

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А. Я. Кузёмин

Харьковский Государственный Технический Университет Радиоэлектроники, факультет Прикладной математики и менеджмента, кафедра Информатики, 61726, Украина, г. Харьков, пр. Ленина, 14, kuzy@fmail.foss.kharkov.ua, kuzy@kture.kharkov.ua

ABSTRACT

In article are considered the fundamental working conceptions to expert system for investment activity, in which a search algorithm combination uses.

ВВЕДЕНИЕ

В общем случае задача экспертной системы для инвестиционной деятельности состоит в сборе, хранении и использовании знаний, полученных от экспертов, с целью решения прикладных задач идентификации и принятия решений.

Для идентификации предметной области используется аппарат интеллектуальной технологии [1].

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При проектировании экспертной системы для инвестиционной деятельности существует непосредственная зависимость между сложностью задачи, ее структурой и сложностью выполняемой ею функциями. Общеизвестно, что потери в проектировании и разработке программных средств информационных систем их проектирование в целом определяются трудностями на ранних этапах жизненного цикла. Заказчик не всегда точно может сформулировать даже цель разработки не говоря уже о том, что знания его в предметной области тесно связаны с его занимаемой должностью, а его взаимодействие с разработчиком программных средств проходит на разных языках. Объектно-ориентированный анализ [2] и программные CASE средства Rational Rose, BPwin, ERwin и многие другие призваны решить эту проблему. Однако, на практике внедрение CASE технологии сталкивается с большими трудностями из за большой стоимости средств проектирования, отступлений от принципов объектно-ориентированного анализа и "традиций" разработчиков.

На этапе системного объектно-ориентированного анализа используются "жесткие" ограничения алгебры при построении моделей и диаграмм. Решение указанной проблемы можно связать с предлагаемым подходом при построении модели, который "раслаивает" модели по функциональным преобразованиям, а не потокам данных. Причем при синтезе информационной экспертной системы учитывается как структурная, так и функциональная сложность задач в инвестиционной деятельности.

Согласно Н.Винеру [3] превышение количества воспринимаемой информации (функциональной сложностью системы) над количеством внутренней информации (ее структурной сложности) после определённого порога может привести к развитию её в смысле самоорганизации.

В алгоритмизации используется уточнённый аппарат функциональных преобразований регулярных схем алгоритмов [4].

Используемая система аксиом рассматривается как схема бесконечной совокупности формул на тройке алгебр H_o, H_u, H_r , называемых алгеброй операторов, алгеброй условий и алгеброй связей соответственно.

$$H = (Z_1, \dots, Z_k, e, \emptyset, \alpha_1, \dots, \alpha_n, 1, 0, r_1, \dots, r_m, r_e, r_\emptyset) \quad ,$$

$$\left. \begin{array}{l} Z_i, e, \emptyset \in H_o \\ \alpha_i, 1, 0 \in H_u \\ r_i, r_e, r_\emptyset \in H_r \end{array} \right\} \forall i = \overline{1, n}$$

где H_o - алгебра операторов; H_u - алгебра условий; H_r - алгебра связей;
 Z_i - преобразователь (операция); α_i - условия; r_i - параметры связи.

Операции определенные на алгебрах:

H_o : $Z_i \circ Z_j$ - композиция;

$(Z_i \vee Z_j)$ - дизъюнкция;

$\alpha \{Z_i\}$ - α -итерация.

H_u : $\alpha_i \wedge \alpha_j$ - композиция;

$\alpha_i \vee \alpha_j$ - дизъюнкция;

$\overline{\alpha_i}$ - отрицание.

H_r : $r_i \wedge r_j$ - композиция;

$r_i \vee r_j$ - дизъюнкция;

$\overline{r_i} = \bigvee_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n r_j$ - отрицание.

Цепочки вида $\alpha \cdot r$ и $r \cdot \alpha$ назовем элементарными входными и выходными цепочками отношений (ЭЦО) соответственно.

$$(H_u, H_r): \alpha_i r_i \vee \alpha_j r_j = \begin{cases} \alpha_i r_i, \text{ если } \alpha_j = 0 \\ \alpha_j r_j, \text{ если } \alpha_i = 0 \\ r_\emptyset, \text{ если } \alpha_j = 0 \text{ и } \alpha_i = 0 \\ \alpha_i r_i \vee \alpha_j r_j, \text{ ина } \div e \end{cases} \text{ - дизъюнкция;}$$

$\alpha_i r_i \wedge \alpha_j r_j$ - конъюнкция;

$r_i \alpha_i \wedge \alpha_j r_j = r_i \wedge r_j$ если $\alpha_i = \alpha_j \neq 0$;

$\overline{\alpha r_i} = \overline{\alpha} \overline{r_i} = \overline{\alpha} \left(\bigvee_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n r_j \right)$ - отрицание.

Каждый элемент ФССА будем записывать в виде композиции

$$S_i =_{\alpha_u r_u} (\alpha_v r_v Z_i r_w \alpha_w)_{r_f \alpha_f} ,$$

где $\alpha_u r_u, \alpha_v r_v$ - характеризуют входные каналы передачи информации преобразователю Z_i
 $r_w \alpha_w, r_f \alpha_f$ - характеризует выходные каналы передачи информации от преобразователя Z_i .

(H_o, H_u, H_r) :

$$S = S_i \circ S_j =_{\alpha_{u_i} r_{u_i}} (\alpha_{v_i} r_{v_i} Z_i r_{w_i} \alpha_{w_i})_{r_{f_i} \alpha_{f_i}} \circ_{\alpha_{u_j} r_{u_j}} (\alpha_{v_j} r_{v_j} Z_j r_{w_j} \alpha_{w_j})_{r_{f_j} \alpha_{f_j}}$$

- композиция, если выходные и входные ЭЦО активированы и согласованы;
Композицию ЭЦО $r\alpha\cdot\alpha r$ назовем активированной, если условия в соответствующих ЭЦО равны и принимают единичное значение.

$$S =_{\alpha} (S_i \vee S_j) =_{\alpha_{u_i}} (\alpha_{v_i} r_{v_i} Z_i r_{w_i} \alpha_{w_i})_{r_{f_i} \alpha_{f_i}} \vee_{\alpha_{u_j}} (\alpha_{v_j} r_{v_j} Z_j r_{w_j} \alpha_{w_j})_{r_{f_j} \alpha_{f_j}} -$$

α -ДИЗЪЮНКЦИЯ;

$$S =_{\alpha} \{S_i\} =_{\alpha_{u_i} r_{u_i}} (\alpha_{v_i} r_{v_i} Z_i r_{w_i} \alpha_{w_i})_{r_{f_i} \alpha_{f_i}} - \alpha\text{-ИТЕРАЦИЯ, ;}$$

$$S = [S_i \wedge S_j]^w = \left[_{\alpha_{u_i} r_{u_i}} (\alpha_{v_i} r_{v_i} Z_i r_{w_i} \alpha_{w_i})_{r_{f_i} \alpha_{f_i}} \wedge_{\alpha_{u_j} r_{u_j}} (\alpha_{v_j} r_{v_j} Z_j r_{w_j} \alpha_{w_j})_{r_{f_j} \alpha_{f_j}} \right]^w - \text{КОНЪЮНКЦИЯ,}$$

w - синхронизация по времени.

При этом можно использовать такие основные тождества:

$$1. \text{Идемпотентность: }_{\alpha} (S_i \vee S_i) = S_i$$

$$[S_i \wedge S_i]^w = S_i$$

$$S_i \circ S_i = S_i$$

$$2. \text{Коммутативность: }_{\alpha} (S_i \vee S_j) =_{\alpha} (S_j \vee S_i)$$

$$[S_i \wedge S_j]^w = [S_j \wedge S_i]^w$$

$$S_i \circ S_j \neq S_j \circ S_i$$

$$3. \text{Ассоциативность: }_{\alpha} \left(_{\alpha} (S_i \vee S_j) \vee S_k \right) =_{\alpha} \left(S_i \vee_{\alpha} (S_j \vee S_k) \right)$$

$$\left[[S_i \wedge S_j]^w \wedge S_k \right]^w = \left[S_i \wedge [S_j \wedge S_k]^w \right]^w$$

$$\left((S_i \circ S_j) \circ S_k \right) \neq \left(S_i \circ (S_j \circ S_k) \right)$$

$$4. \text{Дистрибутивность: } \left[_{\alpha} (S_i \vee S_j) \wedge S_k \right]^w =_{\alpha} \left([S_i \wedge S_k]^w \vee [S_j \wedge S_k]^w \right)$$

$$_{\alpha} (S_i \vee S_j) \circ S_k =_{\alpha} (S_i \circ S_k \vee S_j \circ S_k)$$

$$5. \text{Тождественность: } \left[_{\alpha} (S_i \vee S_j) \wedge S_k \right]^w =_{\alpha} \left([S_i \wedge S_k]^w \vee [S_j \wedge S_k]^w \right)$$

$$[S_i \wedge S_e]^w = [S_e \wedge S_i]^w = S_i$$

$$_{\alpha} (S_i \vee S_{\emptyset}) =_{\alpha} (S_{\emptyset} \vee S_i) = S_i$$

$$[S_i \wedge S_{\emptyset}]^w = [S_{\emptyset} \wedge S_i]^w = \emptyset$$

$$\vee_{\alpha} \{S_i\} = S_e$$

$$S_e =_{\alpha_{u_i} r_{u_i}} (\alpha_{v_i} r_{v_i} e r_{w_i} \alpha_{w_i})_{r_{f_i} \alpha_{f_i}}$$

$$S_{\emptyset} =_{\alpha_{u_i} r_{u_i}} (\alpha_{v_i} r_{v_i} \emptyset r_{w_i} \alpha_{w_i})_{r_{f_i} \alpha_{f_i}}$$

6.

$$\begin{aligned} \alpha (S'_i \vee S''_i) &= \left(\alpha'_{r'_u} (\alpha'_v r'_v Z_i r'_w \alpha'_w)_{r'_f \alpha'_f} \vee \alpha''_{r''_u} (\alpha''_v r''_v Z_i r''_w \alpha''_w)_{r''_f \alpha''_f} \right) = \\ &= \alpha'_{r'_u \vee r''_u} (\alpha'_v r'_v \vee \alpha''_v r''_v Z_i r'_w \alpha'_w \vee r''_w \alpha''_w)_{r'_f \alpha'_f \vee r''_f \alpha''_f} \\ S'_i \circ S''_i &= \alpha'_{r'_u r'_u} (\alpha'_v r'_v Z_i r'_w \alpha'_w)_{r'_f \alpha'_f} \circ \alpha''_{r''_u r''_u} (\alpha''_v r''_v Z_i r''_w \alpha''_w)_{r''_f \alpha''_f} = \\ &= \alpha'_{r'_u r'_u} (\alpha'_v r'_v Z_i r''_w \alpha''_w)_{r''_f \alpha''_f} \end{aligned}$$

O.1: ЭСЦ называется рефлексивным, если выполняется $S_i = \alpha_{r_u r_u} (\alpha_v r_v Z_i r_w \alpha_w)_{r_u \alpha_u}$ и композиции ЭЦО согласованы и активированы.

O.2: ЭСЦ называется антирефлексивным, если выполняется $S_i = \alpha_{r_u r_u} (\alpha_v r_v Z_i r_w \alpha_w)_{r_f \alpha_f}$ тогда и только тогда, когда $\alpha_u \neq \alpha_f, \alpha_v \neq \alpha_w$.

O.3: ЭСЦ называется симметричным, если выполняется $S_i = \alpha_{r_u r_u} (\alpha_v r_v Z_i r_w \alpha_w)_{r_f \alpha_f}$ то отсюда следует, что выполняется $S_i = \alpha_{r_f r_f} (\alpha_w r_w Z_i r_v \alpha_v)_{r_u \alpha_u}$.

O.4: ЭСЦ называется антисимметричным, если из выполнения

$$S_i = \alpha_{r_u r_u} (\alpha_v r_v Z_i r_w \alpha_w)_{r_f \alpha_f} \text{ и } S_i = \alpha_{r_f r_f} (\alpha_w r_w Z_i r_v \alpha_v)_{r_u \alpha_u} \text{ следует что}$$

$$\alpha_u = \alpha_f, \alpha_v = \alpha_w.$$

O.5: ЭСЦ называется асимметричным, если выполняется $S_i = \alpha_{r_u r_u} (\alpha_v r_v Z_i r_w \alpha_w)_{r_f \alpha_f}$, а $S_i = \alpha_{r_f r_f} (\alpha_w r_w Z_i r_v \alpha_v)_{r_u \alpha_u}$ не выполняется.

O.6: ЭСЦ называется транзитивным, если из выполнения $S_i = \alpha_{r_u r_u} (\alpha_v r_v Z_i r_w \alpha_w)_{r_f \alpha_f}$ $S_i = \alpha_{r_f r_f} (\alpha_w r_w Z_i r_q \alpha_q)_{r_1 \alpha_1}$ следует, что выполняется $S_i = \alpha_{r_u r_u} (\alpha_v r_v Z_i r_q \alpha_q)_{r_1 \alpha_1}$.

O.7: ЭСЦ называется эквивалентным, если оно рефлексивно, симметрично и транзитивно.

O.8: ФССА называется полным, если выполняется $S_i = \alpha_{r_u r_u} (\alpha_v r_v Z_i r_w \alpha_w)_{r_f \alpha_f}$ или $S_i = \alpha_{r_f r_f} (\alpha_w r_w Z_i r_v \alpha_v)_{r_u \alpha_u}$ или и то и другое одновременно.

O.9: ФССА все ЭСЦ которого асимметричны и антирефлексивны называется строго упорядоченным.

O.10: ФССА называется безразличным (толерантным) если все его ЭСЦ симметричны и рефлексивны.

O.11: ФССА называется не строго упорядоченным, если

O.12: Не избыточной ФССА называется такая ФССА, которую нельзя упростить (сократить) без потери или искажения информации (работоспособности ФССА).

O.13: Правильным вариантом ФССА называется множество ЭСЦ связанных друг с другом активированными и согласованными входными ЭЦО при $t \rightarrow \infty$.

O.14: Неопределенной ЭСЦ Sвн - называется ЭСЦ с неопределенным или нулевым входным информационным или управляющим отношением. Выполнение операции $Z_i \in \Pi_0$ возможно только при наличии информации и управляющего воздействия. В противном случае, преобразование носит неопределенный характер над неопределенными данными.

При описании проблемных ситуаций предметной области - инвестиционной деятельности некоторые входные, а часто и выходные (целевые), переменные могут быть

описаны нечетко [1]. Другими словами происходит разбиение области допустимых значений (ОДЗ) на классы типа "высокий", "средний", "низкий", "плохой", "хороший" и т.п., причем четкой границы между классами не существует. В такой ситуации применим аппарат нечетких множеств. Вместо класса вводим понятие "терм" - нечеткое множество на ОДЗ входной переменной. На ОДЗ для каждой нечеткой переменной экспертной системы вводим конечное число термов, каждый со своей функцией принадлежности.

Анализ и построение экспертной системы для инвестиционной деятельности, оперирующей нечеткой входной информацией направлено на принятие нечетких решений. Алгоритм работы экспертной системы обеспечивает самообучение системы на основе статистического набора выборок.

Предметную область можно представить в виде:

$$\bar{d} = f(\bar{X}, \bar{S}, \bar{Q}),$$

где \bar{X} - вектор входных переменных $\bar{X} = (x_1, \dots, x_n)$, причем на ОДЗ для каждого x_i , $i = \overline{1, n}$ заданы нечеткие термы T_{i1}, \dots, T_{il_i} . Каждый терм характеризуется функцией принадлежности

$$\mu_{ij}(x_i) \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, l_i}$$

Вид функции принадлежности зависит от семантики задач инвестиционной деятельности. Функции принадлежности можно принять следующего вида:

$$\mu_{ij}(x_i) = e^{-\frac{(x_i - a_{ij})^2}{\sigma_{ij}^2}},$$

где

a_{ij} - медиана,

σ_{ij} - дисперсия (степень нечеткости), $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, l_i}$

Параметры a и σ однозначно определяют терм и его функцию принадлежности. С каждым термом можно связать его смысловое значение, например для переменной X - "уровень компетентности" можно ввести термы:

T_1 - "низкий",

T_2 - "средний",

T_3 - "высокий".

При самообучении экспертная система руководствуется значениями функции несоответствия вида:

$$\Delta = \sum_{s=1}^R \left[\sum_{b=1}^m (\mu_b(y_s) - \mu_{bs})^2 \right],$$

которая показывает среднеквадратическое отклонение заданных и подсчитанных экспертной системой значений функций принадлежности. В соответствии с этим решается задача:

$$\Delta \rightarrow \min_{\bar{S}}$$

$$\bar{S} \in [\underline{a}_{11}; \overline{a}_{11}] \times \dots \times [\underline{a}_{nl_n}; \overline{a}_{nl_n}] \times [\underline{\sigma}_{11}; \overline{\sigma}_{11}] \times \dots \times [\underline{\sigma}_{nl_b}; \overline{\sigma}_{nl_b}] \times [0; 1]^N$$

Функция Δ полимодальна и при большой размерности задачи встает вопрос о выборе оптимального пути оптимизации.

В экспертной системе используется комбинация адаптивных алгоритмов поиска - генетического алгоритма со случайным поиском и покоординатного обучения, позволяющего получить несколько наборов $\bar{S}_1, \dots, \bar{S}_p$ с достаточно малым значением

Δ , и - классических градиентных методов, локализирующих \bar{S}_{\min} . Для повышения скорости сходимости алгоритма покоординатного обучения вводятся вероятностные оценки

влияния первичных параметров на выходной параметр - показатель качества системы. Вероятность вариации любого i -того первичного параметра формируется из трёх компонент

$$p_i = \gamma_1 * p_i^{(1)} + \gamma_2 * p_i^{(2)} + \gamma_3 * p_i^{(3)},$$

где $\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1$.

Здесь $p_i^{(1)}$ - вероятность, определяемая на основании оценки глобального влияния параметров, $p_i^{(3)}$ - вероятность, определяемая на основании учета величины удачного приращения критерия качества - выходного параметра, $p_i^{(2)}$ - вероятность полученная на основании учета только достоверности улучшения качества с учетом параметра памяти. Понятно, что $\gamma_i (i = 1, 2, 3)$ - коэффициенты влияния этих вероятностей, которые определяются с учетом адаптации, эвристически правил и самоорганизации поиска. Эти коэффициенты фактически определяют степень влияния на данном шаге того или иного алгоритма поиска (классического - градиентного или эвристического со случайным поиском и самоорганизацией).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ротштейн О.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети.-Винница:"УНІВЕРСУМ-Вінниця",1999.-320 с.
2. Маклаков С.В. Врwin и Erwin. CASE-средства разработки информационных систем.- М.: ДИАЛОГ-МИФИ,1999 - 256с.
3. Кузнецова В.Л., Раков М.А. Самоорганизация в технических системах. - Киев: Наук. Думка,1987.-200с.
4. Куземин А.Я. Объектно-ориентированная технология проектирования программных средств информационной системы. Искусственный интеллект. Специальный выпуск. Материалы VII Международной конференции KDS-99.-Киев-Донецк.1999.-219...226 с.