pdf.
10. Сметанин Ю.М. Расчет рисков для зависимых в совокупности случайных событий // Тез. докл. Междунар. экономического симп. СПб., 2015.
11. Сметанин Ю.М., Сметанина Е.Ю., Бусоргин А.В. Таблицы решений и автоматное моделирование бизнес-процессов // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Экономика и право. 2009. Вып. 2. С. 126-143.
12. Сметанин Ю.М., Сметанин М.Ю. Медицинская диагностика и ортогональный базис силлогистики // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: OSTIS 2012: Материалы Второй междунар. конф. Минск, 2012. С. 289-296.

Поступила в редакцию 24.01.17

Iu.M. Smetanin, L.P. Smetanina
LOGICAL-SEMANTIC MODEL FOR SOLVING PROBLEMS OF PATTERN RECOGNITION AND CALCULATION OF RISKS

We consider a new logical-semantic model and its application for solving problems of classification and probability calculation for a system of random events that are dependent in the aggregate. The problem of the correct classification of studied objects in descriptive Sciences (biology, soil science, geology) has always been a brake on their development. Particularly in the last decade due to the sharp increase facts, entailing the formulation of new tasks, changes in the regulatory framework for the use of research results, as well as to the tightening of methodological requirements in connection with the use of new research methods on the basis of computing. The mathematical approach treats classifications as formal models, designed to solve a given class of problems. This assumes that all the classification properties can be rationally divided into direct and indirect. Most important in this approach are two problems: the prediction of new classes of objects and recognition of direct properties via indirect object properties. The advantage of the used logical-semantic model to describe and solve the considered classes of problems is shown.

Keywords: classification, recognition tasks, calculation of risks in structurally complex systems.

REFERENCE

1. Zakrevskij A.D. *Logika raspoznavanija* [The logic of recognition], Minsk: Nauka i tehnika, 1988, 118 p. (in Russ.).
2. Voronin Ju.A., Eganov Je.A. and Usmanov F.A. [On the typification of geological problems in connection with the application of mathematical methods and computers], in *Primenenie matematicheskih metodov i JeVM pri reshenii tipovyh geologicheskih zadach*, Novosibirsk, 1976, pp. 108-129 (in Russ.).
3. Voronin Ju.A. *Teorija klassificirovanija i ee prilozhenija* [The theory of classification and its applications], Novosibirsk: Nauka, 1985, 230 p. (in Russ.).
4. Rjabinin I.A. *Nadezhnost' i bezopasnost' strukturno-slozhnyh system* [The reliability and safety of structurally complex systems], Saint Petersburg: Politehnika, 2000, 248 p. (in Russ.).
5. Poreckij P.S. [On methods of solving logical equations and inverse method of mathematical logic], in *Sobranie protokolov zasedanij sekcii fiziko-matematicheskih nauk obshhestva estestvoispytatelej pri Kazanskom universitete*, T. 2, XXIV, Kazan: 1884, 170 p. (otdel'nyj ottisk) (in Russ.).
6. Bocharov V.A. and Markin V.I. *Sillogisticheskie teorii* [Syllogistical theories], Moscow: Progress-Tradicija, 2010, 336 p. (in Russ.).
7. Smetanin Iu.M. [The algorithm for solving politilogists in the orthogonal basis by calculating the constituent sets], in *Vestn. Udm. un-ta. Matematika. Mehanika. Komp'juternye nauki*, 2010, iss. 4, pp. 172-185 (in Russ.).
8. Smetanin Iu. Syllogistical system on the basis of the propositional multivalued logic: Proceedings of the 2015 International Conference "Stability and Control Processes" in Memory of V.I. Zubov (SCP), Publisher IEEE, 2015, pp. 596-599.

9. Smetanin Iu.M. [Non-paradoxical logical adherence to the problem of solving the ML-equations], in *Programmnye sistemy: teorija i prilozhenija*, 2016, 7:1(28), pp. 99-115, Available at: http://psta.psiras.ru/read/psta2016_1_99-115.pdf (in Russ.).
10. Smetanin Iu.M. [Calculation of risks for dependent in the aggregate of random events], in *Tez. dokl. Mezhdunarodnogo jekonomicheskogo simpoziuma-2015*, Saint Petersburg, 2015. (in Russ.).
11. Smetanin Iu.M., Smetanina E.Ju. and Busorgin A.V. [Solution Tables and Automated Business Process Modeling], in *Vestn. Udm. un-ta. Ser. Jekonomika i pravo*, 2009, iss. 2, pp. 126-143 (in Russ.).
12. Smetanin Iu.M. and Smetanin M.Iu. [Medical diagnostics and orthogonal basis of syllogistics], in *OSTIS 2012: Materialy vtoroj mezhdunarodnoj konferencii «Otkrytye semanticheskie tehnologii proektirovanija intellektual'nyh sistem»*, Minsk, 2012, pp. 289-296 (in Russ.).

Сметанин Юрий Михайлович,
кандидат физико-математических наук,
доцент ИМИТиФ
E-mail: gms1234gms@rambler.ru

Сметанина Людмила Петровна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры математического анализа
E-mail: mgs1234mgs@rambler.ru

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул Университетская, 1 (корп. 4)

Smetanin Iu.M.,
Candidate of Physics and Mahtematics,
Associate Professor
E-mail: gms1234gms@rambler.ru

Smetanina L.P.,
Candidate of Technical Science, Associate Professor
at Department of Mathematicsl Analisys
E-mail: mgs1234mgs@rambler.ru

Udmurt State University
Universitetskaya st., 1/4, Izhevsk, Russia, 426034