

УДК 681.3

С.В. Крошила, А.В. Крошилин

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Предложена семантическая сеть для описания предметной области, основанная на универсальной алгебре в нечетких экспертных системах. Применен аппарат нечетких множеств для принятия решений. Определены достоинства нечетко-множественного подхода и доказана целесообразность его использования в условиях неполноты и нечеткости предметной области. Предложенная модель может быть адаптирована под разные предметные области.

Цель работы - разработка экспертных систем, осуществляющих сбор и управление знаниями экспертов, принимающих решения об оптимальном способе достижения целей в условиях неполноты и нечеткости предметной области.

Введение. В практике анализа деятельности предприятия хорошо известен ряд показателей, характеризующих отдельные стороны текущего финансового положения предприятия, анализ использования персонала предприятия и его компетентность, анализ производства и т.п. По ряду показателей известны некие нормативы, характеризующие их значение положительно или отрицательно. Но в большинстве случаев показатели, оцениваемые при анализе, однозначно нормировать невозможно. Это связано со спецификой отраслей экономики, с текущими особенностями действующих предприятий, с состоянием экономической среды, в которой они работают.

Теория нечетких множеств имеет неоспоримое преимущество над вероятностными подходами, которое заключается в том, что экспертные системы, построенные на ее основе, обладают повышенной степенью обоснованности принимаемых решений. Это связано с тем, что в расчет попадают все возможные сценарии развития событий, что несвойственно вероятностным методам, рассчитанным на конечное (дискретное) множество сценариев.

Знания человека-эксперта о решении задач в условиях неполноты, нечеткости исходной информации и достигаемых целей также имеют нечеткий характер. Для их формализации в настоящее время успешно применяется аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики. Нечеткие понятия в данном случае формализуются в виде нечетких и лингвистических переменных, а нечеткость действий в процессе при-

нятия решения – в виде нечетких алгоритмов [1]. Экспертные системы, способные формализовать нечеткую информацию и обрабатывать ее в рамках нечетких алгоритмов, будем называть нечеткими экспертными системами (НЭС).

1. Описание семантической сети для разрабатываемой нечеткой экспертной системы. В настоящее время большую актуальность приобретает использование экспертных систем для решения объемных, трудно формализуемых задач в различных предметных областях. Эти задачи характеризуются, как правило, отсутствием или сложностью формальных алгоритмов решения, неполнотой и нечеткостью исходной информации, нечеткостью достигаемых целей. Данные особенности приводят к необходимости использования в процессе решения данных задач знания, которые получаются от человека-эксперта в предметной области. На основании полученных знаний разрабатываются экспертные системы, осуществляющие сбор и управление этими знаниями, принимающими решения об оптимальном способе достижения целей в условиях неполноты и нечеткости предметной области [3].

На основе знаний экспертов, накопленных в системе, строится гипотеза анализа ситуации, и формируются конкретные рекомендации по ее развитию. Семантическая сеть отражает смысловую взаимосвязь между ситуациями, а точнее, понятиями, включенными в них, с теорией развития ситуаций подобного рода, построенных на основе концептуальных графов. Она используется для синтаксического и семантического анализа текстов естественного языка. Модель понимания смысла слов (Teachable Language Comprehender: доступный механизм понимания языка), предложенную Куиллианом, будем использовать в качестве структурной модели дол-

говременной памяти. Здесь использована сетевая структура как способ представления семантических отношений между концептами. Основу данной модели составляет описание значений класса, которому принадлежат объект, его прототип и связи, установленные со словами, отображающими свойства объекта. Концептуальные объекты представляются ассоциативными сетями, состоящими из вершин, показывающих концепты, и дуг, показывающих отношения между концептами [2].

Для описания предметной области (ПО) в НЭС используется семантическая сеть, в основе которой лежит универсальная алгебра, описанная тройкой: $A = \langle S, O, R \rangle$, где S – множество семантических сетей, представляющих модели ПО; O – множество операций на S ; R – множество отношений на S .

В разрабатываемой НЭС семантическая сеть, соответствующая модели ПО, задается как двойка следующего вида: $S = \{G, U\}$, где G – множество объектов ПО (ситуации для рассмотрения и рекомендации); U – множество дуг, связывающих объекты ПО. Каждая дуга показывает взаимосвязь ситуаций или отношений между ситуациями, а также взаимосвязь ситуаций и рекомендаций для ПО (рисунок 1). В реальной ПО отношения между объектами осуществляются с помощью различных степеней зависимости. Типы градуируемых связей рассматриваются как нечеткие объектные связи. Пусть даны два нечетких объекта:

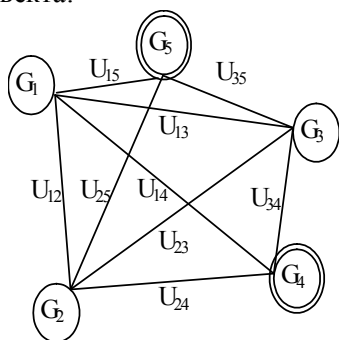


Рисунок 1 – Семантическая сеть

$$\tilde{A} = \{x_i, \mu_{\tilde{A}}(x_i) | x_i \in \psi_1, 1 \leq i \leq n\} \text{ и}$$

$$\tilde{B} = \{y_i, \mu_{\tilde{B}}(y_i) | y_i \in \psi_2, 1 \leq i \leq m\}.$$

Тогда можно определить отношение нечетких объектов следующим образом:

$$R_{f(\tilde{A}, \tilde{B})} = \left\{ (x_i, y_j), \mu_{f(\tilde{A}, \tilde{B})}(x_i, y_j) \right\},$$

где $(x_i, y_j) \in \psi_1 \times \psi_2$, (ψ -модель ПО).

Функция принадлежности $\mu_{f(\tilde{A}, \tilde{B})}(x, y)$ представляет степень ассоциации между атрибу-

тами двух объектов модели ПО. Данный формализм можно обобщить для случая n -арных связей, включающих n нечетких объектов. Обозначим множество объектов Λ :

$$\Lambda = \{\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3, \dots, \tilde{A}_n\},$$

где $\tilde{A}_i = \{x, \mu_{\tilde{A}_i}(x) | x \in \psi_i, 1 \leq i \leq n\}$.

Функция отношения для n объектов следующая:

$$R_{f(\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n)}^i = \left\{ (x_i, x_j), \mu_{f(\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n)}^i(x_i, x_j) | \tilde{A}_i, \tilde{A}_j \in \Lambda, i \neq j, 1 \leq i, j \leq n \right\},$$

где $(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$ – группа объектов, коллективные характеристики которых представляют единый супер-объект O . В нечетком окружении O представляется нечетким объектом:

$$\tilde{O} = \left\{ \tilde{A}_i, \mu_{\tilde{A}_i}(\tilde{A}_i) | \tilde{A}_i \in \Omega, 1 \leq i \leq n \right\},$$

где $\Omega = \bigcup_i \psi_i$ и ψ_i – некоторая модель ПО:

$$\tilde{A}_i = \{x, \mu_{\tilde{A}_i}(x) | x \in \psi_i, 1 \leq i \leq n\}.$$

Объект G_i семантической сети представляется следующим образом:

$$G_i = \{I, P, U_{G_i}\},$$

где I – название критерия ПО, P – множество понятий, входящих или связанных с критерием, U_{G_i} – множество отношений между понятиями P и критерием I (рисунок 2).

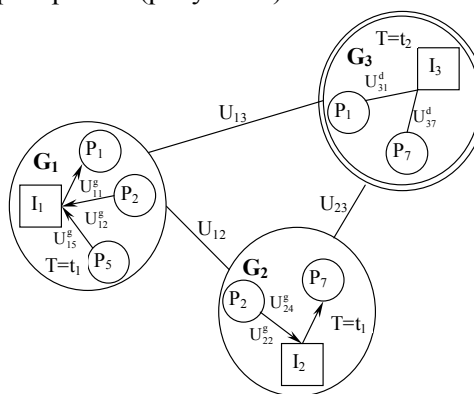


Рисунок 2 – Пример внутреннего представления ситуации и рекомендаций

U_{G_i} определяется как множество двоек типа $\{T, U_{IP}^g\}$, где T определяет тип критерия ПО,

U_{IP}^g – представляет собой нечеткое подмножество, которое показывает степень зависимости между объектом и понятием (степень зависимости определяет близость с ситуацией и критерием ПО). Тип объекта T определяет два вида критерия ПО: $T = \{t_1, t_2\}$, где t_1 – критерий ПО – ситуация, t_2 – критерий ПО – рекомендация.

U_{IP}^g определяется как:

$$U_{IP}^g = \left(\mu_{\tilde{G}_i} (P_j, I) \mid P_j \in P, I \in G_i \right) \quad j = 1 \dots n,$$

где P_j – понятие, принадлежащее критерию G_i , n – количество понятий для критерия.

Таким образом, объект ПО G_i , соответствующий критерию \tilde{G}_i с неопределенными и фиксированными атрибутами, можно определить так:

$$\tilde{G}_i = \left\{ I_i, P_1, \dots, P_n, t_{P_1}, \dots, t_{P_n}, \left\{ \mu_{\tilde{G}_i} (I_i, P_1), \dots, \mu_{\tilde{G}_i} (I_i, P_n) \right\} \right\},$$

где I_i – информационная часть i -го объекта, P_i – множество понятий, принадлежащих i -му критерию, t_{P_i} – тип критерия ПО, $\mu_{\tilde{G}_i} (I_i, P_i)$ – отношение близости понятия P_i и названия критерия I_i . Зависимость между узлами будет строиться на основе взаимосвязи между понятиями критериев ПО. Далее введем нечеткое отношение $U_{Pij} = \mu_S(P_i, P_j)$, определяющее близость понятий между собой.

На его основе формируется нечеткое подмножество U_P :

$$U_P = \{ P_i, P_j, \mu_S(P_i, P_j) \mid P_i \in P, P_j \in P, i, j = 1 \dots N \},$$

где N – количество понятий в ПО НЭС. При формировании отношений между понятиями выделяем три свойства:

– синонимичность: $\forall P_i \in S, \mu_S(P_i, P_i) = 1$,

– симметричность: $\forall P_1 \in S, \forall P_2 \in S, \mu_S(P_1, P_2) = \mu_S(P_2, P_1)$,

– положительные значения: $\forall P_1 \in S, \forall P_2 \in S, \mu_S(P_1, P_2) \geq 0$.

Соотношения между ситуациями, а также и между ситуацией и рекомендацией U вычисляются с использованием зависимости между отдельными понятиями, принадлежащими ситуациям и рекомендациям ($U = \{ U_{ij} \}$):

$$U_{ij} = \frac{1}{n * m} \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^m U_{P_{lk}},$$

где U_{ij} – среднее отношение близости между понятиями, принадлежащими i и j критерию ПО, n – количество понятий в i -м критерии ПО, m – количество понятий в j -м критерии ПО.

При выборе необходимой ситуации для решения в НЭС используются отношения близости между понятиями (U) и отношения близости между понятиями, принадлежащими ситуации, а также информационной частью ситуации (U_{IP}^g).

В свою очередь рекомендации в ПО группируются согласно выбранной ситуации для их дальнейшего анализа.

2. Построение экспертно-аналитических систем. Практически решение можно свести к

созданию комплексных экспертно-аналитических систем различных типов и уровня сложности.

Ядром системы стратегического управления является блок формализации экспертных знаний, который обеспечивает формализацию, сохранение и использование капитала знаний банка для принятия стратегических решений. Блок экспертных знаний тесно связан с моделью финансовой динамики банка блока стратегического бюджетирования и с системой проводимых мероприятий и установленных ключевых показателей (блок ключевых показателей). Блок стратегического бюджетирования позволяет на основе информации, получаемой из блоков макроэкономического и отраслевого мониторинга, с одной стороны, и блока мониторинга конкурентной среды - с другой, генерировать множество стратегических траекторий финансового развития банка. Блок ключевых показателей обеспечивает основу для разворачивания финансовой стратегии в набор функциональных стратегий с выбором контрольных показателей, их граничных значений, мониторинг эффективности выполнения стратегических планов.

Рассмотрим более подробно каждый из блоков.

Блок макроэкономического анализа и прогноза предназначен для объективных оценок текущего состояния макроэкономической среды и ее прогнозирования. Блок макроэкономического анализа и прогноза позволяет накапливать в систематизированном виде и анализировать данные макроэкономической статистики по РФ в целом и по регионам, а также отраслям. Блок снабжен модулем прогноза, позволяющим прогнозировать индекс-дефлятор, ВВП, ВРП и другие показатели исходя из инвестиционной политики страны и регионов и/или цен на нефть и курсов валют; ставку рефинансирования; доходы населения (включая «черные» зарплаты); прибыльность отраслей региональных экономик и другие социально-экономические показатели. Взаимосвязь с блоком анализа конкурентной среды дает возможность оценивать влияние макроэкономических показателей на стратегически значимые показатели банковского сектора, обеспечивая поддержку принятия управленческих решений об уровне притязаний банка на конкретном региональном/продуктовом рынке.

Блок анализа конкурентной среды предназначен для объективных оценок конкурентной среды и выявления ее тенденций, анализа конкурентной позиции банка. Блок анализа конкурентной среды позволяет накапливать в систематизированном виде и в динамике анализировать

данные по банковскому сектору РФ в целом и регионам присутствия банка, выделять стратегические конкурентные группы. Анализ конкурентной среды, начиная от выявления конкурентов методами data mining и заканчивая сценарным анализом динамики их развития, дает возможность обоснованно принимать решения о формировании конкурентных преимуществ, обеспечивая основу для выбора стратегических направлений развития.

Блок формализации экспертных знаний позволяет выявить, ранжировать и согласовать экспертные представления менеджмента и акционеров о стратегических целях банка и возможных действиях менеджмента, направленных на их достижение. При этом акционеры могут выступать как эксперты, их мнения учитываются с большим весом или мнения акционеров являются первичными и задают то поле, в котором далее «играют» эксперты-менеджеры.

Блок формализации экспертных знаний позволяет провести сбор экспертных знаний менеджмента о рыночных возможностях и угрозах, сильных и слабых сторонах банка и формализовать данные знания, представив их в численной и наглядной графической форме. Экспертные знания менеджмента увязываются с информацией, получаемой из блока макроэкономического анализа и прогноза и блока анализа конкурентной среды, т.е. с объективно оцененной ситуацией на рынке. Этим обеспечивается развитие банка как самообучающейся организации, когда менеджмент банка учится оценивать и согласовывать притязания банка и реально существующие на рынке возможности и эти знания, будучи формализованы и сохранены, могут быть использованы в дальнейшем.

Блок стратегического бюджетирования, получая на входе информацию из блоков макроэкономического анализа и прогноза, анализа конкурентной среды, формализации экспертных знаний менеджмента, позволяет строить набор стратегических бюджетов банка для разных сценариев. Задавая различные уровни макропараметров и внутренних показателей банка, пользователь может оптимизировать структуру активных и пассивных операций банка исходя из определяемых рынком возможностей. Блок стратегического бюджетирования позволяет проводить

стресс-тесты, связанные с негативным развитием ситуации во внешней экономической среде деятельности банка, а также в его внутренней среде. В блоке стратегического бюджетирования заложена поддержка принятия менеджментом банка решений по финансовой реализуемости банком различных сценариев развития.

Блок ключевых показателей позволяет на основе сформулированных в блоке формализации экспертных знаний целей банка в четырех сферах (финансы, клиенты, бизнес-процессы, обучение и развитие) устанавливать систему ключевых показателей, определять методы расчета показателей, задавать для них граничные значения и контролировать их достижение в процессе выполнения стратегического плана.

На основе мониторинга достижения целевых значений показателей выявляются причины опережающего развития или его отставания, связанные как с внешней средой (макроэкономика и конкуренция), так и с внутренними проблемами.

Выводы. В НЭС каждая модель строится на основе отдельной семантической сети, причем работает система с несколькими моделями ПО, взаимосвязанными или не связанными между собой. Затем эти сети объединяются в единую модель ПО. Для универсальной алгебры необходимо также определить множество операций и множество отношений между семантическими сетями и между элементами семантической сети.

Достоинством нечетко-множественного подхода является его близость к естественному языку, что дает эксперту возможность формализовать свои нечеткие представления, трансформировав их в язык количественных оценок.

Библиографический список

1. Демидова Л.А., Кираковский В.В., Пылькин А.Н. Алгоритмы и системы нечеткого вывода при решении задач диагностики городских инженерных коммуникаций в среде MATLAB. – М.: Радио и связь, Горячая линия – Телеком, 2005. – 365 с.
2. Крошилин А.В. Разработка и анализ ИПП в вычислительных сетях на основе универсальных алгебр. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Рязань: РГРТА, 2003. – 167 с.
3. Усков А.А., Круглов В.В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. – Смоленск: Смоленская городская типография, 2003. – 177 с.