

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ТРУДНОФОРМАЛИЗУЕМЫМИ СИСТЕМАМИ

М.Г. МАМЕДОВА, доктор технических наук, заведующая отделом
З.Г. ДЖАБРАИЛОВА, кандидат технических наук, заведующая сектором

*Институт информационных технологий Национальной Академии наук Азербайджана
ул. Ф.Агаева 9, AZ-1141 Баку, Азербайджан
E-mail: depart15@iit.ab.az*

Рассмотрены проблемы использования систем поддержки принятия решений в слабоструктуризованных и трудноформализуемых задачах управления. Предложен метод принятия решений на основе нечеткой реляционной модели представления знаний при горизонтальной и вертикальной фрагментации базы знаний с учетом иерархического структурирования неравнозначимых критериев.

Ключевые слова: управление, принятие решений, базы знаний, реляционная модель, фрагментация, принцип суперпозиции, функция принадлежности

1. ВВЕДЕНИЕ

Большинство коммерческих, общественных и государственных организаций уже не принимает серьезных решений без использования элементов компьютерного анализа. Однако применение компьютерных систем поддержки принятия решений обычно сопровождается серьезными трудностями, поскольку человек при выработке решений часто опирается не столько на методы формального анализа ситуаций и математические методы нахождения лучшего результата, сколько на свой опыт и интуицию [1].

Для преодоления этих трудностей предпринимались значительные усилия как в области разработки методов, позволяющих использовать компьютерные системы для решения задач управления, так и в создании необходимых аппаратных и программных средств, реализующих эти методы.

Проблемы принятия решений стоят особенно остро на уровне систем, в которых задачи управления слабоструктуризованы и трудноформализуемы. Такие системы характеризуются следующими особенностями [1]:

- Функционирование в условиях неоднозначности, противоречивости и неполноты данных и знаний об объекте и, вследствие этого, отсутствие оптимальной цели функционирования.
- Наличие чрезмерно сложного формализованного описания объекта, поскольку значительная часть информации, необходимой для математического описания объекта, существует в форме субъективных знаний специалистов-экспертов и имеет преимущественно качественный характер.

- Разнородность информации об объекте (экспертные оценки, показания приборов, функциональные зависимости между параметрами и т.п.).

- Рассредоточенность объекта как территориально, так и функционально и, соответственно, необходимость учета распределенных знаний об объекте.

- Большое количество факторов, описывающих объект, и ограниченное количество возможных решений при управлении объектом.

Автоматизация процесса принятия решений в управлении системами; трудно поддающимися формализации, осуществляется созданием и ведением распределенных баз знаний и разработкой специальных методов принятия на их основе решений, позволяющих учесть различного рода функционально и географически распределенные знания о предметной области, а также потребность коллективного принятия решений географически разобщенными лицами [2].

2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ

Поиск необходимых знаний и принятие на их основе решений в распределенной среде во многом зависит от типа распределенности знаний, т.е. от способа организации баз знаний.

Фрагментарно-распределенная база знаний предполагает наличие нескольких одинаково организованных на различных узлах сети подбаз знаний, лишь совокупность которых определяет всю базу знаний.

Фрагментарно-распределенные базы знаний состоят из локальных подсистем, расположенных в связанных между собой узлах компьютерной сети, каждая из которых может независимо решать свои частные задачи, но для решения общей проблемы ни одна из них не обладает достаточными знаниями, информацией и ресурсами.

Процесс принятия решений на основе фрагментарно-распределенной базы знаний является широко-масштабным. Поэтому при реализации принятия решений сам процесс также разбивается на этапы или части. Одним из основных критериев разбиения процесса принятия решений является его представление в виде отдельных решений по фрагментам (локальным базам знаний). При этом результирующее решение принимается в итоге анализа частных решений. В некоторых случаях для результирующего принятия решений можно доказать справедливость принципа суперпозиции, который можно сформулировать следующим образом: если процесс принятия решений разбит на множество подпроцессов по фрагментам, то возможно нахождение наилучшего решения во множестве наилучших решений подпроцессов, выбранных по фрагментам.

Однако, это утверждение справедливо не для всех способов фрагментации баз знаний.

Рассмотрим методы принятия решений при горизонтальной и вертикальной фрагментации баз знаний с учетом неравнозначности и иерархической оценки критериев с использованием аппарата нечеткой логики. Для представления знаний использована нечеткая реляционная модель, на основе которой процесс принятия решений сводится к задаче выбора наилучшей альтернативы среди возможных, что позволяет проводить ранжирование альтернатив по обобщенному критерию [3].

Согласно этой модели, если X – множество допустимых альтернатив

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} = \{x_i, i = \overline{1, n}\}, \quad (1)$$

среди которых необходимо выбрать наилучшую, при этом K – множество критериев, показателей и свойств, присущих альтернативам,

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\} = \{k_j, j = \overline{1, m}\}, \quad (2)$$

то множество допустимых альтернатив представляется двухмерной реляционной матрицей, в которой степень удовлетворения альтернативы x_i критерию k_j определяется функцией принадлежности:

$$\varphi_{k_j}(x_i): X \times K \rightarrow [0, 1]. \quad (3)$$

3. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОСТИ БАЗ ЗНАНИЙ

Горизонтально-распределенная баз знаний удовлетворяет следующим условиям: $X = \bigcup_{i=1}^N X_i$,

где X – множество альтернатив, X_i – подмножество множество альтернатив в i -ой подсистеме,

$$X_i \cap X_j = \emptyset \text{ для } \forall i \neq j \text{ и } K_i \cap K_j = K_i = K_j = K \text{ для } \forall i, j, \quad (4)$$

где K – множество критериев (табл.1). Другими словами, в каждой подсистеме различные альтернативы должны удовлетворять одним и тем же критериям. Критерии иерархически структурированы, т.е.

$$K = \{K_1, K_2, \dots, K_M\} = \{K_m, m = \overline{1, M}\}, \quad K_m = \{k_{m1}, k_{m2}, \dots, k_{mT}\} = \{k_t, t = \overline{1, T}\}, \quad (5)$$

и неравнозначимы.

Таблица 1.

Структура базы знаний при горизонтальной фрагментации

Фрагмент	Альтернативы по фрагментам	K						
		K ₁			...	K _M		
		k ₁₁	...	k _{1T}		k _{M1}	...	k _{Mm}
X ₁	x ₁₁	φ _{k₁₁} (x ₁₁)	...	φ _{k_{1T}} (x ₁₁)	...	φ _{k_{M1}} (x ₁₁)	...	φ _{k_{Mm}} (x ₁₁)

	x _{1E}	φ _{k₁₁} (x _{1E})	...	φ _{k_{1T}} (x _{1E})	...	φ _{k_{M1}} (x _{1E})	...	φ _{k_{Mm}} (x _{1E})
...
X _N	x _{N1}	φ _{k₁₁} (x _{N1})	...	φ _{k_{1T}} (x _{N1})	...	φ _{k_{M1}} (x _{N1})	...	φ _{k_{Mm}} (x _{N1})

	x _{Nn}	φ _{k₁₁} (x _{Nn})	...	φ _{k_{1T}} (x _{Nn})	...	φ _{k_{M1}} (x _{Nn})	...	φ _{k_{Mm}} (x _{Nn})

Процесс принятия решений при горизонтальной фрагментации баз знаний сводится к выполнению следующих шагов:

1. С помощью агрегирования критериев на нижнем уровне оцениваются частные критерии верхнего уровня [4], т.е. если

$$\{\varphi_{k_{m1}}(x_{ig}), \varphi_{k_{m2}}(x_{ig}), \dots, \varphi_{k_{mT}}(x_{ig})\} = \{\varphi_{k_{mt}}(x_{ig}), t = \overline{1, T}\} \quad (6)$$

– функции принадлежности альтернативы x_{ig} частным критериям $k_{m1}, k_{m2}, \dots, k_{mT}$ и $w_{m1}, w_{m2}, \dots, w_{mT}$ – коэффициенты относительной важности этих частных критериев в i -ой подсистеме, то построением свертки этих неравнозначимых частных критериев определяется функция принадлежности альтернативы x_{ig} обобщенному критерию K_m :

$$\varphi_{K_m}(x_{ig}) = \sum_{t=1}^T w_{mt} \varphi_{k_{mt}}(x_{ig}). \quad (7)$$

2. В каждой горизонтально-распределенной подсистеме определяется степень принадлежности альтернативы x_{ig} обобщенному критерию K :

$$\varphi_K(x_{ig}) = \sum_{m=1}^M w_m \varphi_{K_m}(x_{ig}). \quad (8)$$

3. В каждой горизонтально-распределенной подсистеме выбирается альтернатива, имеющая максимальную степень принадлежности обобщенному критерию K :

$$\varphi_K(x_i^*) = \max \left[\varphi_K(x_{ig}), g = \overline{1, G} \right], \quad (9)$$

G – число альтернатив в i -ой горизонтально-распределенной подсистеме. Выбранная альтернатива является наилучшей альтернативой в i -ой подсистеме.

4. Из множества значений функций принадлежности в N горизонтально-распределенных подсистем

$$\{\varphi_K(x_i), i = \overline{1, N}\} \quad (10)$$

выбирается максимальное

$$\varphi(x^*) = \max \left\{ \varphi_K(x_i), i = \overline{1, N} \right\}. \quad (11)$$

Альтернатива, соответствующая максимальному значению, является результирующим решением в горизонтально-распределенной базе знаний, и она находится во множестве наилучших альтернатив по фрагментам, т.е.

$$x^* \in \{x_i^*, i = \overline{1, N}\}. \quad (12)$$

Как следует из вышеизложенного, при горизонтальной фрагментации базы знаний принцип суперпозиции процесса принятия решений справедлив, т.е. наилучшее решение находится во множестве наилучших решений подпроцессов, выбранных по фрагментам.

4. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОСТИ БАЗЫ ЗНАНИЙ

Вертикально-распределенная база знаний удовлетворяет следующим условиям: $K = \bigcup_{m=1}^M K_m$.

где K – множество неравнозначимых критериев K_m , $m = \overline{1, M}$ и K_m – подмножество множество критериев в m -ой подсистеме,

$$K_m \cap K_j = \emptyset \text{ для } \forall m \neq j \text{ и } X_m \cap X_j = X_m = X_j = X \text{ для } \forall m, j, \quad (13)$$

где X – множество альтернатив (табл.2):

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\} = \{x_i, i = \overline{1, N}\}. \quad (14)$$

Другими словами, при вертикальной распределенности базы знаний в каждой подсистеме одинаковые альтернативы характеризуются разными неравнозначимыми критериями.

Процесс принятия решений при вертикальной фрагментации базы знаний можно свести к выполнению следующих шагов:

1. Если

$$\{\varphi_{k_{m1}}(x_i), \varphi_{k_{m2}}(x_i), \dots, \varphi_{k_{mT}}(x_i)\} = \{\varphi_{k_m}(x_i), t = \overline{1, T}\} \quad (15)$$

– функции принадлежности альтернативы x_i частным критериям $k_{m1}, k_{m2}, \dots, k_{mT}$ и $w_{m1}, w_{m2}, \dots, w_{mT}$ – коэффициенты относительной важности этих частных критериев в m -ой подсистеме, то построением свертки этих неравнозначимых частных критериев определяется функция принадлежности альтернативы x_i обобщенному критерию K_m :

$$\varphi_{K_m}(x_i) = \sum_{t=1}^T w_{mt} \varphi_{k_{mt}}(x_i). \quad (16)$$

Таблица 2.

Структура базы знаний при вертикальной фрагментации

Альтернативы	K						
	K ₁			...	K _M		
	k ₁₁	...	k _{1T}		k _{M1}	...	k _{Mm}
x ₁	φ _{k₁₁} (x ₁)	...	φ _{k_{1T}} (x ₁)	...	φ _{k_{M1}} (x ₁)	...	φ _{k_{Mm}} (x ₁)
x ₂	φ _{k₁₁} (x ₂)	...	φ _{k_{1T}} (x ₂)	...	φ _{k_{M1}} (x ₂)	...	φ _{k_{Mm}} (x ₂)
...
x _N	φ _{k₁₁} (x _N)	...	φ _{k_{1T}} (x _N)	...	φ _{k_{M1}} (x _N)	...	φ _{k_{Mm}} (x _N)

2. В каждой вертикально-распределенной подсистеме выбирается альтернатива, имеющая максимальную степень принадлежности обобщенному критерию K_m :

$$\varphi_{K_m}(x) = \max [\varphi_{K_m}(x_i), i = \overline{1, N}], \quad (17)$$

где N – число альтернатив. Выбранная альтернатива является наилучшей альтернативой в m -ой подсистеме или по обобщенному показателю K_m .

3. Определяется степень принадлежности альтернативы x_i обобщенному критерию K :

$$\varphi_K(x_i) = \sum_{m=1}^M w_m \varphi_{K_m}(x_i). \quad (18)$$

Здесь w_m – коэффициент относительной важности критерия K_m .

4. Выбирается альтернатива, имеющая максимальную степень принадлежности обобщенному критерию K :

$$\varphi_K(x^*) = \max [\varphi_K(x_i), i = \overline{1, N}]. \quad (19)$$

Альтернатива, соответствующая максимальному значению, является результирующим решением в вертикально-распределенной базе знаний.

При вертикальной фрагментации базы знаний принцип суперпозиции процесса принятия решений несправедлив, т.е. нахождение наилучшего решения во множестве наилучших решений подпроцессов, выбранных по фрагментам, не всегда удовлетворяется.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Институте Информационных Технологии Национальной Академии Наук Азербайджана реализована система поддержки принятия решений для оценки деятельности сотрудников, базирующаяся на предложенных методах [5, 6].

Результаты, полученные на основе предложенных методов, позволили наглядно подтвердить справедливость принципа суперпозиции при горизонтальной фрагментации базы знаний и несправедливость принципа суперпозиции при вертикальной фрагментации. Предложенный подход использован в качестве инструмента поддержки принятия обоснованных решений по повышению эффективности использования персонала. В частности, на основании полученных оценок были выработаны рекомендации относительно форм и методов стимулирования работников, роста уровня их квалификации, отбору и обучению новых работников и др. Внимание было уделено также вопросам оптимизации распределения областей ответственности с учетом ранжирования сотрудников по совокупности оценочных критериев или по отдельно взятым их сочетаниям, разделения функциональных обязанностей и структуры информационного взаимодействия между подразделениями и сотрудниками, выявления рассогласования и неоправданного дублирования ответственности, полномочий и пр. Принятые на основе предложенных методов решения позволили повысить эффективность деятельности персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Трахтенгерц Э.А.* Возможности и реализация компьютерных систем поддержки принятия решений // Известия Академии Наук. Теория и системы управления. – 2001. - №3. - С. 86-103.
- [2] *Ириков В.А., Тренев В.Н.* Распределенные системы принятия решений. М. Наука. 1999.
- [3] *Орловский С.А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981.
- [4] *П.В. Севестьянов, Л.Г. Дымова, А.В. Зенькова.* Методика многокритериальной иерархической оценки качества в условиях неопределенности // Информационные технологии. – 2001. – №9. - С. 10-13.
- [5] *Джабраилова З.Г., Мамедова М.Г.* Нечеткий логический подход к задаче оценки кадрового потенциала. Менеджмент в России и за рубежом, №5,2004, с.111-117.
- [6] *Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г.* Горизонтально-распределенная система поддержки принятия решений. Искусственный интеллект, № 4, 2004, с. 394-403.

Рукопись получена 10.05.2005,
переработанная – 15.09.2005.