

УДК 681.3

**В. В. Петров, В. И. Кожевкурт, А. Н. Буточнов,
Е. М. Науменко, В. Б. Осташевский**

Институт проблем регистрации информации НАН Украины
ул. Н. Шпака, 2, 03113 Киев, Украина

Основные направления создания автоматизированных систем мониторинга воздушного, наземного и надводного пространства в реальном времени

Рассмотрены основные направления создания автоматизированных систем мониторинга множества динамических объектов. Более детально представлены методики структурного и функционального проектирования систем мониторинга, определения архитектуры программных комплексов центров обработки информации и оценки ожидаемой эффективности от автоматизации функций сбора и обработки информации мониторинга.

Ключевые слова: *автоматизированная система мониторинга, множество объектов наблюдения, структурное и функциональное проектирование, архитектура программного комплекса, эффективность обработки информации.*

Введение

Задача создания распределенных автоматизированных систем мониторинга воздушного, наземного и надводного пространства для формирования комплексной модели обстановки в реальном времени является актуальной для систем контроля воздушного движения, передвижения транспортных средств, речных и морских судов. Необходимость автоматизации большого числа функций сбора и обобщения информации, а также критичность времени решения задач обуславливают существенное возрастание требований к выбору рационального варианта реализации систем, базовой программно-аппаратной платформы, использованию различных программных систем (систем управления базами данных, геоинформационных систем, систем документооборота и др.).

Существующие методы разработки автоматизированных систем обработки информации не в полной мере учитывают особенности систем мониторинга. Это обстоятельство определило необходимость совершенствования методологических основ разработки систем такого класса, и в частности:

- методов структурного и функционального проектирования автоматизированной системы мониторинга множества динамических объектов (АСМДО) наблюдения в реальном времени как многоуровневой иерархической распределенной системы;
- методов проектирования архитектуры программных комплексов центров обработки информации различных уровней иерархии системы;
- методов обоснования требований к коммуникационным и вычислительным средствам и надежности функционирования системы;

© В. В. Петров, В. И. Кожевкурт, А. Н. Буточнов, Е. М. Науменко, В. Б. Осташевский

- методов обработки и объединения разнородной информации о большом числе объектов наблюдения от множества различных источников информации в реальном времени;
- методов организации сетевого взаимодействия пространственно-распределенных элементов системы мониторинга;
- методов организации хранения данных обстановки (документирования) и работы с данными;
- методов оценки надежности программно-технических комплексов многофункциональных и высоконадежных систем;
- методов оценки эффективности функционирования системы мониторинга и ее отдельных элементов в реальном времени.

Основные особенности автоматизированных систем мониторинга множества динамических объектов в реальном времени

Автоматизированная система мониторинга множества динамических объектов представляет собой распределенную систему, обеспечивающую сбор, обработку и отображение информации о подвижных и неподвижных объектах наблюдения в реальном времени. При проектировании системы необходимо учитывать следующие основные особенности, характерные для таких систем [1]:

- сложность структуры — система включает в свой состав множество подсистем, имеющих функциональные связи друг с другом и с внешним окружением;
- гетерогенность — система включает в свой состав множество разных вычислительных, телекоммуникационных, программных и других ресурсов;
- распределенность — система состоит из территориально-распределенных подсистем, которые дислоцируются на расстоянии нескольких сотен километров одна от другой;
- динамизм (изменяемость) — система находится в стадии постоянного развития и совершенствования, подвергаясь при этом воздействиям со стороны внешних и внутренних факторов и постоянной модернизации;
- многофункциональность — система предназначена для решения большого числа задач;
- защищенность — в системе циркулирует как общедоступная информация, так и информация ограниченного доступа, что накладывает ряд дополнительных ограничений.

Наиболее важными задачами проектирования являются задачи определения структуры и функций системы, обоснования архитектуры и параметров программно-технического комплекса. Коротко рассмотрим основные положения разработанных методик проектирования. Более детально методики проектирования структуры системы мониторинга и архитектуры программного комплекса центров обработки информации изложены в [2].

Проектирование структуры системы мониторинга

Процесс проектирования АСМДО должен быть организован таким образом [3], чтобы система:

- соответствовала заданным требованиям и ограничениям и обеспечивала заданные характеристики на всех этапах жизненного цикла;
- соответствовала назначению, целям и задачам, обеспечивала необходимую

функциональную поддержку всех процессов, в том числе в условиях возможных структурных модификаций;

— обеспечивала использование комплекса ранее реализованных проектных решений;

— поддерживала на протяжении жизненного цикла необходимые процессы развития, адаптации и модернизации, обеспечивая одновременно эффективные механизмы управления процессами и информационно-вычислительными ресурсами;

— обеспечивала заданный уровень информационной безопасности.

Существующие методы формирования системотехнических решений построения систем позволяют формировать варианты построения на уровне функциональных элементов и связей между ними. При этом сравнительная оценка вариантов позволяет довольно грубо оценивать основные показатели системы. Для более достоверной оценки предложен новый подход формирования и оценки вариантов системотехнической реализации системы мониторинга.

Суть данного подхода заключается в следующем. Исходя из целевых задач системы мониторинга, выделяется множество необходимых функций. Затем, на основе требований к системе, определяются структурные элементы, обеспечивающие реализацию этих функций. И, наконец, формируется рациональный план работ по созданию системы. Формально данная задача может быть представлена следующим образом.

Пусть: $S = \{s_i | i = \overline{1, n_1}\}$ — множество задач системы мониторинга; $T = \{t_i | i = \overline{1, n_2}\}$ — множество требований к системе; $C = \{c_i | i = \overline{1, n_3}\}$ — множество средств реализации функций системы; $G = \{G_i = (g_1^i, \dots, g_{m_i}^i) | i = \overline{1, n_4}\}$ — множество компонент видов обеспечения; $P = \{p_i | i = \overline{1, n_5}\}$ — критерии качества плана. Пусть некоторые элементы этих множеств нечеткие.

Требуется построить нечеткие отображения $M = M_1 \circ M_2 \circ M_3$ типа «нечеткость \rightarrow четкость» такие, что:

$$\begin{aligned} M_1 &: S \rightarrow F, \\ M_2 &: (F \times T \times C) \rightarrow C_F, \\ M_3 &: (C_F \times T \times G) \rightarrow PL_{\text{рац}}(r_1, r_2, \dots, r_n), \end{aligned}$$

где \circ и \times — знаки композиции и декартового произведения соответственно; F — функции системы; C_F — средства реализации функций; $PL_{\text{рац}}(r_1, r_2, \dots, r_n)$ — рациональный план создания системы; r_j — j -я работа.

Рациональный план определим как

$$PL_{\text{рац}}(r_1, r_2, \dots, r_n) \underline{\Delta}_{i \in I} \text{opt} Q(PL_i),$$

где $\underline{\Delta}$ — знак «равняется по определению»; $Q(PL_i) = (q_1(PL_i(p_1)), \dots, q_{n_5}(PL_i(p_{n_5})))$ — вектор индивидуальных показателей качества плана PL_i .

Отображение M представим в виде совокупности операторов Q_1, Q_2, Q_3 , где Q_1

— оператор моделирования отображения M ; Q_2 — оператор формирования рационального варианта реализации системы; Q_3 — оператор обеспечения достоверности оценок.

Операторы $Q_1 \div Q_3$ представим следующими кортежами:

$$Q_1 = \langle \Phi, L, H \rangle,$$

где Φ — функционально-информационный процесс (ФИП) формирования варианта системы; L — языковые средства описания элементов процесса; H — формальное представление процесса;

$$Q_2 = \langle ID, SP, PL_{\text{рац}}, P(q_1, q_2, \dots, q_{n_s}) \rangle,$$

где ID — описание входных данных; SP — процедура проектирования; $PL_{\text{рац}}$ — рациональный план создания системы; $P(q_1, q_2, \dots, q_{n_s})$ — вектор показателей плана;

$$Q_3 = \langle C, M, D(M), \xi \rangle,$$

где C — информационная среда проектирования; M — механизм оценки; $D(M)$ — средства повышения достоверности оценок; ξ — оцениваемые параметры.

Процесс формирования рационального варианта реализации системы можно представить схемой (рис. 1) [3].

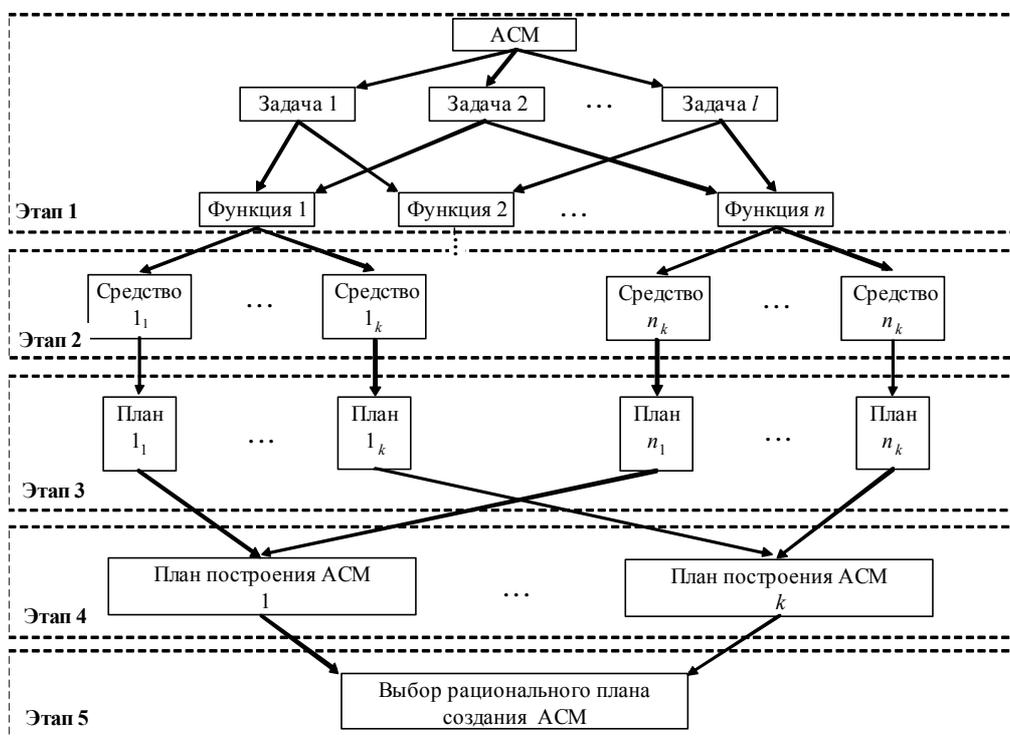


Рис. 1. Схема формирования рационального варианта реализации автоматизированной системы мониторинга (АСМ)

Модель формирования рационального варианта АСМДО

Процесс формирования рационального варианта можно представить следующей теоретико-множественной моделью [3]:

$$M = M_1 \circ M_2 \circ M_3 \circ M_4 \circ M_5 ,$$

где \circ — знак композиции; M_1 — модель определения функций АСМДО; M_2 — модель выбора средств реализации функций; M_3 — модель формирования планов реализации функций; M_4 — модель формирования частных планов построения АСМДО; M_5 — модель оценки и выбора рационального плана создания АСМДО. Каждая модель M_i отображает соответствующий этап схемы (рис. 1).

Модель определения функций. Модель определения функций АСМДО можно представить следующим кортежем:

$$M_1 = \langle S_{AC}, O, F_{AC} \rangle ,$$

где S_{AC} — задачи АСМДО; O — механизм определения функций; F_{AC} — функции АСМДО.

Модель выбора средств реализации функций. Модель представляется следующим кортежем:

$$M_2 = \langle F_{AC}, T_{AC}, ZOT, P_1, C_F \rangle ,$$

где T_{AC} — требования к АСМДО; ZOT — технические средства реализации функций; P_1 — экспертные оценки преимуществ различных технических средств реализации функций на множестве $\{F_{AC} \times T_{AC} \times ZOT\}$; C_F — средства реализации функций АСМДО.

Модель формирования планов реализации функций. Модель представляется следующим кортежем:

$$M_3 = \langle G(g_1, \dots, g_n), C_F, T_{AC}, P_2, PL_F \rangle ,$$

где $G(g_1, \dots, g_n)$ — компоненты видов обеспечения; P_2 — экспертные оценки преимуществ выбора компонент видов обеспечения на множестве $\{C_F \times T_{AC} \times G(g_1, \dots, g_n)\}$; PL_F — планы реализации функций.

Модель формирования планов построения АСМДО. Модель представляется следующим кортежем:

$$M_4 = \langle PL_F, H, PL_{AC}^* \rangle ,$$

где H — механизм формирования частных планов построения АСМДО; PL_{AC}^* — планы построения АСМДО.

Модель оценки выбора рационального плана создания АСМДО. Модель представляется следующим кортежем:

$$M_5 = M_{51} \circ M_{52} \circ M_{53},$$

где M_{51} — модель оценки стоимости; M_{52} — модель оценки эффективности; M_{53} — модель выбора рационального плана;

$$M_{51} = \langle PL_{AC}^*, L_1, C \rangle,$$

где L_1 — механизм оценки планов PL_{AC}^* по стоимости; C — оценки планов построения АСМДО по стоимости;

$$M_{52} = \langle F_{AC}, T_{AC}, PL_{AC}^*, L_2, \Psi \rangle,$$

где L_2 — механизм оценки планов PL_{AC}^* по эффективности; Ψ — сравнительная оценка планов построения АСМДО по эффективности;

$$M_{53} = \langle C, \Psi, L_3, PL_{AC} \rangle,$$

где L_3 — механизм выбора рационального плана; PL_{AC} — рациональный план создания АСМДО.

Таким образом, предложенная модель позволяет с позиций системного подхода структурировать процесс формирования рационального варианта реализации системы на основе плана ее создания, что в целом, позволяет получить более точные оценки ожидаемых основных показателей создаваемой системы.

Проектирование программно-технического комплекса

Проектирование программно-технического комплекса (ПТК) АСМДО реального времени предполагает решение следующих задач:

- проектирование архитектуры программного комплекса АСМДО;
- выбор технических средств реализации спроектированной программной архитектуры;
- выбор системного программного обеспечения, обеспечивающего функционирование системы в целом.

В основу проектирования АСМДО положен подход, основанный на решении трех взаимосвязанных задач (рис. 2):

- функционального анализа АСМДО в реальном времени;
- проектирования архитектуры ПТК АСМДО;
- параметрического синтеза элементов программно-аппаратной платформы, реализующей предложенную архитектуру.

Функциональный анализ системы предполагает решение следующих задач:

- анализа целевого предназначения системы, основных решаемых задач и определения требований к системе и отдельных ее элементов;

- определения показателей эффективности функционирования системы;
- декомпозиции системы на функциональные подсистемы и функции, которые реализуются отдельными подсистемами.



Рис. 2. Этапы проектирования архитектуры ПТК АСМДО

Структурное проектирование предполагает определение архитектуры системы для реализации заданной функциональности. В основу проектирования архитектуры системы положена процедура оценки функциональной подобности разных функций системы с целью реализации их отдельными элементами программно-технического комплекса АСМДО. Для оценки подобности разных функций системы осуществляется выбор пространства признаков подобия и проводится оценка их значений. Подобные функции с точки зрения заданной метрики объединяются в модули системы. Такой подход позволяет определить необходимый и достаточный набор модулей, реализующих заданную функциональность системы.

Таким образом, структурное проектирование включает следующие задачи [2]:

- выбор пространства признаков функционального подобия функций системы;
- объединение функционально подобных функций в программные модули;
- оценка возможных вариантов структур системы и выбор базовой архитектуры АСМДО;
- анализ процессов информационного взаимодействия элементов спроектированной архитектуры для оценки выбранного базового варианта системы.

Этап выбора параметров технических средств (параметрический синтез) системы предполагает формирование требований к программной и аппаратной платформе реализации спроектированной системы и обоснование выбора технических решений ее реализации. Кроме того, для выбранных технических средств определяются их основ-

ные технические параметры: быстродействие, размер оперативной и внешней памяти, требования к сетевым интерфейсам и др.

Проектирование архитектуры системы мониторинга динамических объектов является сложной задачей и требует разработки новых методических подходов, позволяющих определить рациональную архитектуру системы. Вопросам проектирования архитектуры системы посвящено достаточно много работ [4–8]. Однако проектирование архитектуры систем мониторинга динамических объектов в реальном времени требует совершенствования существующих положений с учетом специфических особенностей таких систем: иерархичность архитектуры, размещение компонент системы на значительной территории, значительное количество разнородных источников информации, значительный поток данных, требования ко времени обработки информации, значительное количество потребителей информации и т.д.

Постановка задачи. Задача проектирования архитектуры тесно связана с задачей оптимизации функционирования системы. Архитектура считается оптимальной, если эффективность разрабатываемой системы максимальна при заданных ограничениях.

Введем следующие обозначения:

P — множество возможных вариантов $\pi \in P$ построения системы или ее элементов. Возможные варианты, как правило, заданы и выбираются при проектировании системы из множества P ;

F — множество взаимосвязанных функций (задач), которые выполняются системой. Каждому варианту построения системы π соответствует некоторое множество функций $F(\pi)$, из которого при проектировании системы необходимо выбрать подмножество $f \in F(\pi)$, достаточное для реализации выбранного варианта π ;

A — множество взаимосвязанных элементов системы (узлы системы, технические средства и т.п.).

Тогда, в общем случае, задача проектирования архитектуры будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} &\pi \in P, \\ &f \in F(\pi), \\ &\bar{A} \in A, \\ &[f \in F(\pi)] \mathfrak{R} [\bar{A} \in A], \end{aligned}$$

где \mathfrak{R} — оптимальное отображение множества функций F на множество элементов A , которое обеспечивает экстремум некоторой целевой функции при заданных ограничениях.

Таким образом, задача проектирования архитектуры системы состоит в таком отображении определенным образом сгруппированных функциональных задач по определенным образом сгруппированным элементам системы, при котором достигается экстремум критерия качества отображения \mathfrak{R} при выполнении заданных ограничений.

Основными характеристиками качества отображения \mathfrak{R} , как правило, являются: эффективность проектируемой системы, стоимость (разработки и эксплуатации), время (продолжительность цикла обработки), надежность, точность, достоверность, загрузка элементов. Постановка задачи, в общем случае, может учитывать различные факторы: тип решаемых задач (оперативные, плановые); статический или динамический выбор множества задач; фиксированные или динамические связи между задачами; тип связи

между задачами (информационные, по управлению) и др.

Рассмотрим постановку задачи проектирования архитектуры АСМДО с учетом взаимосвязи задач и узлов в процессе функционирования. Для ее формализации введем обозначения:

$i = \overline{1, I}$ — множество задач системы;

n_i — вариант решения i -й задачи, $n_i \in N$, N — общая численность вариантов решения задач;

$j = \overline{1, J}$ — множество узлов АСМДО;

$|\alpha_{ii'}|$ — матрица связи между задачами. Задачи i и i' считаются связанными, если для решения i' -й задачи используется информация, являющаяся выходной для i -й задачи, при этом $\alpha_{ii'}$ имеет значение среднего потока информации от i -й задачи к i' ; если задачи не связаны, то $\alpha_{ii'} = 0$;

$|\gamma_{jj'}|$ — матрица затрат на передачу информации от j -го узла в j' -й; для несвязанных узлов $\gamma_{jj'} = \infty$;

m_l — характеристики технических средств;

a_{ijn} — эффективность решения i -й задачи n -м способом в j -м узле;

m_{in} — потребность i -й задачи, решаемой n -м способом, в ресурсах технических средств;

c_{lj} — затраты на эксплуатацию l -го технического средства в j -м узле;

K — затраты на приобретение (разработку) технических средств;

k_l — затраты на приобретение (разработку) l -го технического средства;

k_{in} — затраты на разработку и внедрение i -й задачи в n -м варианте.

Тогда задача проектирования архитектуры АСМДО может быть представлена следующим образом:

$$\max \left[\sum_{\substack{i, n, j \\ i', nk, j'}} b_{inj, i'nkj'} x_{inj} x_{i'nkj'} - \sum_{jl} c_{lj} x_{jl} \right],$$

где

$$b_{inj, i'nkj'} = \begin{cases} a_{inj}, & \text{если } in = i'n', \\ -\alpha_{in, i'n'} \gamma_{jj'}, & \text{если } in \neq i'n'; \end{cases}$$

$$x_{inj} = \begin{cases} 1, & \text{если задача решается в } j\text{-м узле } n\text{-м способом,} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$x_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й узел оснащен } l\text{-м техническим средством,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

при следующих ограничениях:

$$\begin{aligned} \sum_{k,j} x_{inj} &= 1, \quad i = \overline{1, I}, \\ \sum_l x_{jl} &= 1, \quad j = \overline{1, J}, \\ \sum_{i,n} m_{in} x_{inj} &\leq \sum_l m_l x_{jl}, \quad j = \overline{1, J}, \\ \sum_{l,j} k_l x_{jl} + \sum_{i,k,j} k_{in} x_{inj} &\leq K. \end{aligned}$$

Рассмотренная задача является нелинейной задачей математического программирования, решение которой аналитическими методами затруднено. Это связано с тем, что на ранних стадиях проектирования параметры системы в ряде случаев могут быть известны лишь приблизительно, что приводит к неоднозначности определения рационального варианта ее архитектуры.

С учетом вышесказанного, для решения задачи в данной постановке целесообразно использовать агрегативно-декомпозиционный подход, который включает два взаимосвязанных этапа [9]:

- последовательную декомпозицию целей, функций и задач системы;
- агрегирование функциональных задач на соответствующих уровнях детализации архитектуры для генерирования вариантов построения системы в целом.

Таким образом, под проектированием архитектуры АСМДО будем понимать процесс последовательного решения системно связанных задач выбора ее основных элементов и подсистем:

- выбор подсистем и узлов и согласование их целей;
- распределение решаемых задач (функций) по узлам функциональных подсистем;
- выбор технических и программных средств, которые обеспечивают их своевременное выполнение.

Данные задачи решаются итерационно в силу их взаимосвязи и необходимости корректировки получаемых решений. А это, в свою очередь, предполагает первоначально построение базового (опорного) варианта архитектуры АСМДО и его дальнейшее последовательное уточнение (эволюционный подход).

Оценка эффективности системы мониторинга

Оценка эффективности функционирования является одной из важнейших задач, на основе которой принимаются решения о правильности предложенных технических решений, а также обеспечивается выявление и устранение недостатков в процессе разработки системы и программно-технического комплекса АСМДО.

На основе анализа существующих методов предварительной оценки эффективности информационных систем предложено использовать общий подход к определению показателей эффективности системы мониторинга, планированию и проведению оценивания АСМДО с учетом особенностей начальных этапов разработки (неполноты исходных данных). Для проведения оценки эффективности АСМДО предложено использовать метод анализа иерархий [10].

На ранних стадиях проектирования, в условиях неопределенности исходных данных, наиболее приемлемым математическим аппаратом для оценки ожидаемой эффективности АСМДО являются экспертные методы (методы сравнительного анализа). Это

обуславливается тем, что на этой стадии проектирования параметры и характеристики разрабатываемой системы еще недостаточно определены. Экспертам проще дать сравнительную оценку тем или иным элементам, чем приписать им меру.

Для решения данной задачи выполняется следующая последовательность шагов:

- определяется множество задач, которые решаются АСМДО;
- задачи ранжируются по важности в соответствии с их ролью и местом в системе;
- на основе анализа задач определяются функции системы (функциональная декомпозиция системы), которые тоже ранжируются;
- задаются показатели эффективности, и проводится их оценивание.

Данный процесс оценки реализуется методом анализа иерархий. Сначала строится дерево факторов и критериев. При этом в качестве факторов первого уровня выступают задачи, второго — функции системы, третьего — показатели эффективности выполнения функций и последнего — альтернативы, т.е. варианты решения задач системы на основе использования АСМДО и без автоматизации [9].

Пусть $S = \{s_i \mid i = \overline{1, n}\}$ — задачи системы, $F_{ij} = (f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{iv_i})$ — функции i -й задачи, $K_z^{f_{ij}} = (k_1^{f_{ij}}, k_2^{f_{ij}}, \dots, k_g^{f_{ij}})$ — показатели эффективности выполнения j -й функции i -й задачи. Тогда задачу сравнительной оценки эффективности функционирования системы мониторинга с автоматизацией и без нее можно представить следующим образом (рис. 3).

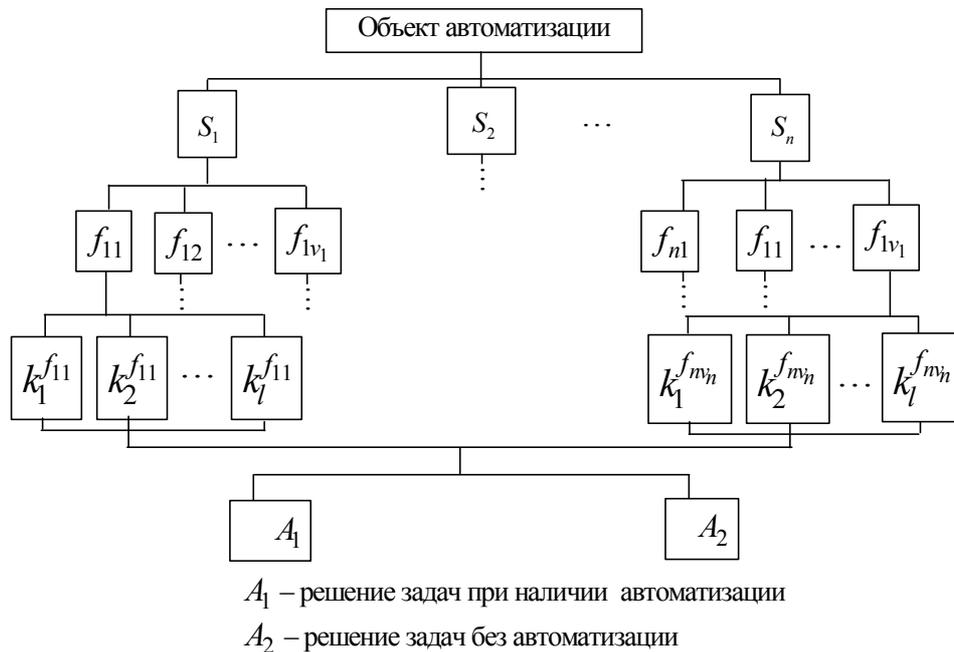


Рис. 3. Декомпозиция задачи оценки эффективности АСМДО

Далее строятся матрицы парных сравнений для каждого уровня — по одной матрице для каждого элемента более высокого уровня. Так, для факторов z_i оценки экспертов в виде отношений предпочтений можно записать как обратносимметричную матрицу доминирования:

$$M_Z = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix},$$

где $a_{ii} = 1$; a_{ij} показывает относительную важность задач s_1 и s_n по отношению к «Объекту автоматизации», а $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$. При парных сравнениях используется стандартная 9-бальная шкала.

Для функций f_{ij} будут получены аналогичные матрицы парных сравнений, элементы которых показывают относительную важность функций i -й задачи. Аналогично оцениваются показатели $k_i^{f_{ij}}$.

При формировании матриц парных сравнений для альтернатив A_1 и A_2 необходимо иметь в виду, что под АСМДО в данном случае рассматривается ее системотехническая сторона. При оценке альтернатив прогнозируется насколько эффективно, по сравнению с существующим положением, будет реализована та или другая функция системы. После этого, вычисляются собственные вектора каждой из матриц, и формируется набор локальных приоритетов. И, наконец, на основе принципа приоритетов вычисляются глобальные приоритеты альтернатив.

В результате получаем нормализованный вектор $W = (w_{A_1}, w_{A_2})$ относительных приоритетов альтернатив A_1 и A_2 . Отношение $\eta = \frac{w_{A_1}}{w_{A_2}}$ показывает, во сколько раз будет повышена эффективность объекта автоматизации в результате внедрения АС. Более детально процесс формирования матриц парных сравнений приведен в [10].

В качестве метода практического исследования эффективности разрабатываемой АСМДО и ее подсистем, а также принятия решений, использован метод проведения эксперимента на основе имитационного моделирования внешней обстановки на входах элементов АСМДО с одновременной оценкой их выходных реакций (качества решения задач по обработке информации мониторинга).

Разработка имитационного комплекса для исследования и верификации разработанных алгоритмов обработки координатной информации предполагает создание программного инструментария количественной оценки эффективности и требует разработки методического обеспечения работ по исследованию возможностей системы в различных условиях воздействия внешней среды и режимов функционирования АСМДО. Общая структура системы моделирования представлена на рис. 4.

Разработанный имитационный комплекс предоставляет следующие возможности:

- высокую оперативность изменения входных данных в модели;
- высокую степень наглядности получаемых результатов с использованием различных способов представления данных (графический, цифровой, многоцветный, на экране монитора, печатающем устройстве или на графопостроителе);
- оптимальное сочетание выходных (конечных) результатов и промежуточных;
- развитые диалоговые возможности системы для получения быстрого отклика на входные воздействия (анализ чувствительности системы к любого рода изменениям);

— оперативность получения оценок рассчитываемых показателей качества обработки информации.

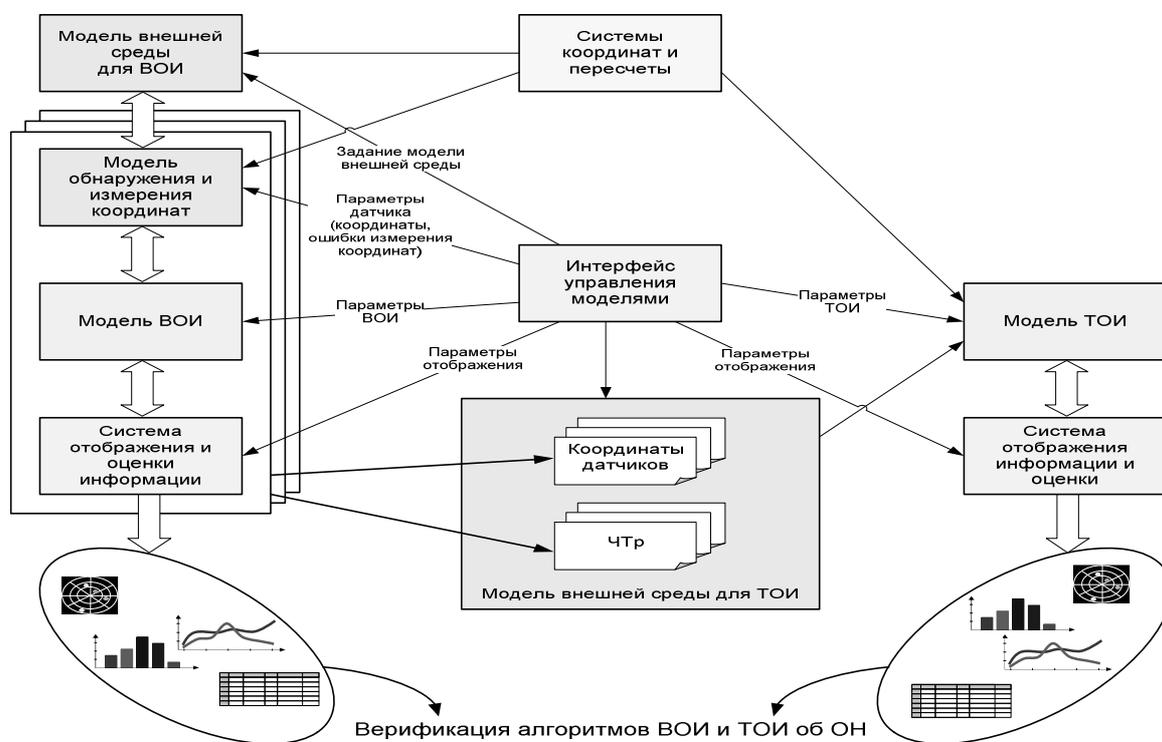


Рис. 4. Обобщенная структура имитационного комплекса для исследования алгоритмов обработки информации мониторинга

Разработанные методические положения использованы при решении задач проектирования АСМДО [11, 12]. Оценка эффективности разработанной системы подтвердила обоснованность предложенных технических решений [13].

Выводы

Предложенные в статье основные направления создания автоматизированных систем мониторинга множества динамических объектов, на основе методик структурного и функционального проектирования, позволяют разработать рациональный вариант создания системы, оценить ожидаемую эффективность от ее внедрения на предпроектных стадиях проектирования, спроектировать программно-технический комплекс системы и оценить эффективность разработанной АСМДО.

1. *Верба В.С.* Системный анализ методов проектирования многофункциональной информационной системы / В.С. Верба, В.А. Михеев // Известия ЮФУ. Технические науки. — Таганрог, 2008. — № 8. — С. 109–115.

2. *Методологія побудови розподілених інформаційно-аналітичних систем реального часу / Звіт по НДР «Теоретичні і методологічні основи створення розподілених інформаційно-аналітичних систем моніторингу множини динамічних об'єктів у реальному часі» (шифр «Контроль»). Етап 2.* — К.: ІПРІ НАН України, 2008. — 247 с.

3. Науменко С.М. Модель концептуального планирования створення автоматизованих систем / С.М. Науменко: зб. наук. пр. № 1. — К.: ВІПІ НТУУ «КПІ», 2002. — С. 117–121.
4. Липаев В.В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем / В.В. Липаев. — М.: СИНГЕГ, 2002. — 268 с.
5. Брауде Э. Технология разработки программного обеспечения / Э. Брауде. — СПб: Питер, 2004. — 655 с.
6. Басс П. Архитектура программного обеспечения на практике / П. Басс, П. Клементс, Р. Кацман. — [2-е изд.]. — СПб: Питер, 2006. — 575 с.
7. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений / М. Фаулер: пер с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. — 544 с.
8. Bass L. Achieving Usability Through Software Architecture / L. Bass, B. John, J. Kates. — CMU/SEI-2001-TR-005. — Software Engineering Institute. — Carnegie Mellon University, 2001.
9. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А.Д. Цвиркун. — М.: Наука, 1982. — 197 с.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 314 с.
11. *Общие* проектные решения по программно-техническому комплексу ЦОИ. — Часть 1. — Книга 6. Архитектура программно-технического комплекса ЦОИ // Отчет по второму этапу технического проекта на Систему и ЦОИ. — К.: ИПРИ НАН Украины, 2006. — 116 с.
12. *Общие* проектные решения по программно-техническому комплексу ЦОИ. — Часть 2. — Книга 6. Базовая программно-аппаратная платформа ЦОИ // Отчет по второму этапу технического проекта на Систему и ЦОИ. — К.: ИПРИ НАН Украины, 2006. — 81 с.
13. *Технический* проект Системы и ЦОИ. Этап 5. — Книга 1. Заключительный отчет о работе. — К.: ИПРИ НАН Украины, 2009. — 142 с.

Поступила в редакцию 16.06.2010