

УДК 622.647.21.052

Опарина Е.Л.

Формирование рациональной структуры сложных многоуровневых иерархических систем

Наведено результати теоретичних досліджень проблеми раціонального формування та оцінювання властивостей складної багаторівневої ієрархічної системи в реальних умовах неповноти й невизначеності кількісних та якісних показників ієрархічної й функціональної структур СБІС.

Theoretical researches of a problem to rational formation and estimation properties of complex multilevel hierarchical system (CMHS) in real conditions of incompleteness and uncertainty quantitative and quality indicators for hierarchical and functional structures CMHS are presented.

На стадии проектирования сложных технических систем, организационно-технологических комплексов, инженерных сооружений различного назначения, компьютерных систем и сетей наиболее сложной и ответственной является системная задача формализованного представления разрабатываемого изделия в виде сложной многоуровневой иерархической системы (СМИС) [1-3].

Бесконечное разнообразие сложных многоуровневых иерархических технических и организационных систем и бесконечное множество выполняемых ими функций определяют сложность формального представления задач системного анализа. Здесь под **сложной иерархической системой** будем понимать целостный объект, образованный из функционально разнотипных систем, структурно взаимосвязанных иерархической подчиненностью и функционально объединенных в интересах достижения заданных целей при определенных условиях [4].

Примерами реальных сложных иерархических систем могут быть производственные объекты, организационно-технологические комплексы, космические системы связи, навигации, современные системы управления отраслями, регионами, корпорациями, многопрофильными фирмами и т.д. Анализ таких систем является практической необходимостью, он не сводится только к установлению типов элементов или типов отношений. Существенным для них является наличие многоуровневой иерархической структуры как в собственной топологии, так и в системах управления. Необходимость введения нескольких понятий уровня определяется сложностью и многообразием целей, задач, функций, свойств и возможностей реальных многоуровневых иерархических систем, а также многообразием свойств, особенностей и последствий штатных, нештатных, критических и чрезвычайных ситуаций при функционировании систем. Так, в данной статье, следуя работе [5], используется три понятия уровня: эшелон – термин, который определяет уровень организационной иерархии; страта – термин, характеризующий уровень описания или абстрагирования; слой – термин, определяющий уровень сложности принятия решения.

Важнейшая особенность рассматриваемых объектов состоит в том, что многие процедуры формирования и анализа иерархической структуры являются принципиально неформализуемыми, а их реализация носит субъективный характер. Сложность разработки СМИС определяется следующими свойствами и особенностями системной задачи:

- неформализуемость процессов выбора многоуровневой иерархической структуры, количества иерархических уровней и количества функциональных элементов для каждого иерархического уровня СМИС;
- необходимость рационального обоснования количества и видов критериев при выборе функциональных элементов каждого иерархического уровня СМИС;
- потребность исследования большого количества возможных альтернативных решений на каждом иерархическом уровне СМИС;
- наличие существенного уровня неполноты исходной информации при определении рационального количества иерархических уровней и необходимого числа функциональных элементов на каждом иерархическом уровне СМИС;
- наличие высокого уровня неопределенности условий и возможностей реализации практически важных свойств функциональных элементов каждого иерархического уровня при проектировании СМИС;
- принципиальные отличия назначений, целей и свойств разных иерархических уровней и принципиальные различия элементов на каждом иерархическом уровне при проектировании СМИС.

Приведенные свойства и особенности системной задачи доказывают взаимную структурную зависимость свойств и количества иерархических уровней, а также функциональную зависимость свойств каждого индивидуального элемента и количество функциональных элементов для каждого иерархического уровня. Поэтому необходимо учитывать, что выбор и формирование многоуровневой иерархической структуры СМИС является творческой, неформализуемой задачей. Отсюда следует, что при проектировании СМИС наиболее сложной проблемой является взаимное рациональное согласование количества и свойств иерархических уровней структуры СМИС с количеством и свойствами функциональных элементов для каждого иерархического уровня СМИС.

Цель данной статьи - предложить подход к решению указанной сложной проблемы рационального формирования и оценивания свойств СМИС в условиях неполноты и неопределенности количественных и качественных показателей структуры СМИС. Проблема исследуется как сложная системная задача, которая базируется на рациональном взаимодействии следующих практически важных зависимостей:

- взаимной системной согласованности общих целей иерархической структуры СМИС с системной согласованностью рациональных целей функциональной структуры СМИС;
- системной взаимной зависимости основных свойств иерархических уровней СМИС с основными индивидуальными свойствами функциональных элементов каждого иерархического уровня СМИС;
- системной взаимосвязи допустимого общего количества всех уровней иерархической структуры СМИС с рациональным количеством функциональных элементов каждого иерархического уровня функциональной структуры СМИС;
- системной взаимозависимости допустимого качества иерархической структуры

СМИС с рациональным качеством функциональных элементов каждого иерархического уровня функциональной структуры СМИС.

Реализация данного подхода позволит создать системную согласованность иерархической и функциональной многоуровневой структуры СМИС, определить возможность и целесообразность выполнения поставленных требований к системной задаче, принять и обосновать решение о реализации или отклонении заданных требований по разработке СМИС.

Содержательная формулировка задачи. Принципы и приемы достижения целей поставленной задачи рассмотрим на примере выполнения Технического задания при проектировании СМИС производственного назначения. Полагаем, что представлены следующие сведения:

- приведены основные ограничения, анализ и описания заданных целей и прогнозируемых областей применения СМИС;
- сформулированы описания основных функций, общих характеристик и главных требований к проектированию СМИС как целостного объекта;
- заданы основные требования к техническим, технологическим, конструктивным, эксплуатационным, экономическим, эстетическим, другим количественным и качественным показателям СМИС.

Требуется: разработать проект СМИС, который должен доказать возможность полной реализации заданных требований, условий и ограничений Технического задания или выявить необходимость принятия дополнительных решений и действий по Техническому заданию.

Основные процедуры решения задачи. Приведенные свойства и особенности системной задачи доказывают взаимную структурную зависимость количества и свойств иерархических уровней, а также функциональную зависимость индивидуальных свойств каждого элемента для каждого иерархического уровня. Состав основных элементов предлагается формировать на основе разработанного метода целенаправленного рационального выбора количественных и качественных показателей иерархической и функциональной структур СМИС. Результаты выбора качества структур формируются в виде

$$Q_0 = \left\{ \left\langle K_n^0; K_n^0 \right\rangle \left\langle K_n^- \leq K_n^0 \leq K_n^+; K_n^- \leq K_n^0 \leq K_n^+ \right\rangle; \left\langle r_1 = \overline{1, R_{01}}; r_2 = \overline{1, R_{02}} \right\rangle \right\},$$

где $K_n^0; K_n^0$ — соответственно r_1 показатель качества иерархической структуры и r_2 показатель качества функциональной структуры СМИС.

Целесообразно выбор индивидуальных типов функциональных элементов для каждого иерархического уровня выполнять в ограниченном количестве в соответствии с заданными свойствами и целями проектируемого СМИС. Отсюда следует практическая необходимость выполнения структурно-функционального анализа основных количественных и качественных показателей СМИС. Предлагается анализ выполнять в следующей последовательности: в начале реализуется выбор свойств и количества иерархических уровней в целом для СМИС, а затем обеспечивается последовательно системное согласование количества и свойств функциональных элементов для каждого иерархического уровня СМИС. Итогом анализа является рациональный выбор в целом структуры СМИС и последующее системное согласование количества и качества иерархических уровней и функциональных элементов каждого иерархического уровня (рис. 1).

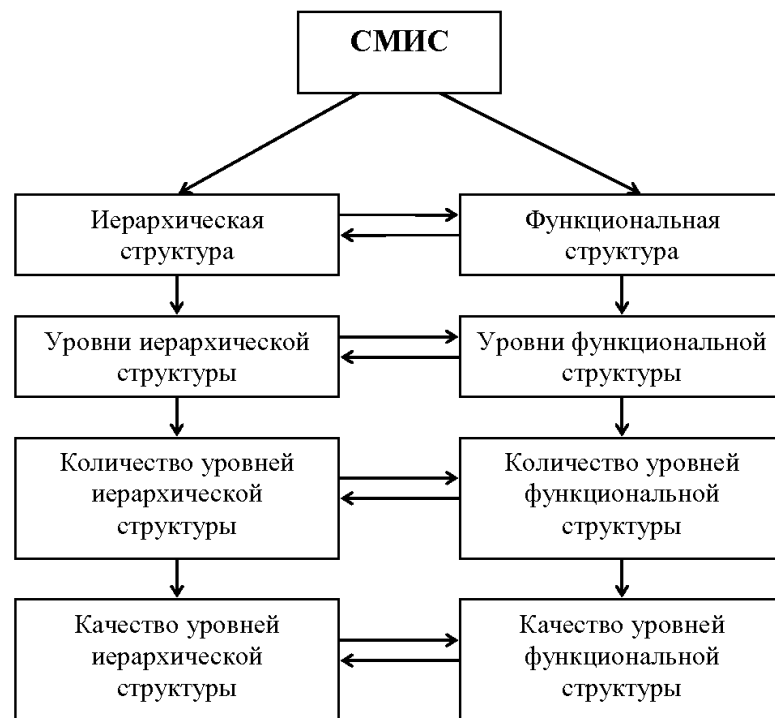


Рис. 1. Состав и свойства иерархической и функциональной структур СМИС

Представим последовательность решения задачи в виде основных процедур формирования, оценивания и реализации заданных требований в следующей форме:

1. Определить рациональное количество иерархических уровней СМИС.
2. Определить рациональное количество функциональных элементов для каждого иерархического уровня СМИС.
3. Сформировать требования к каждому иерархическому уровню СМИС на основе заданных ограничений и требований Технического задания.
4. Сформировать требования к каждому функциональному элементу каждого иерархического уровня на основе заданных ограничений и требований к соответствующему уровню иерархии.
5. Выбрать рациональные типы функциональных элементов каждого иерархического уровня в соответствии с заданными ограничениями и требованиями к каждому функциональному элементу СМИС.
6. Обеспечить на каждом иерархическом уровне системную согласованность по целям, задачам, ожидаемым результатам всех выбранных типов функциональных элементов для всех иерархических уровней СМИС.
7. Выполнить экспертное оценивание возможности практической реализации заданных ограничений и требований к СМИС на основе полученных результатов при выполнении заданий п. 1-6.
8. Выполнить экспертное оценивание практической необходимости, технологической возможности и технико-экономической эффективности производства разработанного проекта СМИС, учитывая ограничения и требования Технического задания, принимая во внимание состояние и динамику рынка конкурирующих изделий, используя результаты выполнения заданий п. 1-7.
9. Обработать результаты экспертного оценивания по данным результатов п. 8 и сформировать обобщенные оценки достоинств и недостатков разработанного проекта

СМИС.

10. Разработать и обосновать выводы о дальнейших действиях с разработанным проектом СМИС.

11. Разработать и обосновать рекомендации для Заказчика о возможных вариантах дальнейших действий с разработанным проектом СМИС.

12. Реализовать принятое Заказчиком решение о дальнейших мерах и действиях с разработанным проектом СМИС.

Анализ свойств и особенностей системной задачи. Содержание представленных выше основных процедур позволяет выявить ряд важных особенностей рассматриваемой системной задачи. Основная особенность состоит в том, что на стадии проектирования современных СМИС отсутствует априорная информация, которая способна обеспечить достоверное оценивание конструктивных и технологических возможностей полной реализации заданных требований к основным свойствам, показателям и условиям эксплуатации сложных технических систем [6]. При этом необходимо учитывать, что проектирование выполняется в условиях неопределенности теоретически возможных и практически достижимых уровней эффективности и безопасности СМИС. Поэтому для обеспечения безопасности различных типов современных и перспективных СМИС важнейшее значение приобрели проблемы предотвращения аварий и катастроф [7]. Другими важными особенностями СМИС являются: во-первых, разнообразие взаимосвязей, разновидность взаимозависимостей и сложность взаимодействий различных типов функциональных элементов каждого иерархического уровня и, во-вторых, наличие высокого динамизма и сложности взаимодействия различных иерархических уровней и наличие многообразия их взаимосвязей и взаимозависимостей с внешней средой. Приведенные особенности определяют потребность совершенствования информационных технологий проектирования, производства, испытаний, подготовки к эксплуатации разрабатываемых изделий новой техники, и в первую очередь современных СМИС. Практическая реализация таких технологий стимулируется непрерывным стремительным повышением информационных, вычислительных и других возможностей современной компьютерной техники. Приведенные особенности СМИС определяют необходимость выполнять процедуры решения системной задачи разными исполнителями, цели которых существенно различаются. Поэтому выбор количества иерархических уровней, количества и типов различных функциональных элементов для каждого иерархического уровня, другие основные процедуры и функции проектирования выполняют разные исполнители, в зависимости от умения, опыта, знаний, интуиции, предвидения каждого исполнителя. Отсюда следует, что при разработке даже однотипного изделия различными исполнителями могут создаваться СМИС, которые существенно различаются по многим свойствам. Характерным примером являются самолеты однотипного назначения разных стран. Указанные свойства и особенности принципиально отличают процедуры решения рассматриваемой системной задачи от процедур типовых детерминированных задач, в которых априорно известны количественные значения всех исходных данных. Поэтому методологические подходы и математические методы оценивания точности и достоверности решений типовых детерминированных задач непосредственно нельзя применять к системным задачам, которые характеризуются неполнотой и неопределенностью исходной информации. К таким системным задачам целесообразно применять новые методы экспертного оценивания [4]. Тогда основную деятельность

исполнителей в разработке СМИС целесообразно представлять в виде следующих функционально взаимозависимых и структурно взаимосвязанных системных задач:

1. Задача системно согласованной декомпозиции СМИС на основе рационального выбора количества иерархических уровней и рационального агрегирования количества функциональных элементов на каждом иерархическом уровне СМИС.

2. Задача системно согласованной декомпозиций заданных общих требований к СМИС на основе системного анализа заданных рациональных требований к каждому иерархическому уровню.

3. Задача системно согласованной декомпозиций заданных общих требований к каждому иерархическому уровню разрабатываемой СМИС на рациональное количество требования к каждому функциональному элементу каждого иерархического уровня.

4. Задача рационального агрегирования выбранных типов функциональных элементов для каждого иерархического уровня СМИС в единую систему согласованной структуры функциональных элементов для каждого иерархического уровня.

5. Задача рационального агрегирования сформированных системно согласованных структур каждого иерархического уровня в единую сложную систему, свойства которой должны соответствовать заданным ограничениям и требованиям к СМИС.

Выводы. Приведенные результаты теоретических исследований показывают, что при проектировании СМИС наиболее сложной проблемой является взаимное рациональное согласование количества и свойств иерархических уровней структуры СМИС с количеством и свойствами функциональных элементов для каждого иерархического уровня СМИС. Предложенные основные процедуры решения системной задачи являются основой теоретической базы формализации методологического и теоретического аппарата исследования сложной системной проблемы проектирования СМИС. Разработанный состав основных элементов иерархической и функциональной структур СМИС открывает возможности создания методологического и математического аппаратов исследования и оценивания Технического задания и решения неформализуемых задач при разработке современных СМИС в реальных условиях неполноты и неопределенности исходной информации.

Литература

1. Палагин А.В. Архитектура онтологоуправляемых компьютерных систем // Кибернетика и системный анализ. №2. – 2006. – С. 111-124.
2. Лукьянова Л.М. Концепция структурно-целевого анализа и синтеза организационно-технологических комплексов // Кибернетика и системный анализ. – №6. – 2006. – С. 147-156.
3. Мухин В.Е., Волокита А.Н. Комплексная система мониторинга безопасности на основе анализа целей действий субъектов компьютерных систем и сетей // Управляющие системы и машины. – № 5. – 2006. – С. 85-94.
4. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – Киев: Наук. думка. – 2005. – 744 с.
5. Месарович М., Маке Д., Такаха И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир. – 1973. – 344 с.
6. Соппротивление материалов деформированию и разрушению: Справочное пособие / Отв. ред. акад. НАНУ В.Т. Трошенко. – Ч. 1. – Киев: Наук. думка. – 1993. – 288 с.; Ч. 2. – Киев: Наук. думка, – 1994. – 702с.
7. Механика катастроф. / Под общ. ред. акад. К.В. Фролова. – Международный институт безопасности сложных технических систем. – М., 1995. – 389 с.