

УДК 551.501 + 556.043

Ю.В. Доронина, канд. техн. наук, доцент*Севастопольский национальный технический университет,**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***МЕТОД ВАРИАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫБОРА СТРУКТУРЫ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК**

Приводится один из подходов к выбору оптимальной структуры отраслевой гидрометеорологической системы для проектирования, основанный на методе экспертных оценок и критериев, описанных в виде нечетких множеств с делением на группы.

Цель статьи. Важнейшим следствием некачественного проектирования отраслевой системы для гидрометеорологии является некачественное прогнозирование гидрометеорологических параметров, несоответствия по времени на этапах сбора данных, обработки и анализа. Поэтому строго обоснованный подход к проектированию подобных систем должен предваряться оптимальным выбором структуры такой системы. Один из методов выбора оптимальной структуры отраслевой гидрометеорологической системы на основе экспертных оценок и нечетких критериев приводится в настоящей статье.

Направления исследований. Пусть $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – множество вариантов, которые подлежат вариантному анализу, а $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ – множество количественных и качественных критериев, которыми оцениваются варианты.

Задача состоит в том, чтобы упорядочить элементы множества V по критериям из множества Q . Решение этой задачи состоит из следующих этапов.

1. Рассмотрение критериев как нечетких множеств, которые заданы на универсальных множествах вариантов с помощью функции принадлежности.
2. Определение функций принадлежности нечетких множеств на основе экспертной информации о парных сравнениях вариантов с помощью 9-ти балльной шкалы Саати.
3. Ранжирование вариантов на основе пересечения нечетких множеств – критериев, которые отвечают известной в теории принятия решения схеме Беллмана – Заде.
4. Ранжирование критериев методом парных сравнений и учет полученных рангов как степеней концентрации соответствующих функции принадлежности [1].

Для отраслевой гидрометеорологической системы выбрано пять основных вариантов:

- v_1 – система с управлением датчиками на этапе сбора данных;
- v_2 – система с визуальным критическим контролем;
- v_3 – система с ручным вводом данных в ТГМ;
- v_4 – система с автоматической фильтрацией данных (без ручного внесения изменений);
- v_5 – система с возможностью выбора подсистемы хранения.

Из-за громоздкости схем вариантов на рисунке 1 показан граф состояний конечного автомата укрупненной отраслевой гидрометеорологической структуры [2,3].

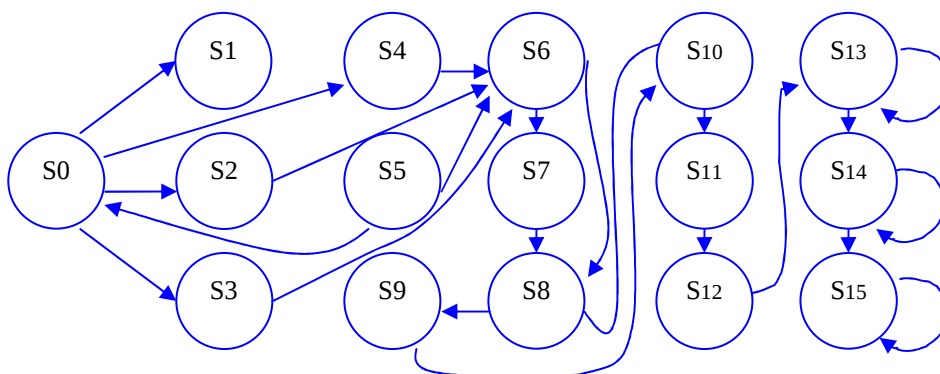


Рисунок 1 – Граф состояний конечного автомата укрупненной отраслевой структуры

Для выбора оптимальной структуры автоматизированной отраслевой системы необходимо применить вариантный анализ по следующим группам критериев.

- 1 – надежность данных в целом:
 - 1.1 – надежность хранения данных;
 - 1.2 – качество данных при востребовании;
 - 1.3 – целостность данных (критерий более связан с качественным хранением, чем с обработкой);
- 2 – экономические критерии:
 - 2.1 – экономия технических средств на структуру в целом (системная экономия);
 - 2.2 – экономия на этапе сбора данных (количество датчиков);
 - 2.3 – экономия на этапе обработки (обработка меньшего количества данных);
 - 2.4 – экономия хранения (меньше технических носителей);
 - 2.5 – экономия зарплаты (меньше технических работников);
- 3 – доступ к данным:
 - 3.1 – среднее время доступа к данным;
 - 3.2 – время реакции системы (программный уровень + операторский уровень);
 - 3.3 – вероятность получения качественных данных (отсутствие ошибок);
- 4 – взаимодействие с данными:
 - 4.1 – управление сбором данных (посредством управления датчиками);
 - 4.2 – управление контролем данных (программный уровень);
 - 4.3 – управление анализом данных (структуры временных выборок данных);
 - 4.4 – управление хранением данных (типы длительного хранения: архивация, резервирование);
- 5 – иерархическое отраслевое взаимодействие:
 - 5.1 – управление циклом гидрометеорологических данных (ЦГМД) (глобальное отраслевое управление);
 - 5.2 – управление план-заданиями структурных подразделений (управление типом сбора данных);
 - 5.3 (4.1) – управление сбором данных (управление датчиками измерений);
 - 5.4 (4.4) – управление хранением данных (типы длительного хранения: архивация, резервирование).

Следует отметить особенность групп критериев 4 и 5 – это пересечение вариантов 5.3 (4.1) – управление сбором данных и 5.4 (4.4) – управление хранением данных (архивация, резервирование). Это будет учтено при проведении расчетов вариантного анализа [2].

Обозначим каждый из критериев символом q_j^i , где i – номер группы критерия, j – номер критерия в группе. По первой группе критериев q_1^1 имеет некоторое преимущество перед критериями q_2^1 и q_3^1 . В свою очередь q_2^1 имеет преимущество перед q_3^1 .

На первом этапе определялись глобальные критерии по внешней группе критериев (без учета критериев в подгруппах) [1]. Сравнение структур по критериям осуществлялись экспертами в области гидрометеорологии и экономики. Так, их оценочные величины в группах приводят к следующим высказываниям:

$$\begin{array}{l}
 q_j^1 \left\{ \begin{array}{l} \text{абсолютное преимущество } v_5 \text{ над } v_2 \text{ и } v_1, \\ \text{явное преимущество } v_5 \text{ над } v_4, \\ \text{явное преимущество } v_3 \text{ над } v_2, \\ \text{явное преимущество } v_1 \text{ над } v_2. \end{array} \right. \quad q_j^2 \left\{ \begin{array}{l} \text{абсолютное преимущество } v_1 \text{ над } v_2, \\ \text{существенное преимущество } v_1 \text{ над } v_3, \\ \text{явное преимущество } v_4 \text{ над } v_1, \\ \text{некоторое преимущество } v_5 \text{ над } v_4, \\ \text{некоторое преимущество } v_3 \text{ над } v_2. \end{array} \right. \\
 q_j^3 \left\{ \begin{array}{l} \text{абсолютное преимущество } v_5 \text{ над } v_1, v_2 \text{ и } v_3, \\ \text{явное преимущество } v_4 \text{ над } v_1, v_2 \text{ и } v_3, \\ \text{явное преимущество } v_5 \text{ над } v_4. \end{array} \right. \quad q_j^4 \left\{ \begin{array}{l} \text{существенное преимущество } v_1 \text{ над } v_2, \\ \text{существенное преимущество } v_3 \text{ над } v_2, \\ \text{некоторое преимущество } v_5 \text{ над } v_1, \\ \text{некоторое преимущество } v_4 \text{ над } v_1, \\ \text{существенное преимущество } v_5 \text{ над } v_2. \end{array} \right. \\
 q_j^5 \left\{ \begin{array}{l} \text{незначительное преимущество } v_4 \text{ над } v_1, v_5, \\ \text{абсолютное преимущество } v_1 \text{ над } v_2, \\ \text{абсолютное преимущество } v_5 \text{ над } v_2, \\ \text{некоторое преимущество } v_5 \text{ над } v_3, \\ \text{некоторое преимущество } v_1 \text{ над } v_3. \end{array} \right.
 \end{array}$$

Экспертным высказываниям соответствуют следующие матрицы парных сравнений:

$$\begin{aligned}
 A(q_j^1) &= \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 2 & 5 & 9 \\ 5 & 1 & 2 & 7 & 9 \\ 1/2 & 1/2 & 1 & 7 & 9 \\ 1/5 & 1/7 & 1/7 & 1 & 7 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 & 1/7 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, & A(q_j^2) &= \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/9 & 1/5 & 3 & 4 \\ 1/9 & 1 & 2 & 9 & 9 \\ 5 & 1/2 & 1 & 7 & 7 \\ 1/3 & 1/9 & 1/7 & 1 & 5 \\ 1/4 & 1/9 & 1/7 & 1/5 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, \\
 A(q_j^3) &= \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 4 & 7 \\ 1 & 1 & 1 & 5 & 7 \\ 1 & 1 & 1 & 5 & 7 \\ 1/4 & 1/5 & 1/5 & 1 & 2 \\ 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, & A(q_j^4) &= \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 & 2 & 2 \\ 5 & 1 & 2 & 4 & 5 \\ 3 & 1/2 & 1 & 3 & 6 \\ 1/2 & 1/4 & 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1/5 & 1/6 & 2 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, \\
 A(q_j^5) &= \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1/3 & 2 & 1 \\ 7 & 1 & 1/3 & 3 & 4 \\ 3 & 3 & 1 & 5 & 6 \\ 1/2 & 1/3 & 1/5 & 1 & 8 \\ 1 & 1/4 & 1/6 & 1/8 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Значения рангов матриц критериев вычисляются по формуле (2):

$$\mu^k(v_i) = \frac{1}{a_{i1}^k + a_{i2}^k + \dots + a_{in}^k}. \tag{2}$$

Пользуясь матрицами парных сравнений (1) и формулой (2) получаем:

$$\begin{aligned}
 q_j^1 &= \left\{ \frac{0,058}{v_1}, \frac{0,042}{v_2}, \frac{0,055}{v_3}, \frac{0,11}{v_4}, \frac{0,68}{v_5} \right\}, & q_j^2 &= \left\{ \frac{0,12}{v_1}, \frac{0,033}{v_2}, \frac{0,049}{v_3}, \frac{0,15}{v_4}, \frac{0,59}{v_5} \right\}, \\
 q_j^3 &= \left\{ \frac{0,071}{v_1}, \frac{0,067}{v_2}, \frac{0,067}{v_3}, \frac{0,27}{v_4}, \frac{0,52}{v_5} \right\}, & q_j^4 &= \left\{ \frac{0,18}{v_1}, \frac{0,059}{v_2}, \frac{0,074}{v_3}, \frac{0,39}{v_4}, \frac{0,26}{v_5} \right\}, \\
 q_j^5 &= \left\{ \frac{0,22}{v_1}, \frac{0,065}{v_2}, \frac{0,055}{v_3}, \frac{0,997}{v_4}, \frac{0,39}{v_5} \right\}, \\
 D &= \left\{ \frac{\min_{k=1,m} [\mu^k(v_1)]}{v_1}, \frac{\min_{k=1,m} [\mu^k(v_2)]}{v_2}, \dots, \frac{\min_{k=1,m} [\mu^k(v_n)]}{v_n} \right\}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$D = \left\{ \frac{\min_{k=1,m} [\mu^k(v_1)]}{v_1}, \frac{\min_{k=1,m} [\mu^k(v_2)]}{v_2}, \dots, \frac{\min_{k=1,m} [\mu^k(v_n)]}{v_n} \right\}. \tag{4}$$

Для случая равновесных критериев, пользуя выражения (3) и формулу (4) найдем:

$$D = \left\{ \frac{0,058}{v_1}, \frac{0,033}{v_2}, \frac{0,049}{v_3}, \frac{0,0997}{v_4}, \frac{0,26}{v_5} \right\}.$$

Множество D имеет такие значения составляющих, что свидетельствует о явном преимуществе варианта системы v_5 над всеми другими вариантами, а также о преимуществе варианта системы v_1 над вариантами v_3 и v_2 .

Для случая неравновесных критериев были учтены мнения экспертов – работников гидрометеорологической отрасли. По их мнению, критерий q_j^1 (надежность данных) является наиболее важным наряду с критерием q_j^2 (экономическая эффективность). Ранг критерия q_j^3 (доступ к данным) также имеет достаточно высокую оценку, критерии же управленческого характера – вторичны, поэтому имеют более низкие экспертные оценки.

Экспертным оценкам соответствует следующая матрица парных сравнений:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} q_j^1 & q_j^2 & q_j^3 & q_j^4 & q_j^5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} q_j^1 \\ q_j^2 \\ q_j^3 \\ q_j^4 \\ q_j^5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 & 1/5 & 1/6 \\ 1/3 & 1 & 2 & 1/2 & 1/3 \\ 1/4 & 1/2 & 1 & 1/7 & 1/9 \\ 5 & 2 & 7 & 1 & 1/2 \\ 6 & 3 & 9 & 2 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}. \quad (5)$$

Из (5) определим ранги критериев $q_j^1, q_j^2, q_j^3, q_j^4, q_j^5$:

$$\tilde{w}_1 = 0,12, \tilde{w}_2 = 0,24, \tilde{w}_3 = 0,5, \tilde{w}_4 = 0,064, \tilde{w}_5 = 0,048.$$

Ранги, полученные из матрицы парных сравнений (5), необходимо пронормировать, т.е.

$$\sum_{i=1}^5 \tilde{w}_i = 0,972.$$

Ранги критериев $q_j^1, q_j^2, q_j^3, q_j^4, q_j^5$ после нормировки соответствуют следующим значениям:

$$w_1 = 0,12, w_2 = 0,25, w_3 = 0,51, w_4 = 0,066, w_5 = 0,049.$$

Используя формулу (2) и матрицы парных сравнений, получим:

$$\begin{aligned} q_j^1 &= \left\{ \frac{0,058^{0,12}}{v_1}, \frac{0,042^{0,12}}{v_2}, \frac{0,055^{0,12}}{v_3}, \frac{0,075^{0,12}}{v_4}, \frac{0,68^{0,12}}{v_5} \right\} = \left\{ \frac{0,71}{v_1}, \frac{0,68}{v_2}, \frac{0,71}{v_3}, \frac{0,73}{v_2}, \frac{0,95}{v_3} \right\}, \\ q_j^2 &= \left\{ \frac{0,12^{0,25}}{v_1}, \frac{0,033^{0,25}}{v_2}, \frac{0,049^{0,25}}{v_3}, \frac{0,15^{0,25}}{v_4}, \frac{0,59^{0,25}}{v_5} \right\} = \left\{ \frac{0,59}{v_1}, \frac{0,43}{v_2}, \frac{0,47}{v_3}, \frac{0,62}{v_2}, \frac{0,88}{v_3} \right\}, \\ q_j^3 &= \left\{ \frac{0,071^{0,51}}{v_1}, \frac{0,067^{0,51}}{v_2}, \frac{0,67^{0,51}}{v_3}, \frac{0,27^{0,51}}{v_4}, \frac{0,52^{0,51}}{v_5} \right\} = \left\{ \frac{0,26}{v_1}, \frac{0,25}{v_2}, \frac{0,25}{v_3}, \frac{0,51}{v_2}, \frac{0,72}{v_3} \right\}, \\ q_j^4 &= \left\{ \frac{0,18^{0,066}}{v_1}, \frac{0,059^{0,066}}{v_2}, \frac{0,074^{0,066}}{v_3}, \frac{0,39^{0,066}}{v_4}, \frac{0,26^{0,066}}{v_5} \right\} = \left\{ \frac{0,89}{v_1}, \frac{0,83}{v_2}, \frac{0,84}{v_3}, \frac{0,94}{v_2}, \frac{0,91}{v_3} \right\}, \\ q_j^5 &= \left\{ \frac{0,22^{0,049}}{v_1}, \frac{0,065^{0,049}}{v_2}, \frac{0,055^{0,049}}{v_3}, \frac{0,0997^{0,049}}{v_4}, \frac{0,39^{0,049}}{v_5} \right\} = \left\{ \frac{0,93}{v_1}, \frac{0,87}{v_2}, \frac{0,87}{v_3}, \frac{0,89}{v_2}, \frac{0,95}{v_3} \right\}. \end{aligned} \quad (6)$$

Пересечение нечетких множеств (6) с учетом рангов критериев имеет вид:

$$D = \left\{ \frac{\min_{k=1,m} [\mu^k(v_1)]^{w_1}}{v_1}, \frac{\min_{k=1,m} [\mu^k(v_2)]^{w_2}}{v_2}, \dots, \frac{\min_{k=1,m} [\mu^k(v_n)]^{w_m}}{v_n} \right\}; \quad (7)$$

$$D = \left\{ \frac{0,26}{v_1}, \frac{0,25}{v_2}, \frac{0,25}{v_3}, \frac{0,51}{v_4}, \frac{0,72}{v_5} \right\}.$$

Анализ множества D , построенного по формуле (7) свидетельствует о явном преимуществе варианта системы v_5 над вариантами v_1, v_2 и v_3 , а также о наличии небольшого преимущества варианта системы v_5 над v_4 .

Таким образом, в обоих случаях равновесных и неравновесных критериев, явное преимущество отдается варианту системы v_5 .

Поскольку имеется заметная близость варианта v_4 к явному лидеру – варианту системы v_5 , рассмотрим вложенные групповые критерии и проведем соответствующие исследования.

С целью оценки уровня согласованности мнений экспертов был проведен предварительный прямой экспертный опрос, где выявились следующие тенденции. Эксперты, условно обозначенные как А, В, С и D, имели некоторые расхождения в оценках. Ниже приведены ранги оценок.

Для A_A : $\tilde{w}_1 = 0,12, \tilde{w}_2 = 0,24, \tilde{w}_3 = 0,5, \tilde{w}_4 = 0,064, \tilde{w}_5 = 0,048$.

Для A_B : $\tilde{w}_1 = 0,14, \tilde{w}_2 = 0,25, \tilde{w}_3 = 0,47, \tilde{w}_4 = 0,061, \tilde{w}_5 = 0,043$.

Для A_C : $\tilde{w}_1 = 0,11, \tilde{w}_2 = 0,24, \tilde{w}_3 = 0,5, \tilde{w}_4 = 0,064, \tilde{w}_5 = 0,048$.

Для A_D : $\tilde{w}_1 = 0,12, \tilde{w}_2 = 0,19, \tilde{w}_3 = 0,54, \tilde{w}_4 = 0,069, \tilde{w}_5 = 0,047$.

Оценка коэффициента конкордации приведена в таблице 1.

Таким образом, при $w=0,81$ можно сделать заключение о высокой согласованности мнений экспертов.

Следует отметить, что предложенный метод предполагает и уточнение анализа выбора структуры на основе детализации критериев, или их анализа в группах.

Таблица 1 – Оценка коэффициента конкордации

Номер объекта, i	Ранги, R_i				Сумма, $\sum X_i$	Отклонение, $\Delta_i = X_i - T$	Квадрат отклонения оценки, Δ_i^2	Коэффициент конкордации, w
	Эксперты							
	A	B	C	D				
1	1	1	1	1	4	-8	64	
2	2	2	2	1	7	-5	25	
3	3	2	2	3	10	-2	4	
4	1	1	1	3	6	-6	36	
5	3	3	4	3	13	1	1	
Сумма квадратов отклонений $S =$							130	0.8125

Явное преимущество по отношению к остальным группам имеет 1-я группа, а следовательно, критерии q_j^1 . Критерии 2-ой группы имеют преимущество перед критериями 4-ой и 5-ой групп. В подгруппе 2 критерий q_5^2 имеет преимущество перед критериями q_4^2 , q_3^2 и q_2^2 , поскольку по временному содержанию данный критерий имеет более длительную составляющую (выплату зарплаты служащим), чем однократные вложения средств на переоснащение.

Для первой подгруппы (критерии q_1^1 , q_2^1 , q_3^1) получены следующие результаты. Вариант системы v_4 имеет явное преимущество по сравнению с другими вариантами, в том числе некоторое преимущество перед вариантом системы v_5 . Следовательно, в группе детализированных критериев q_1^1 , q_2^1 , q_3^1 (надежность хранения, качество данных и их целостность) имеет преимущество система с автоматической фильтрацией данных.

Пересечение нечетких множеств с учетом рангов критериев для неравновесных критериев имеет вид:

$$D = \left\{ \frac{0,2}{v_1}, \frac{0,196}{v_2}, \frac{0,18}{v_3}, \frac{0,51}{v_4}, \frac{0,59}{v_5} \right\}. \quad (8)$$

Анализируя множество (8), можно сделать заключение, что вариант системы v_5 имеет явное преимущество по сравнению с другими вариантами, но почти незначительное преимущество перед вариантом v_4 (с поправкой на возможные погрешности в мнениях экспертов, можно считать, что варианты v_4 и v_5 имеют равное преимущество перед всеми).

При этом, остальные три варианта системы v_1 , v_2 и v_3 имеют в среднем близкие критерии значимости относительно v_4 и v_5 . Следовательно, в группе детализированных критериев q_1^1 , q_2^1 , q_3^1 (надежность хранения, качество данных и их целостность) имеют преимущество две системы: система с автоматической фильтрацией данных и система с возможным выбором способа хранения.

Результаты парных сравнений в группе экономических критериев q_j^2 приведены в следующих выкладках

Для случая равновесных критериев преимущество имеет система с ручным вводом данных в гидрометеорологические таблицы ТГМ. Это объясняется отсутствием материальных вложений на конфигурирование такой системы (это совпадает с мнением экспертов), но некоторое преимущество варианта системы v_4 по отношению к вариантам v_1 , v_2 , v_5 все-таки говорит о целесообразности ее проектирования.

Таким образом, для случая неравновесных критериев в подгруппе 2 (экономических критериев) преимущество имеет вариант v_1 (система с управлением сбором гидрометеорологических данных) перед вариантами v_2 и v_3 . Кроме того вариант системы v_5 имеет также значительное преимущество относительно v_2 , v_3 и менее значительное преимущество относительно варианта – v_4 .

Рассмотрены парные сравнения в группе критериев, связанных с доступом к данным – q_j^3 . Для случая равновесных критериев пересечение нечетких множеств имеет следующий вид:

$$D = \left\{ \frac{0,047}{v_1}, \frac{0,049}{v_2}, \frac{0,036}{v_3}, \frac{0,11}{v_4}, \frac{0,52}{v_5} \right\}. \quad (9)$$

Следовательно, для случая равновесных критериев (9) в подгруппе 3 (доступ к данным) преимущество имеет вариант v_5 (система с управлением хранением гидрометеорологических данных) по сравнению с вариантами v_1 , v_2 и v_3 . Вариант v_4 имеет преимущество относительно v_1 , v_2 , v_3 , но в пять раз меньше, чем вариант v_5 .

Для случая неравновесных критериев пересечение нечетких множеств имеет следующий вид:

$$D = \left\{ \frac{0,11}{v_1}, \frac{0,15}{v_2}, \frac{0,091}{v_3}, \frac{0,41}{v_4}, \frac{0,63}{v_5} \right\}. \quad (10)$$

Как следует из (10) преимущество имеет вариант системы v_5 (система с управлением хранением гидрометеорологических данных) по отношению к вариантам системы v_1 , v_2 и v_3 . Вариант v_4 имеет также некоторое преимущество относительно v_1 , v_2 , v_3 , но менее значимое, чем вариант v_5 . Таким образом, результаты оценок в группе 3 по равновесным и неравновесным критериям совпадают.

Для группы критериев, определяющих взаимодействие с данными q_j^4 , в случае равновесных критериев пересечение нечетких множеств имеет вид (11), а для случая неравновесных критериев имеет вид (12):

$$D = \left\{ \frac{0,047}{v_1}, \frac{0,036}{v_2}, \frac{0,044}{v_3}, \frac{0,077}{v_4}, \frac{0,071}{v_5} \right\}, \quad (11)$$

$$D = \left\{ \frac{0,58}{v_1}, \frac{0,33}{v_2}, \frac{0,53}{v_3}, \frac{0,32}{v_4}, \frac{0,31}{v_5} \right\}. \quad (12)$$

Выводы. Произведен выбор оптимальных структур автоматизированной отраслевой системы на основе экспертных оценок и теории нечетких множеств. Выбор производился из пяти вариантов, отобранных экспертами.

Рассчитан коэффициент конкордации, дающий основание считать оценки экспертов согласованными, при полученном значении $w = 0,81$.

Новизной приведенного метода является классификация критериев по группам, а также уточнение (детализация критериев в группах). Таким образом, при выборе оптимальных структур автоматизированной отраслевой системы произведен учет не только глобальных критериев, а также уточненных критериев в группах. Это позволило получить три основных варианта структур системы для дальнейшего анализа: v_5 , v_4 , v_1 .

Перспективы дальнейших исследований. Следует отметить, что явным лидером выбора явился вариант системы v_5 . Но, учитывая требования развития автоматизированной отраслевой системы гидрометеорологического мониторинга режимных данных, из дальнейшего рассмотрения выбывают только варианты v_2 , v_3 (связанные с устаревшими технологическими процессами), остальные наряду с v_5 подлежат дальнейшему рассмотрению. Предполагается проведение вероятностного анализа выбранных систем и оценка их с точки зрения надежности.

Библиографический список

1. Ротштейн О.П. Варіантний аналіз на базі нечітких парних порівнянь: методика та застосування на прикладі порівняння семіотичних систем / О.П. Ротштейн, А.М. Петух, М.І. Петренко // Вимірювальна обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 1998. — № 2. — С. 17–24.
2. Доронина Ю.В. Автоматизация процесса контроля гидрометеорологических данных / Ю.В. Доронина // Оптимизация производственных процессов: сб. науч. тр. — Севастополь, 2002. — Вып. 5. — С. 219–221.
3. Доронина Ю.В. Автоматизированная система сбора, обработки, контроля и анализа данных морских прибрежных гидрометеорологических наблюдений / Ю.В. Доронина // Оптимизация производственных процессов: сб. науч. тр. — Севастополь, 2002. — Вып. 7. — С. 73–77.

Поступила в редакцию 18.11.2008 г.