

• при $\mathbf{P}\mathbf{a}=0,8$ рациональным будет выбор альтернативы U_2 – **закрытие сетевого доступа к ЭВМ**, поскольку $J(U_1)=0,06$; $J(U_2)=0,05$; $J(U_3)=0,72$, и следовательно $J(U_2) < J(U_1) < J(U_3)$.

Таблица 2

Функция реализации.

| | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 | Z_5 | Z_6 | Z_7 | Z_8 | Z_9 | Z_{10} | Z_{11} | Z_{12} |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|
| | $P(Z_1)$ | $P(Z_2)$ | $P(Z_3)$ | $P(Z_4)$ | $P(Z_5)$ | $P(Z_6)$ | $P(Z_7)$ | $P(Z_8)$ | $P(Z_9)$ | $P(Z_{10})$ | $P(Z_{11})$ | $P(Z_{12})$ |
| U_1 | C_1 | C_1 | C_1 | C_1 | C_2 | C_2 | C_2 | C_2 | C_3 | C_3 | C_3 | C_3 |
| U_2 | C_1 | C_1 | C_3 | C_3 | C_1 | C_1 | C_3 | C_3 | C_1 | C_1 | C_3 | C_3 |
| U_3 | C_1 | C_4 | C_1 | C_4 | C_1 | C_4 | C_1 | C_4 | C_1 | C_4 | C_1 | C_4 |

Из приведенных расчетов видно, что в зависимости от вероятности того, что подозрительная активность в сети является атакой, изменяется рациональный вариант управляющего воздействия – реагирования на аномальные события в информационной сфере.

Подобные модели ПР разработаны для случаев внешних атак через периметр.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черноруцкий И. Г. Методы принятия решений. – СПб.: Петербург, 2005. – 416 с.
2. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH. – СПб.: БХВ - Петербург, 2005. – 736 с.

УДК 681.037

М. И. Тенетко, О. Ю. Пескова

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНИВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РИСКОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ*

Введение

При оценивании информационных рисков корпорации аналитик собирает сведения об информационной системе, строит её модель и затем анализирует полученную модель с точки зрения предметной области информационной безопасности и собственного профессионального опыта. Особенности данного подхода можно выразить следующими пунктами.

1. Предметная область информационной безопасности состоит преимущественно из сущностей, выраженных не в строгом, формализованном виде, а в виде утверждений на естественном языке. Таким утверждениям присуща лингвистическая неопределённость. Под лингвистической неопределённостью в данном случае понимаются качественные оценки естественного языка для тех или иных количественных или качественных характеристик, а также для логического вывода, принятия решений и планирования [1].

2. Профессиональный опыт эксперта состоит из сущностей, которые в силу особенностей мозга выражены в форме вербальных и невербальных когнитивных образов. Когнитивный образ представляет собой субъективную репрезентацию опыта и не имеет чётких, определённых границ [2].

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-07-00138а

3. В связи с этим, привычные математически точные логические связки и отношения равенства и включения либо теряют смысл, либо недопустимо искажают логические выводы.

В данной работе изложена концепция оценивания информационных рисков корпорации, которая позволяет проводить математические операции над конструкциями естественного языка и когнитивными образами. Изложим основные положения концепции.

1. Основы теории нечётких множеств и лингвистических переменных

В основе концепции лежит логико-лингвистическая модель, которая базируется на теории нечётких множеств и лингвистических переменных. Нечётким множеством в некотором непустом пространстве U называется множество упорядоченных пар

$$\{x_i / \mu_A(x_i)\},$$

где $\mu_A(x): U \rightarrow [0, 1]$ – функция принадлежности x к A , приписывающая каждому элементу $x \in U$ степень его принадлежности к нечёткому подмножеству A . Функция $\mu_A(x)$ принимает свои значения во вполне упорядоченном множестве $M = [0, 1]$, которое называется множеством принадлежностей [3, 4].

Лингвистическая переменная характеризуется набором $(L, T(L), U, G, M)$, в котором L – название переменной; $T(L)$ – терм-множество переменной L ; U – универсальное множество базовых значений (область, в которой определены значения лингвистической переменной); G – синтаксическое правило; M – семантическое правило [3].

Терм-множество $T(L)$ представляет собой совокупность термов – названий лингвистических значений переменной L . Каждому терму соответствует нечёткое подмножество множества U , определяющее лингвистическое значение терма. Иными словами, смысл терма характеризуется функцией принадлежности $\mu: U \rightarrow [0, 1]$, которая каждому элементу $u \in U$ ставит в соответствие значение принадлежности этого элемента терму. *Синтаксическое правило G* , имеющее обычно форму грамматики, порождает термы. Терм, состоящий из одного слова или нескольких слов, всегда фигурирующих друг с другом, называется атомарным термом. Терм, состоящий из одного или более атомарных термов, называется составным термом. *Семантическое правило M* ставит в соответствие каждому атомарному терму его смысл в виде нечёткого множества. Кроме того, семантическое правило M связывает принадлежности атомарных термов в составном лингвистическом значении с принадлежностью составного значения.

2. Неклассические лингвистические переменные

Лингвистическую переменную, определённую на множестве численных измеримых показателей, можно считать классическим случаем. Приведём примеры лингвистических переменных, определённых на некоторых других шкалах и вполне применимых для оценивания событий безопасности.

Лингвистическая переменная на порядковой и номинальной шкалах

В случае, когда нет возможности основать лингвистическую переменную на численных показателях, можно использовать в качестве универсального множества порядковую шкалу некоторых впечатлений и образов, обозначенных абстрактными символами [3]. Такую шкалу можно составить из конечного множества принятых за эталон объектов, имеющих общую природу, но различную интенсивность какого-либо не поддающегося объективному измерению свойства. Исследуя прочие объекты, эксперт на основе своих впечатлений сравнивает их с эталонной

шкалой и определяет нечёткое множество, описывающее сходство исследуемого объекта с объектами, принадлежащими эталонной шкале.

Также можно выделить единственный эталонный сложный объект с рядом свойств, которые составляют номинальную (неупорядоченную) шкалу. В таком случае эксперт, определяя нечёткое множество на номинальной шкале, задаёт некоторый уровень вхождения объекта в эталон на основе комбинации свойств.

Лингвистическая вероятность

Лингвистическая переменная вероятности – это лингвистическая переменная, определённая в универсальном множестве значений вероятности $P = [0, 1]$. Согласно классической теории вероятностей, событие A определяется как элемент поля F подмножеств, принадлежащих пространству элементарных событий Ω . Классическая вероятность события A определяется как неотрицательное действительное число $P(A)$. Существует много реальных проблем, в которых нарушаются предположения, неявно присутствующие в приведённой системе аксиом. Во-первых, событие A часто бывает нечётким в том смысле, что не существует резкой грани между его появлением и отсутствием. Такое событие можно охарактеризовать как нечёткое подмножество A пространства элементарных событий Ω с измеримой функцией принадлежности μ_A . Во-вторых, даже если A – вполне определённое обычное (не нечёткое) событие, его вероятность $P(A)$ может быть определена исключительно лингвистически. В данном случае можно сделать допущение того, что вероятность P является лингвистической переменной. Это позволяет применять классическую теорию вероятности к плохо определённым ситуациям [3].

Лингвистическая истинность

Лингвистическая переменная истинности – это лингвистическая переменная, определённая в универсальном множестве значений истинности $V = [0, 1]$. Обозначим термином «высказывание» утверждение вида « u есть A », где u – название некоторого предмета, а A – название нечёткого подмножества универсального множества U . В данном случае высказыванию типа « u есть A » соответствуют два нечётких подмножества. Первое из них – $M(A)$ – смысл A , то есть нечёткое подмножество с названием A универсального множества U . Второе – значение истинности утверждения « u есть A » (или просто значение истинности A), которое обозначается как $v(A)$ и определяется как возможно нечёткое подмножество универсального множества значений истинности V [3].

3. Нечёткая логика и приближённые рассуждения

Трактовка истинности как лингвистической переменной приводит к нечёткой логике. Нечёткая логика является основой приближённых рассуждений, то есть вида рассуждений, в которых значения истинности и правила вывода являются нечёткими. Основу нечёткой логики составляют операции отрицания, конъюнкции, дизъюнкции и импликации, расширенные на случай высказываний, имеющих не числовые, а лингвистические значения истинности [3].

Следует отметить, что логические операции отрицания, конъюнкции и дизъюнкции могут применяться как к термам, характеризующим истинность, так и к значению истинности высказываний. Результатом операции первого вида является дополнительный терм, характеризующий истинность; результатом операции второго вида является значение истинности составного высказывания.

Логическая операция импликации опирается на композиционное правило вывода в приближённой форме. Композиционное правило вывода в общем случае имеет вид

$$\frac{A'}{A \rightarrow B} \frac{A \rightarrow B}{B'}$$

где A' – посылка, B' – заключение импликации, $A \rightarrow B$ – правило вывода, задающее причинно-следственное отношение между посылкой и заключением. A' в некоторой степени близко к A , а B' близко к B . Правило вывода в общем случае имеет вид бинарного нечёткого отношения, определённого в $U \times V$, где U – универсальное множество, в котором определена посылка A' , а V – универсальное множество, в котором определено заключение B' .

Таким образом, заключение импликации B' можно представить в виде

$$B' = A' \bullet (A \rightarrow B),$$

где « \bullet » – операция свёртки (композиционное правило нечёткого логического вывода) [5].

4. Агрегация и обобщение значений лингвистической переменной

Особенность любой экспертной системы, основанной на лингвистических переменных, заключается в том, что она обладает возможностью строить алгоритм решения задачи с помощью рассуждений. Основными логическими приёмами, используемыми в рассуждениях, являются обобщение и агрегация понятий [1]. *Обобщение* понятий – это форма связи понятий, при которой на основе исходных понятий P и Q образуется обобщающее понятие K более высокого уровня. Понятие K сохраняет общие признаки исходных понятий P и Q , но игнорирует их более тонкие различительные признаки. *Агрегация* понятий – это форма связи понятий, при которой на основе исходных понятий P и Q образуется понятие-агрегат R более высокого уровня, наследующее все признаки входящих в него понятий P и Q . Понятие R обладает признаками как понятия P , так и понятия Q .

Операции пересечения и объединения нечётких множеств

Для теоретико-множественной формы представления понятий обобщение соответствует операции *пересечения* нечётких множеств, а агрегация – операции *объединения* нечётких множеств. Пересечение двух нечётких множеств в общем виде представляет собой бинарную операцию

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

где функция t – так называемая t -норма. Объединение двух нечётких множеств в общем виде представляет собой бинарную операцию

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

где функция s – так называемая s -норма (или t -конорма). S -норма является дополняющей нормой относительно t -нормы. Функции t и s удовлетворяют следующим условиям при $a, b, c \in [0, 1]$: условию монотонности $t(a, b) \leq t(b, c)$ для $b \leq c$; условию коммутативности $t(a, b) = t(b, a)$; условию ассоциативности $t(t(a, b), c) = t(a, t(b, c))$.

Кроме того, t -норма удовлетворяет граничным условиям $t(a, 0) = 0$, $t(a, 1) = a$. S -норма удовлетворяет граничным условиям $s(a, 0) = a$, $s(a, 1) = 1$ [6].

Наиболее известные t - и s -нормы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Примеры распространённых t - и s -норм

| Название нормы | $t(a, b)$ | $s(a, b)$ |
|-------------------------------------|---|---|
| минимум и максимум | $\min(a, b)$ | $\max(a, b)$ |
| алгебраические произведение и сумма | ab | $a + b - ab$ |
| ограниченные разность и сумма | $\max(0, a + b - 1)$ | $\min(1, a + b)$ |
| драстические произведение и сумма | $\begin{cases} a, \text{ если } b = 1; \\ b, \text{ если } a = 1; \\ 0, \text{ в прочих случаях} \end{cases}$ | $\begin{cases} a, \text{ если } b = 0; \\ b, \text{ если } a = 0; \\ 1, \text{ в прочих случаях} \end{cases}$ |

Существует возможность построения бесконечного числа норм, удовлетворяющих условиям монотонности, коммутативности, ассоциативности и граничным условиям. Исходя из этих условий, можно показать, что произвольная t -норма будет удовлетворять неравенству

$$t_{\min}(a, b) \leq t(a, b) \leq \min(a, b),$$

где $t_{\min}(a, b)$ – драстическое произведение, а произвольная s -норма будет удовлетворять неравенству

$$\max(a, b) \leq s(a, b) \leq s_{\max}(a, b),$$

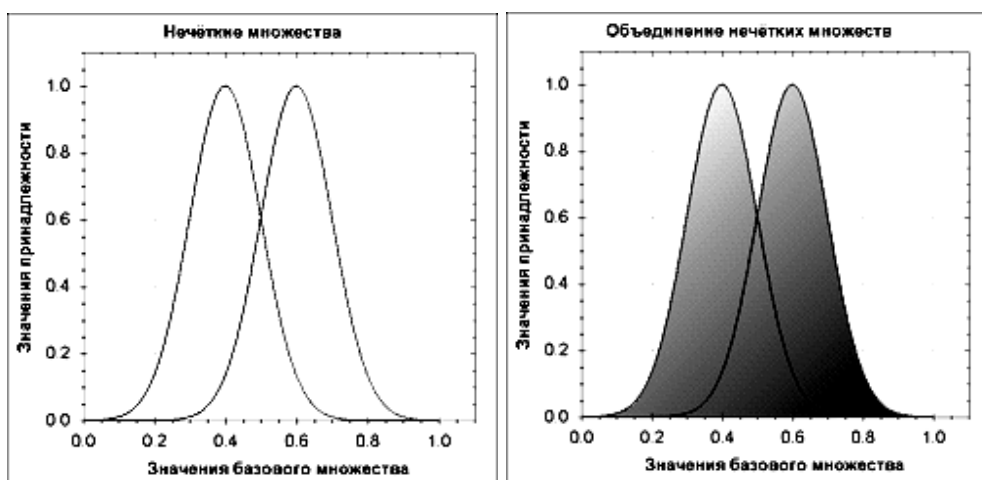
где $s_{\max}(a, b)$ – драстическая сумма [6].

Практическое применение некоторых t - и s -норм для моделирования заданных логических и семантических связей

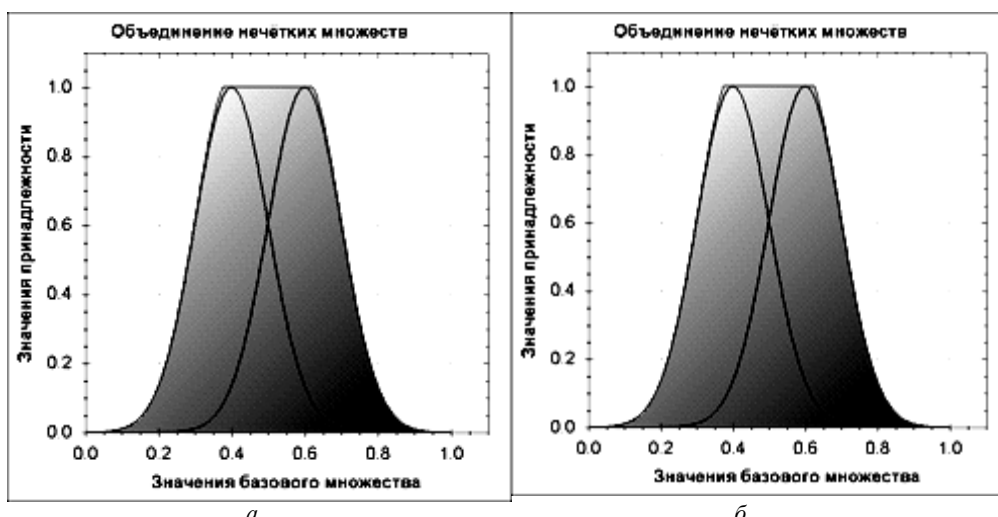
Рассмотрим нечёткие понятия A и B , представленные нечёткими множествами, функции принадлежности которых изображены на рис.1, а. Объединение этих понятий должно нести смысл «или A , или B , или оба сразу». На рис. 1, б изображено объединение множеств с помощью операции максимума.

Как видно, операция максимума формирует не вполне приемлемое понятие-агрегат: принадлежность значения базового множества 0,5 агрегату намного ниже принадлежности соседних значений. В данном случае более уместным был бы агрегат, в котором значения между максимумами агрегируемых функций имеют максимальную степень принадлежности. Получить функцию такого вида позволяют, по крайней мере, операция Швайцера-Скляра (вариант 1) и операция Ю, описанные в работе [6]. Результат агрегирования с помощью этих операций представлен на рис. 2, а и 2, б.

Рассмотрим также пример обобщения понятий A и B . Результат пересечения множеств с помощью операции минимума изображён на рис. 3, а. Предположим случай, когда необходимо расширить рамки обобщения, включив в обобщающее понятие некоторые различительные признаки исходных понятий для увеличения количества классифицирующих признаков. В этом случае пересечение множеств может быть определено с помощью λ -суммы, описанной в работе [5]. Результат пересечения изображён на рис. 3, б.



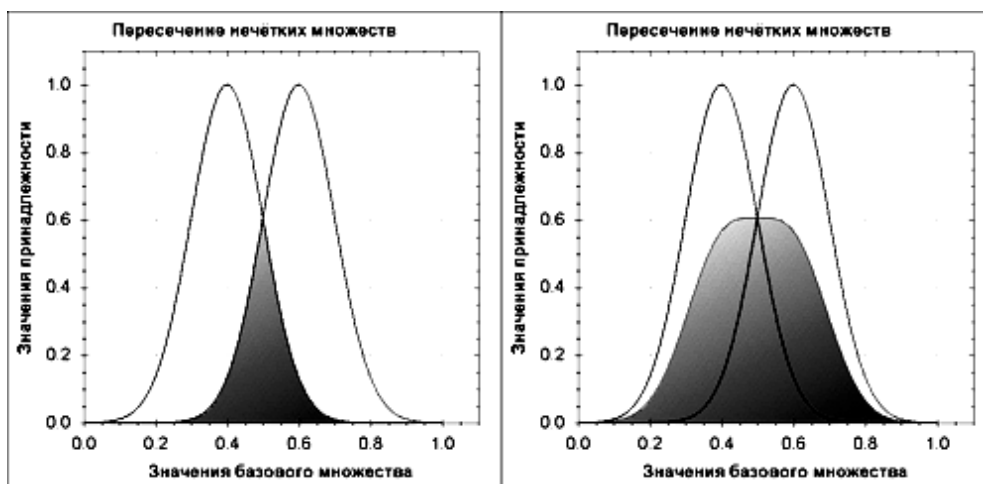
а б
Рис. 1. Объединение нечётких множеств с помощью операции максимума



а б
Рис. 2. Объединение нечётких множеств с помощью операции Швайцера-Скляра (вариант 1) и операции Ю

Основные преимущества подхода обусловлены его способностью проводить математически точные операции над словами и выражениями естественного языка. Подход может стать основой специализированной экспертной системы. Однако применение подхода связано с рядом сложностей.

Во-первых, для интерпретации (аппроксимации) результатов приближённых рассуждений требуются дополнительные усилия. Во-вторых, необходимы надёжные методики, позволяющие представить профессиональный опыт эксперта в виде адекватного набора правил нечёткой импликации. Наконец, в-третьих, объективность лингвистической переменной при использовании универсального множества, основанного на впечатлениях и символах, является довольно низкой.



а б
Рис. 3. Пересечение нечётких множеств с помощью операции минимума и λ -суммы

Как показано на примерах, t - и s -нормы служат основой для построения гибких логических и семантических связей между значениями лингвистической переменной. Следует отметить, что результат действия нормы может значительно зависеть от типа и формы функций принадлежности исходных нечётких множеств, а также от расстояния Хэмминга между нечёткими множествами и значения параметра нормы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаскаров Д. В. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Высш. шк., 2003. – 431 с.
2. Величковский Б. М. Когнитивная наука: основы психологии познания: в 2 т.: Т. 2. – М.: Смысл: Academia, 2006. – 447 с.
3. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
4. Рутковская Д. и др. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы: Пер. с польск. – М.: Горячая линия–Телеком, 2007. – 452 с.
5. Борисов В. В. и др. Нечёткие модели и сети. – М.: Горячая линия–Телеком, 2007. – 284 с.
6. Klir G. J., Bo Y. Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications. – New Jersey: Prentice Hall Inc., 1995. – 592 p.

УДК 004.056.5

П.А. Арьков

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Для защиты конфиденциальных данных обрабатываемых в информационных системах в государственных и частных организациях создаются системы защиты информации (СЗИ). При этом разнообразие предлагаемых средств защиты, в