

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

Спори́хин В.Я., Поле́тайкин А.Н. ✓

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

кафедра автоматизированных систем управления

e-mail: alex@interwest.dn.ua

Abstract

Sporykhin V.Y., Poletaykin A.N. Building of expert estimation model of computer technology realization factors. Following decision of the general problem of estimation of ambiguous factors to complex layered system with use the methods of artificial intelligence: device of fuzzy logic and mechanism of rule-oriented conclusion. Design model of influence of specified factors to economic system of realization of computer technology.

Рассмотрим задачу прогнозирования реализации компьютерной техники (КТ) в Донецком регионе. Реализация КТ — многомерный информационный процесс, который требует адекватного представления и оптимизации с помощью современных информационных технологий. В [1] отмечено влияние на процесс реализации ряда существенных неценовых факторов, представляющих собой стохастически-детерминированные социально-экономические образования, которые можно системно описать как нечеткие множества, ввиду доказанного обстоятельства, что сложный динамический процесс наиболее адекватно может быть описан при помощи нечеткой логики, которая по определению является непрерывной [2]. При этом влияние факторов на систему определяется интегрально по оценкам, полученным на базе модели нечеткой логики с учетом ранжирования по признакам классификации КТ с привлечением в качестве основного негэнтропийного (информационного) источника группы компетентных в данной области специалистов — экспертов. Исходя из такой постановки задачи, будем далее называть рассматриваемые факторы реализации нечеткими факторами (НФ), качественные признаки классификации КТ, относительно которых получаем нечеткую характеристику НФ, назовем характеристическими признаками (ХП), а систему, реализующую данную задачу — экспертной системой (ЭС).

Для решения задачи формируется набор существенных НФ реализации КТ (таблица 1) и основных ХП качественной классификации КТ (таблица 2). Ввиду того, что не все факторы могут адекватно рассматриваться относительно качественных ХП, проводится традиционная классификация товаров по группам, некоторые из которых сведены в таблице 3. Для каждого НФ вводится лингвистическая переменная, для которой определяется терм-множество ее лингвистических значений и функция принадлежности $\mu(\omega)$ значений фактора множеству $\{T\}$, а также алгоритм влияния НФ на носитель интегрального значения $K\{D, S\}$ на определенном временном интервале, где D и S — характеристики спроса и предложения товара — основные параметры реализации. Результатом решения данной задачи должна быть модель подсистемы приобретения знаний, функцией которой является наполнение базы знаний ЭС оценки факторов реализации КТ, разработка которой отражена в [1]. Блок-схема укрупненного алгоритма решения рассмотренной задачи представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Укрупненный алгоритм построения модели оценки факторов реализации КТ

Процесс выделения и оценки НФ и ХП выполняется группой компетентных специалистов (экспертов) отражен в [1]. Перечень выделенных НФ и ХП представлен соответственно в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Существенные факторы F реализации компьютерной техники

№ п/п	Неценовой фактор	Ранг
1	Денежные доходы покупателя	0,84
2	Насыщенность рынка аналогами	0,75
3	Сезонные, погодные условия; периодичность	0,64
4	Численность покупателей	0,59
5	Уровень развития жилищных условий	0,57
6	Распределение по половозрастному составу	0,57
7	Особенности занятости покупателя	0,55
8	Уровень безработицы	0,55
9	Уровень культуры быта	0,50
10	Потребительские вкусы	0,50

Ранг фактора представляет собой действительную интегральную оценку по десяти характеристическим признакам в десятибалльной системе.

Таблица 2. Характеристические признаки S качественной классификации КТ

№ п/п	Признак классификации	Вес
1	Цели использования	0,625
2	Основные требования к системе	0,775
3	Уровень производительности	0,525
4	Уровень надежности	0,5
5	Предпочтения определенным маркам	0,838
6	Дальнейшая возможность модернизации	0,413
7	Дизайн	0,738
8	Мода	0,5
9	Дизайнерские решения	0,763
10	Сервисное обслуживание	0,363

Вес признака представляет собой среднее значение и отражает его вклад в оценку десяти факторов реализации из таблицы 1.

Таблица 3. Признаки традиционной классификации КТ

№ п/п	Признак классификации	Доля
11	К Материнская плата	0.131
12	К Видео-карта	0.075
13	К Монитор	0.061
14	К Память	0.054
15	К Корпус	0.054
16	К Процессор	0.043
17	Р картриджи для струйных принтеров JT	0.036
18	К Винчестеры	0.036
19	Р фотобарабаны и чистящие лезвия	0.032
20	М Фотокамеры цифровые	0.031

Доля представляет собой долеую оценку товаров по данному классу от общей массы товаров из базы данных

В общем виде рассмотренная процедура может быть описана следующей моделью:

$$\{\{F(k)\}, \{S(m)\}, \{M_{FS}(k \times m)\}, \{K(n)\}, W_K(\mu)\}, \quad (1)$$

где $\{F(k)\}$ – множество факторов, оказывающих существенное влияние на реализацию;

$\{S(m)\}$ – множество признаков классификации, на которые проецируются нечеткие характеристики факторов F;

$\{M_{FS}(k \times m)\}$ – набор нечетких множеств, образуемых из F и S;

$\{K(n)\}$ – множество интегральных показателей реализации

$W_K(\mu)$ – алгоритм интегрального влияния M_{FS} на Q.

Таким образом, имеем классическую модель оптимизации выходных оценок Q при входных данных F и S посредством математического и алгоритмического обеспечения соответственно M_{FS} и W_K . Здесь множество факторов $\{F(k)\}$ в проекции на множество признаков $\{S(m)\}$ образуют нечеткие множества $\{M_{FS}(k \times m)\}$, которые оказывают интегральное влияние $W_K(\mu)$ на множество показателей реализации $\{K(n)\}$. Разработка такой модели может быть проведена разными методами, среди которых можно выделить метод наименьших квадратов, имитационного моделирования, эволюционные (генетические алгоритмы) и прочие.

Метод наименьших квадратов представляется слишком простым и обобщенным для задачи оптимизации сложной социально-экономической системы, где привести все качественные характеристики к числовой аппроксимации нелинейных уравнений есть задача громоздкая и в целом труднореализуемая.

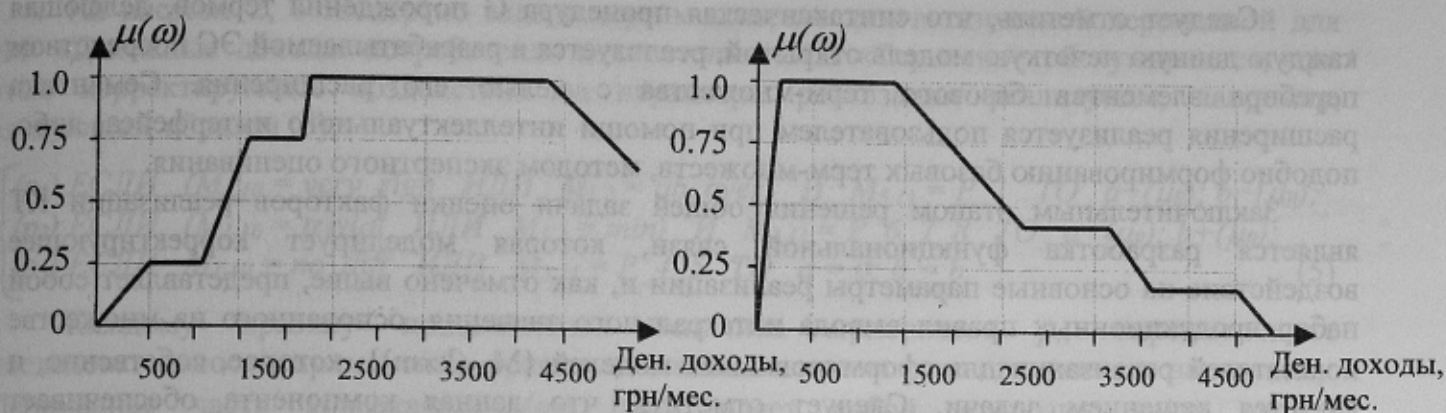
Идея метода имитационного моделирования привлекательна благодаря своей простоте и применяется для оптимизации параметров управления и планирования, однако при помощи данного метода сложно учесть многокритериальность задачи, где областью поиска является не множество возможных вариантов, но подмножество допустимых вариантов. Поэтому к задаче оптимизации модели (1) имитационное моделирование может быть применено только наряду с другим методом оптимизации.

Наиболее близки к реализации данной модели методы эволюционного поиска, среди которых особое место занимают генетические алгоритмы (ГА) — адаптивные методы поиска, которые в последнее время часто используются для решения задач функциональной оптимизации. Подражая эволюционным процессам, происходящим в естественной природе, генетические алгоритмы способны "развивать" решения реальных задач любой степени сложности, если те соответствующим образом закодированы. В то же время высокая степень риска и неоднозначность предметной области приводит к тому, что получаемые решения оказываются тривиальными ввиду комбинаторного характера метода, а также слабой способностью получения принципиально новых решений, лежащих вне области поиска алгоритма. Данное обстоятельство также указывает на возможность применения ГА к данной задаче только в совокупности с другими методами, ограничивающими область поиска, либо выступающими в качестве элемента функции годности ГА.

Таким образом, учитывая высокую степень неоднозначности внешней среды и активное привлечение к оценке входных данных группы компетентных специалистов, наиболее рациональным вариантом будет разработка на этой базе простейшей экспертной системы, где знания о предметной области концептуально представлены в форме нечетких множеств с использованием в качестве исходных данных для формирования множества F и S (см. таблицы 1 и 2). В качестве функциональной компоненты применяется алгоритм влияния факторов на систему, построенный на базе продукционных правил логического вывода. Последние могут быть реализованы процедурно, иметь приоритеты и условия активации и, подобно демонам, возможность самопроверки корректности применения. Данная композиция методов давно стала традиционной и известна в теории искусственного интеллекта, как метод приближенных рассуждений и композиционного правила вывода [3].

В качестве примера рассмотрим некоторые из экспертных оценок образующих факторов в проекции на характеристические признаки из таблицы 2. Проекция $M_{1,2}$ НФ «Денежные доходы покупателя» на ХП «Основные требования к системе» представлен на рисунке 2, а. Понятно, что требования к конфигурации и производительности ПК возрастают с увеличением доходов, и на уровне полутора тысяч достигают максимума. С дальнейшим ростом уровня доходов (5000 и более) пользователь плавно теряет интерес к конфигурации ПК ввиду выбора заранее наилучшей модели. Для лингвистической переменной данной проекции имеем терм-множество $M_{1,2} = \{\text{минимальные (min), выше среднего (ab_aver), повышенные (increas)}\}$, определенное на универсальном множестве $[0; 1]$.

В другом случае проекции фактора «Денежные доходы» на признак «Сервисное обслуживание» (рисунок 2, б) имеем резкий скачок заинтересованности пользователя в гарантийном обслуживании и сервисе, что убывает с ростом состоятельности и на некотором рубеже потребитель вовсе теряет интерес к данному рода обслуживанию. Здесь определено терм-множество $M_{1,10} = \{\text{очень значимо (very_sign), значимо (sign), существенно (essential), несущественно (unessential), незначительно (trivial)}\}$, определенное на универсальном множестве $[0; 1]$.



а). Проекция на характеристический признак «Основные требования к системе»

б). Проекция на характеристический признак «Сервисное обслуживание»

Рисунок 2 - Нечеткая характеристика фактора «Денежные доходы потребителя»

Несколько иную природу имеет фактор «Периодичность», который характеризуется периодическими волнообразными всплесками и носит непрерывный характер. Один из подобных периодических всплесков демонстрирует рисунок 3. Здесь изображена функция периодического влияния спроса $T_D(t)$, определяющая значение функции принадлежности. Спрос обыкновенно стабилен и равен 1, однако в особые периоды времени его значение может вероятностно изменяться в обе стороны в соответствии с нормальным распределением. $T_D(t)$ может определяться аналитически (2), где t – текущий момент времени, а математическое ожидание M_T определяется некоторым критическим моментом времени. СКО в особый период имеет достаточно малое значение, что характеризует резкое падение, однако другие периоды характерны плавным изменением спроса, что обеспечивается большим СКО. Q_{cp} может определяться индивидуально для каждой товарной единицы как априорно (экспертные оценки), так и апостериорно (статистика).

$$\mu(\varphi) = \frac{Q_{cp}}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-M_T)^2}{2\sigma_1^2}} \quad (2)$$

В данном случае определено периодическое терм-множество $M_{3,11} = \{\text{январь (P}_1\text{), февраль-март (P}_{2_3}\text{), апрель-май-июнь (P}_{4_5_6}\text{), июль-август (P}_{7_8}\text{), август-сентябрь (P}_{8_9}\text{), октябрь-ноябрь (P}_{10_11}\text{), декабрь (P}_{12}\text{)}\}$, определенное на универсальном множестве $[0; 2]$. При этом каждый терм представляет собой определенный временной период: P_1 характеризуется небольшим (30%) повышением продаж, в периоды P_{2_3} , $P_{4_5_6}$ и P_{10_11} продажи относительно стабильны, в летний период спрос населения падает на 20 – 30 %, а в периоды P_{8_9} и P_{12} наблюдается подъем продаж на 30 – 40 – 50%.

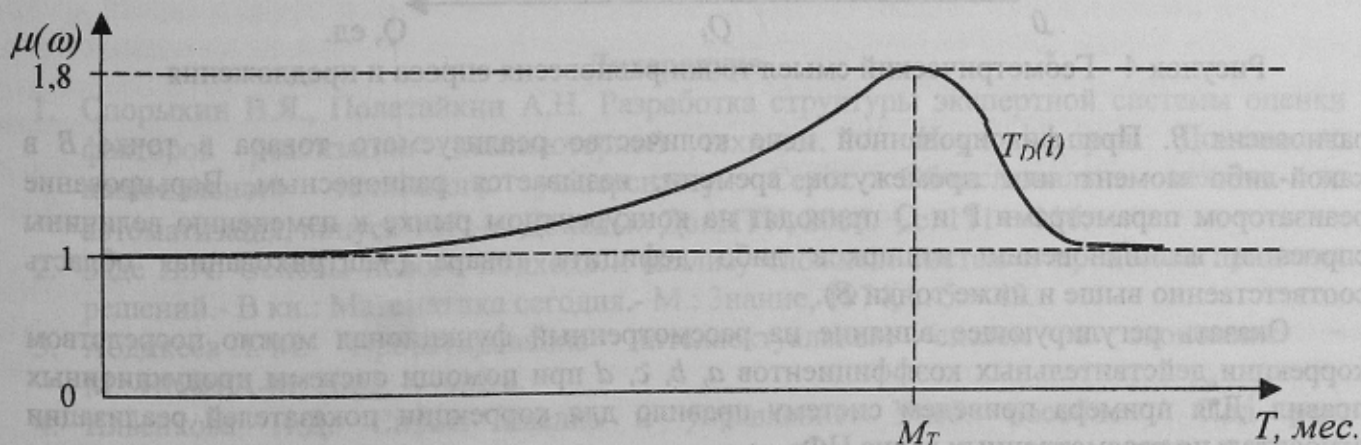


Рисунок 3 - График функции периодического влияния на реализацию класса товара

Следует отметить, что синтаксическая процедура G порождения термов, делающая каждую данную нечеткую модель открытой, реализуется в разрабатываемой ЭС посредством перебора элементов базового терм-множества с целью его расширения. Семантика расширения реализуется пользователем при помощи интеллектуального интерфейса, либо, подобно формированию базовых терм-множеств, методом экспертного оценивания.

Заключительным этапом решения общей задачи оценки факторов реализации КТ является разработка функциональной связи, которая моделирует корректирующее воздействие на основные параметры реализации и, как отмечено выше, представляет собой набор продукционных правил вывода интегрального значения, основанного на множестве показателей реализации для сформированных моделей $\{M_{FS}(k \times m)\}$, которое, собственно, и является решением задачи. Следует отметить, что данная компонента обеспечивает динамические характеристики процесса решения и является основным узлом разрабатываемой экспертной системы.

Выше было отмечено, что основными параметрами реализации в данной задаче является две действительные экономические характеристики: величина спроса и величина предложения. Рассмотрим данные характеристики более подробно [4]. Величины спроса и предложения рассматриваются в экономической теории, как нелинейные, симметричные друг другу функции. В аналитической форме они могут быть аппроксимированы следующим образом:

$$Q_D(P)_i = a - b \cdot P_i \tag{3}$$

$$Q_S(P)_j = c \cdot P_j + d, \tag{4}$$

где: $Q_D(P)_i$ — объем спроса на i -й товар по цене P_i ;

$Q_S(P)_j$ — объем предложения j -го товара по цене P_j ;

a, b, c, d — числовые действительные коэффициенты.

Графически функции отображаются в координатной плоскости PQ (рисунок 4), где P и Q соответственно цена и количество данного товара. Точка пересечения этих кривых показывает соответствие величины спроса величине предложения и называется точкой

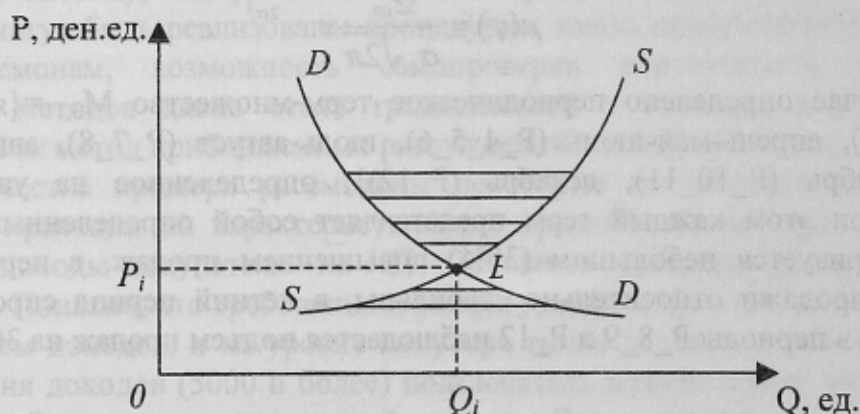


Рисунок 4 - Геометрический смысл точки равновесия спроса и предложения

равновесия B . При фиксированной цене количество реализуемого товара в точке B в какой-либо момент или промежуток времени, называется равновесным. Варьирование реазатором параметрами P и Q приводят на конкурентном рынке к изменению величины спроса и возникновению излишков либо дефицита товара (заштрихованная область соответственно выше и ниже точки B).

Оказать регулирующее влияние на рассмотренный функционал можно посредством коррекции действительных коэффициентов a, b, c, d при помощи системы продукционных правил. Для примера приведем систему правило для коррекции показателей реализации относительно рассмотренных выше НФ.

На рисунке 2, б экспертно задано терм-множество лингвистической переменной для НФ «Денежные доходы потребителя» относительно ХП «Сервисное обслуживание», при этом корректирующее воздействие на параметры реализации реализуется, например, следующим образом (5).

$$\begin{cases} (p_1) \text{ ЕСЛИ } (M_{1,10} = \text{very_sign} \text{ ИЛИ } M_{1,2} = \text{ab_aver}) \text{ И } M_{3,11} = P_1 \text{ ТО } a+(\mu_R); b-(\mu_R); \\ (p_2) \text{ ЕСЛИ } (M_{1,10} = \text{trivial} \text{ ИЛИ } M_{1,2} = \text{min}) \text{ И } M_{3,11} = P_6_7_8 \text{ ТО } a-(\mu_R); b+(\mu_R); \\ (p_3) \text{ ЕСЛИ } M_{1,10} = \text{no_diff} \text{ ИЛИ } M_{3,11} = P_4_5 \text{ ТО } a = 0; \bar{b} = \bar{b}. \end{cases} \quad (5)$$

Каждому правилу присваивается величина приоритета p_i , определяющего последовательность применения правил и степень влияния данного вывода на систему. Переменная часть консеквента (μ_R) представляет собой композиционную оценку интегрального влияния задействованных в antecedенте факторов на систему, которая определяется алгоритмически и реализуется процедурно.

Структурная схема разработанной модели представлена на рисунке 5. Данная схема является структурным компонентом схемы разрабатываемой ЭС из [1]. Из схемы видно, что модель ориентирована по большей части на приобретение знаний. Для формирования окончательно решения в виде количественного плана поставок КТ и информационных оценок плана необходимо подключить другие подсистемы ЭС.

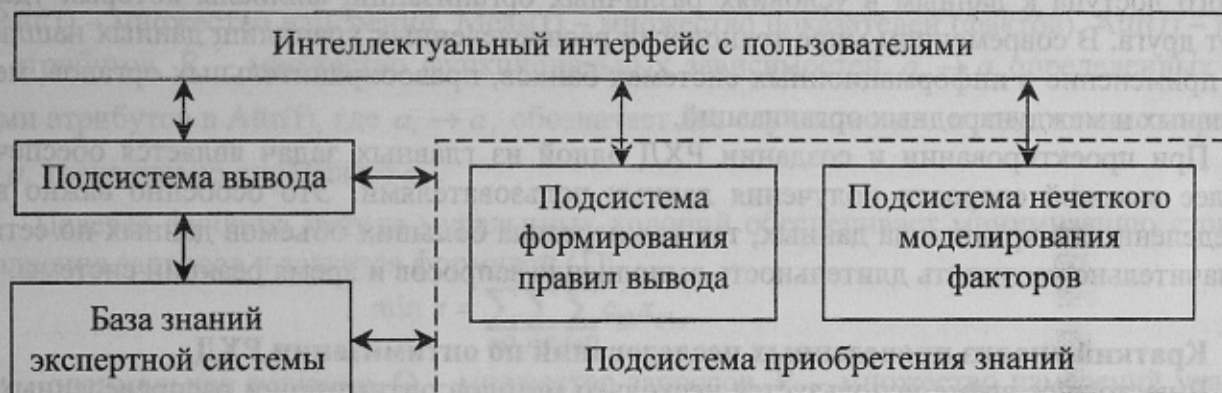


Рисунок 5 - Структурная схема модели оценки факторов реализации КТ

Выводы:

1. Проведено исследование методов искусственного интеллекта: аппарата нечеткой логики и механизма продукционного вывода.
2. Разработана подсистема приобретения знаний, входящая в структуру экспертной системы оценки факторов реализации компьютерной техники.
3. На основе указанной подсистемы построена модель оценки факторов реализации компьютерной техники.

Литература

1. Спорыхин В.Я., Полетайкин А.Н. Разработка структуры экспертной системы оценки факторов реализации компьютерной техники. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, випуск 107. — Донецьк: ДонНТУ, 2006. — с. 111 – 116.
2. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений.- В кн.: Математика сегодня.- М.: Знание, 1974, с. 5 – 49.
3. Абдикеев Н. М. Проектирование интеллектуальных систем в экономике. — М.: ИНФРА-М, 2003. — 532 с.
4. Ильенкова Н.Д. Спрос: анализ и управление: Учеб. пособие / Под ред. И.К. Беляевского.—2-е изд., перераб. и доп.— М.: Финансы и статистика, 2000.— 256 с.