

УДК 004.6

В.О. Рябовая, ассистент,**Ю.В. Доронина, доцент, канд. техн. наук***Севастопольский национальный технический университет,**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***ГЕНЕРАЦИЯ ВАРИАНТОВ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА СОРТИРОВКИ**

Исследуется ранжировка функциональных нагрузок элементов системы экологического мониторинга с целью генерации вариантов этой системы. В алгоритме используются экспертные оценки.

Ключевые слова: сложные системы, экологический мониторинг, экспертный анализ, функциональность, алгоритм сортировки, системные свойства.

Экологический мониторинг — это комплекс мероприятий по наблюдению за состоянием окружающей среды, анализу её параметров, прогнозу изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Проектирование систем экологического мониторинга (СЭМ) — сложная задача согласования различных функциональных нагрузок отдельных элементов.

Особенностью СЭМ, по отношению к другим информационным системам, является необходимость сочетания точности оценок параметров, учета предельно допустимой концентрации, сбора первичной информации, создания и ведения баз данных о состоянии и загрязнении компонентов природной среды, формирования (на основе первичной информации) комплексной оценки экологического состояния природных сред, анализа текущей экологической обстановки и прогнозирования динамики её развития. В простейшем случае, обобщенная структура этой системы представлена на рисунке 1.

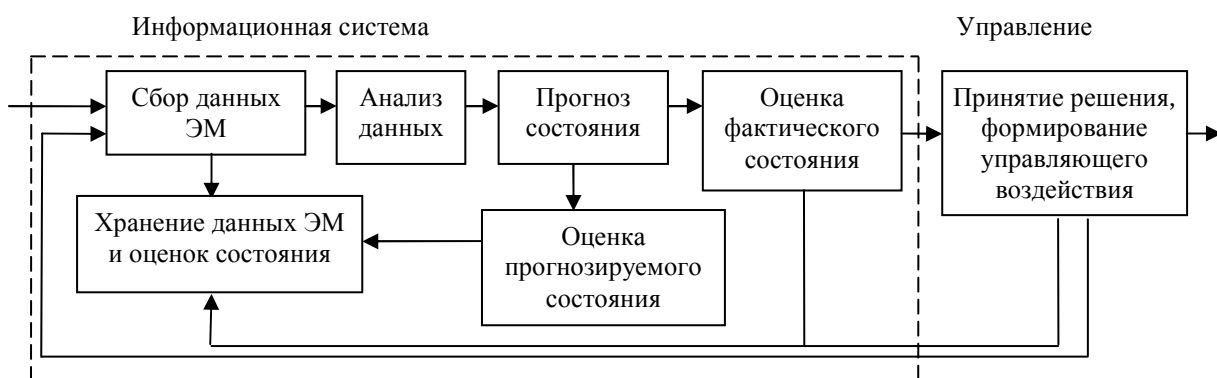


Рисунок 1 – Обобщенная схема стандартной СЭМ

На обобщенной схеме (рисунок 1) показаны основные элементы СЭМ, соответствующие функциям своевременного обнаружения вредных компонентов и для сигнализации в том случае, если их концентрация превышает санитарные нормы, а также для контроля выбросов предприятий и заводов.

На основе анализа функциональных нагрузок и экспертных оценок предлагается осуществить генерацию вариантов СЭМ для дальнейшего вариантного анализа. Экспертное оценивание в общем случае — процедура получения оценки объекта на основе группового мнения специалистов (экспертов). Совместное мнение обладает большей точностью, чем индивидуальное мнение каждого из специалистов. Данный метод можно рекомендовать для получения качественных оценок ранжирования — например для сравнения нескольких проектов по их степени соответствия заданному критерию [1]. Экспертный подход обладает большими возможностями при решении задач, не поддающихся решению обычным аналитическим способом, т.к. обеспечивает:

- выбор лучшего варианта решения среди имеющихся;
- прогнозирование развития процесса;
- поиск возможного решения сложных задач.

Сложные системы в большинстве случаев являются очень многообразными. При исследовании таких многопараметрических объектов всегда встает вопрос: нельзя ли отбросить часть параметров или

заменить их меньшим числом каких-либо функций от них, сохранив при этом всю информацию? [2, 3]. Методы экспертного анализа позволяют это сделать.

Целью статьи является композиция системы на основе выбранных структурных компонент методом генерации вариантов системы, исходя из анализа функциональных нагрузок её элементов с использованием метода экспертных оценок.

В качестве базового варианта была выбрана система экомониторинга, структура которой представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 — Система экомониторинга (СЭМ) с минимальной обязательной функциональностью $F_{\min}$

На первом этапе определяется функциональность представленной структуры. Под функциональностью понимается множество элементов, реализующих заданные цели системы. Поскольку, реализацию целей можно осуществить различными способами, возникает структурное многообразие на основе функционального множества. Пусть F_x — требуемая функциональность варианта подсистемы X^{F_i} . Минимальная функциональность данной системы имеет вид:

$$F_{\min} = \{B_{\text{ДАТ}}, B_{\text{ПСВ}}, B_{\text{ОД}}, B_{\text{ФП}}, B_{\text{СД}}, B_{\text{СК}}, B_{\text{ОП}}\}, \quad (1)$$

где $B_{\text{ДАТ}}$ — функциональность блока датчиков; $B_{\text{ПСВ}}$ — функциональность блока приборов сбора данных; $B_{\text{ОД}}$ — функциональность блока опроса датчиков; $B_{\text{ФП}}$ — функциональность блока фиксации параметров; $B_{\text{СД}}$ — функциональность блока сбора данных; $B_{\text{СК}}$ — функциональность блока статистического анализа и контроля данных; $B_{\text{ОП}}$ — функциональность блока оповещения.

Необходимо определить F_x на основании максимального множества задач мониторинга одним из следующих способов:

- 1) вариантный анализ на уровне элементов системы;
- 2) вариантный анализ на уровне системы в целом.

Используя первый способ, на следующем шаге при возможном участии экспертов, определяется СЭМ с максимальной функциональностью (рисунок 3), причем:

$$F_{\max} = \{B_{\text{ДАТ}}, B_{\text{ПСИ}}, B_{\text{КПД}}, B_{\text{ФП}}, B_{\text{ОД}}, B_{\text{СД}}, B_{\text{АИ}}, B_{\text{УИ}}, B_{\text{КК}}, B_{\text{ОП}}, B_{\text{ХР}}, B_{\text{ПР}}\}. \quad (2)$$

Особенностями формирования $F_{\max}$ являются:

- возможное объединение элементов структуры;
- декомпозиция структуры;
- объединение элементов одной функциональности в подсистемы;
- поиск оптимально варианта структуры;
- разбиение на множества (ветвление);
- укрупнение структуры и т.д.

Учитывая любую из особенностей, при проектировании, необходимо иметь наборы структур с различными функциональностями.

Для формирования вариантов системы с различной функциональной нагрузкой применяется метод ранжировки экспертных оценок по отношению к каждому элементу системы (таблица 1). Исходя из средней оценки эффективности функциональности блока в системе, будет получен вес w_i и весовой коэффициент b_i элемента в системе, тем самым определяется его значимость в формировании требуемого варианта СЭМ.

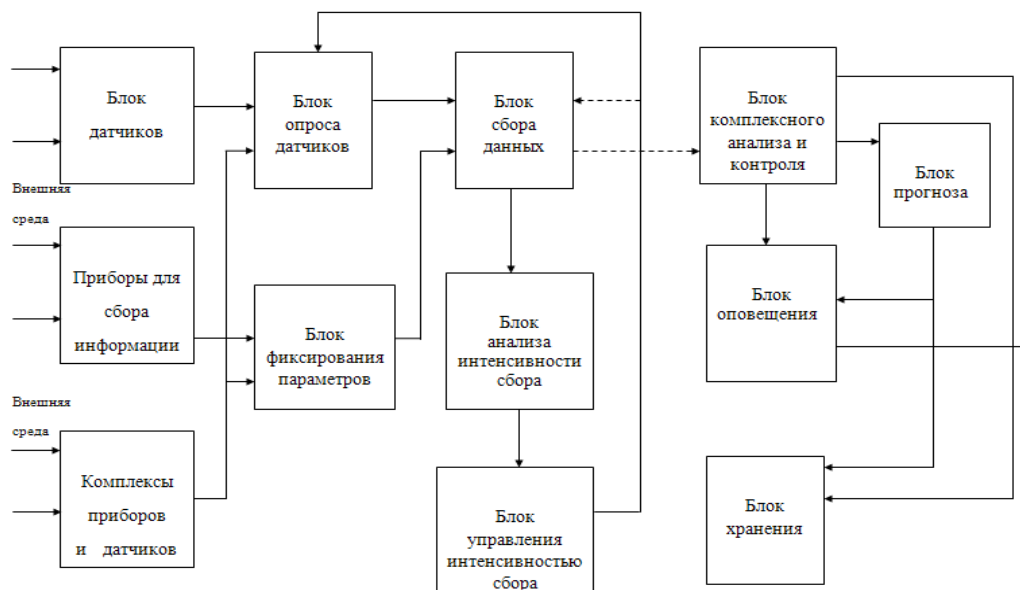
Рисунок 3 — Система экологического мониторинга с максимальной функциональностью F_{max}

Таблица 1 — Оценка эффективности функциональности блоков системы

Оценка \ Блок	Б_дат	Б_псв	Б_пси	Б_од	Б_кпд	Б_фп	Б_сд	Б_ск	Б_аи	Б_уи	Б_кк	Б_оп	Б_хр	Б_пр
I эксперт	0,88	0,13	0,75	0,74	0,50	0,66	0,65	0,38	0,58	0,56	0,83	0,74	0,91	0,41
II эксперт	0,83	0,21	0,81	0,79	0,49	0,67	0,64	0,36	0,56	0,54	0,79	0,74	0,89	0,44
III эксперт	0,82	0,17	0,82	0,73	0,42	0,65	0,69	0,40	0,54	0,58	0,85	0,68	0,90	0,46
Вес элемента в системе w_i	0,84	0,17	0,79	0,75	0,47	0,66	0,66	0,38	0,56	0,56	0,82	0,72	0,90	0,44
Весовой коэффициент b_i	0,10	0,02	0,09	0,09	0,05	0,08	0,08	0,04	0,06	0,06	0,09	0,08	0,10	0,05

Как видно из таблицы 1, наибольший весовой коэффициент имеют элементы блоков: датчиков, приборов для сбора информации, опроса датчиков, фиксирования параметров и сбора данных, анализа и управления интенсивности сбора данных, комплексного анализа и контроля, оповещения и хранения.

Интегральный критерий, полученный с помощью экспертных оценок, имеет вид [3]:

$$E^F = 0,1q_1^F + 0,02q_2^F + 0,09q_3^F + 0,09q_4^F + 0,05q_5^F + 0,08q_6^F + 0,04q_7^F + 0,08q_8^F + 0,06q_9^F + 0,06q_{10}^F + 0,09q_{11}^F + 0,08q_{12}^F + 0,1q_{13}^F + 0,015q_{14}^F, \quad (3)$$

где $E^F = \sum_{i=1}^n b_i q_i^F$ — аддитивный вид интегрального критерия; b_i — весовые коэффициенты блоков в системе; q_i^F — функциональность блоков системы.

С учетом весовых приоритетов:

$$E^F = 0,1(q_1^F + q_{13}^F) + 0,02q_2^F + 0,09(q_3^F + q_4^F + q_{11}^F) + 0,05(q_5^F + q_{14}^F) + 0,08(q_6^F + q_8^F + q_{12}^F) + 0,04q_7^F + 0,06(q_9^F + q_{10}^F). \quad (4)$$

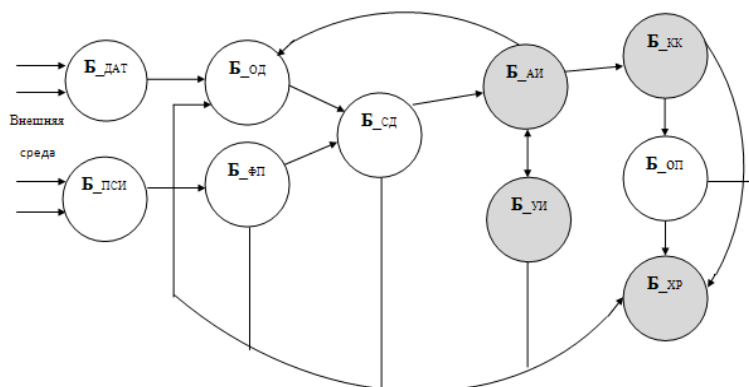
Для определения элементов с наибольшей важностью в системе, весовые коэффициенты записываются по убыванию:

$$E^F = 0,1(q_1^F + q_{13}^F) + 0,09(q_3^F + q_4^F + q_{11}^F) + 0,08(q_6^F + q_8^F + q_{12}^F) + 0,06(q_9^F + q_{10}^F) + 0,05(q_5^F + q_{14}^F) + 0,04q_7^F + 0,02q_{12}^F. \quad (5)$$

На основании интегрального критерия составляется функциональность требуемой системы:

$$F_x = \{B_{дат}, B_{пси}, B_{од}, B_{фп}, B_{сд}, B_{аи}, B_{уи}, B_{кк}, B_{оп}, B_{хр}\}. \quad (6)$$

Исходя из полученной функциональности, описывается минимально-необходимая система экомониторинга на основании экспертных требований (рисунок 4).

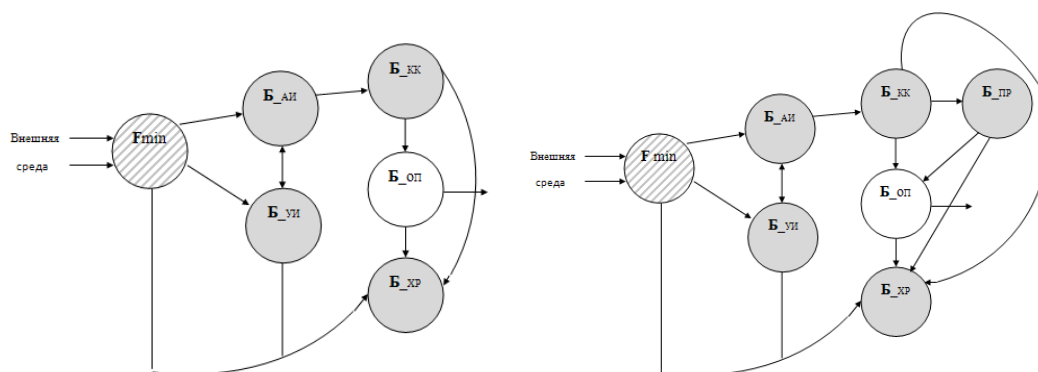
Рисунок 4 — Система экомониторинга с функциональностью F_x по экспертным оценкам

Таким образом, можно получить несколько вариантов системы с различной функциональной нагрузкой (рисунок 5):

$$F_x = \{B_{ДТ}, B_{ПСИ}, B_{ОД}, B_{ФП}, B_{СД}, B_{АИ}, B_{УИ}, B_{ЗК}, B_{ОП}, B_{ХР}\}.$$

$$F_{x1} = \{F_{\min}, B_{АИ}, B_{УИ}, B_{ЗК}, B_{ХР}\}.$$

$$F_{x2} = \{F_{\min}, B_{АИ}, B_{УИ}, B_{ЗК}, B_{ХР}, B_{ПР}\} \text{ и т.д.}$$

Рисунок 5 — Варианты систем экомониторинга с функциональностями F_{x1} и F_{x2} по экспертным оценкам

Выводы. В процессе формирования СЭМ на основе экспертных оценок, были определены связанные между собой элементы, относящиеся к разным подсистемам.

Ниже приведен алгоритм метода.

1. Ранжировка функциональности в $F_{\max}$:

$$F_{\min} = \bigcup F_i \text{ при } i = \overline{1, k}, \quad (7)$$

где k – минимально-допустимое количество функциональностей элементов.

$$F_{\max} = F_{\min} \bigcup F_i \text{ при } i = \overline{1, m}, \quad (8)$$

где m – максимально-возможное количество функциональностей элементов.

2. Определение веса каждого элемента в системе:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^l w_{ij}}{l}, \quad (9)$$

где l – минимально-допустимое количество экспертов.

3. Вычисление весового коэффициента каждого элемента в системе:

$$b_i = \frac{w_{ij}}{\sum_{i=1}^n w_{ij}}. \quad (10)$$

4. Формирование интегрального критерия на основе метода ранжировки:

$$E^F = \sum_{i=1}^n b_{ij} q_i^F . \quad (11)$$

5. Составление функциональности требуемой системы F_x с наиболее значимыми для системы элементами.

Сходимость алгоритма обеспечивается конечным числом элементов в $F_{\max}$.

Полученный алгоритм позволяет определить наиболее важные элементы в системе ранжированием функциональностей. Наличие способа точного определения достоверности априорных оценок по существу предполагает знание истинных оценок, что одновременно исключает необходимость их определения.

Целесообразность применения того или иного метода во многом определяется характером анализируемой информации. Если оправданы лишь качественные оценки объектов по некоторым признакам, то используются методы ранжирования парного и множественного сравнения. Если характер анализируемой информации таков, что целесообразно получить численные оценки объектов, то можно использовать методы численной оценки, начиная от непосредственных численных оценок и кончая более тонкими методами (Терстоуна и фон Неймана-Моргенштерна) [4].

Методы экспертных оценок обладают различными качествами, но приводят в общем случае к близким результатам. Практика показала [5], что наиболее эффективно комплексное применение различных методов для решения одной и той же задачи. Сравнительный анализ результатов повышает обоснованность применения полученного алгоритма. Методом, требующим минимальных затрат, является ранжирование, а наиболее трудоемким – метод последовательного сравнения (Черчмена – Акоффа). Метод парного сравнения без дополнительной обработки не дает полного упорядочения объектов.

В дальнейшем будет предполагаться, что имеется конечное число измеряемых или оцениваемых альтернатив (объектов) и сформулированы один или несколько признаков сравнения, по которым осуществляется сравнение свойств объектов и возникает пересечение их функциональностей. Следовательно, методы измерения будут различаться лишь процедурой сравнения объектов. Эта процедура включает построение отношений между объектами эмпирической системы, выбор преобразования и определение типа шкал измерений, а также вариантный анализ на уровне системы в целом.

Библиографический список использованной литературы

1. Дрейзин В.Э. Типизация задач и методы анализа и поддержки принятия решений в геоинформационных автоматизированных системах управления / В.Э. Дрейзин // Информационные технологии. — 2003. — № 3. — С. 2–8.
2. Голубков Е.П. Маркетинговые исследования: Теория, методология и практика / Е.П. Голубков. — М.: Изд-во «Финпресс», 1998. — 368 с.
3. Бахтин А.И. Факторный анализ в геологии: учеб. пособие / А.И. Бахтин. — Казань: Казан. гос. ун-т, 2007. — 32 с.
4. Дистанционный консалтинг. Факторный анализ [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные (37215 bytes). — М.: ДТКБ РФ, 2009. — Режим доступа: <http://www.dist-cons.ru/modules/DuPont/Doc102.HTM> Friday, 21 October 2009 18:15:02
5. Чугунов Д.С. Инверсно-морфологический подход к синтезу технических решений / Д.С. Чугунов. — М.: Наука, 2006. — 48 с.

Поступила в редакцию 22.12.2011 г.

Рябова В.О., Дороніна Ю.В. Генерація варіантів систем екологічного моніторингу на основі алгоритму сортування

Досліджується ранжування функціональних навантажень блоків системи екологічного моніторингу з метою генерації варіантів цієї системи. В алгоритмі використовуються експертні оцінки.

Ключові слова: складні системи, екологічний моніторинг, експертний аналіз, функціональність, метод ранжування, системні властивості.

Ryabovaya V.O., Doronina J.V. Generation of variants of system of ecological monitoring on the basis of algorithm of sorting

Receptions of functional loadings of blocks of system of ecological monitoring for the purpose of generation of variants of this system is investigated. In algorithm are used estimations of experts.

Keywords: difficult systems, ecological monitoring, the expert analysis, functionality, a ranking method, system properties.