

II. ИНФОРМАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ. УПРАВЛЕНИЕ КОНФЛИКТАМИ И РИСКАМИ

УДК 519.856

© Мистров Л.Е.
Mistrov L.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА СИСТЕМ (СТРУКТУР) ИНФОРМАЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

METHODOLOGICAL BASES OF SYNTHESIS OF SYSTEMS (STRUCTURES) INFORMATION MANAGEMENT

Аннотация. Предлагаются методологические основы синтеза систем (структур) информационного менеджмента для объективно существующей нечеткости и неопределенности исходных представлений о системе, задачах, составе и способах функционирования на начальной стадии жизненного цикла. Они разработаны на основе методов синтеза и анализа сложных систем, исследования операций и принятия решений в условиях неопределенности, обеспечивающих реализацию принципа решения задачи "синтез через анализ".

Annotation. Methodological bases of synthesis of systems (structures) of information management for objectively existing illegibility and uncertainty of initial representations about system, problems, structure and ways of functioning at an initial stage of life cycle are offered. They are developed on the basis of methods of synthesis and the analysis of difficult systems, research of operations and decision-making in the conditions of the uncertainty, providing realization of a principle of the decision of a problem "synthesis through the analysis"

Ключевые слова. Информационный менеджмент, цель, принцип, рациональность, предпочтительность, конкуренция, система, структура, анализ, синтез, постановка задачи, декомпозиция, эффективность, специалисты синтеза, база знаний, неопределенность, аспект, уровень.

Key words. Information management, the purpose, a principle, rationality, preference, a competition, system, structure, the analysis, synthesis, problem statement, decomposition, efficiency, experts of synthesis, the knowledge base, uncertainty, aspect, level.

1. Введение

В современных социально-экономических условиях актуальной является задача синтеза различного предназначения функциональных систем (ФС), реализация поставленных целей в которых осуществляется, как правило, в условиях конкуренции с одной или несколькими такого же уровня системами. В работах [1, 2] показано, что их конфликтно-устойчивое функционирование – достижение поставленных целей в условиях организованного противодействия со стороны конкурентов, возможно осуществлять только на основе систем (раз-

личного типа структур) информационного менеджмента (СИМ).

Целью СИМ является нивелирование действий конкурентов на основе реализации совокупности защитных (оборонительных) и наступательных стратегий действий, обеспечивающих поддержание эффективности защищаемой ФС на заданном уровне за счет сохранения работоспособности её элементов и снижения эффективности применения элементов конкурирующих ФС до некоторого минимального уровня. На начальной стадии жизненного цикла СИМ задача синтеза состоит в обосо-

Мистров Леонид Евгеньевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры правовой информатики, информационного права и естественнонаучных дисциплин, Центральный филиал ГОУ ВПО «Российская академия правосудия», тел. 8-910-342-88-42.

Mistrov Leonid – PhD, associate professor, professor of legal informatics, information law and science, the Central Branch SEI HV «Russia Academy of Justice», tel. 8-910-342-88-42.

вании её облика (принципов построения, функционирования, основных характеристик и параметров системы), достаточного для разработки задания на разработку.

Характерным при решении задачи синтеза СИМ является нечеткость и неопределенность исходных представлений о системе, её задачах, составе и функционировании, что затрудняет возможность применения известных методов синтеза систем и выдвигает на первый план необходимость более широкого и последовательного применения методов анализа сложных систем, исследования операций и принятия решений.

Цель настоящей статьи – разработка методологических основ синтеза СИМ, включающих постановку и методический подход к декомпозиции и агрегатированию решения задачи с учетом особенностей, существующих на начальной стадии жизненного цикла системы.

2. Общая постановка задачи

В общем (широком смысле) постановка задачи синтеза СИМ состоит в определении среди её допустимых вариантов предпочтительного варианта. Различают содержательную и формальную постановки задачи синтеза. Общая содержательная постановка задачи синтеза СИМ в широком смысле должна включать:

- формулировку целей, для достижения которых создается СИМ, определение условий её целевого применения;
- формирование множества допустимых (удовлетворяющих заданным ограничениям) вариантов СИМ;
- выбор из допустимых вариантов СИМ предпочтительного варианта, который в заданных условиях целевого применения в наибольшей степени (в принятом смысле) соответствует поставленным целям.

По существу такая постановка задачи синтеза охватывает весь комплекс исследований, связанных с СИМ, и в силу своей общности в настоящее время не формализуется. Для облегчения формализации постановка задачи синтеза СИМ рассматривается в узком смысле и в основном к последнему из указанных выше элементов – выбору предпочтительного варианта. Для перехода от содержательной постановки задачи синтеза СИМ к формальной (математической) необходимо раскрыть содержание понятия предпочтительности и процедуры выбора. Подавляющее большинство задач выбора основывается на процедуре попарного сравнения альтернатив. Достоинствами такой процедуры являются наглядность, ясность физического содержания и возможность сравнительно простой формализации. Этим объясняется широкое использование процеду-

ры попарного сравнения при синтезе различного рода структур систем. Теоретическая и практическая конструктивность процедуры попарного сравнения альтернатив даёт основание использовать её и для выбора предпочтительных вариантов СИМ.

Общей математической основой процедуры попарного сравнения альтернатив (в дальнейшем – процедуры выбора) является аппарат бинарных отношений. Предпочтительность в терминах бинарных отношений может определяться с позиции двух основных принципов [3]: принципа рациональности и принципа удовлетворения. В соответствии с принципом рациональности предпочтительными считаются варианты СИМ, лучшие (как следует из контекста задачи синтеза) по выбранному отношению. С использованием принципа удовлетворения выбираются варианты, которые не хуже по рассматриваемому отношению некоторых заданных вариантов.

Выбор того или иного основного принципа предпочтительности зависит от особенностей и содержания задачи синтеза СИМ. В практике синтеза различного типа систем и структур наибольшее распространение получил принцип удовлетворения. Исходя из этого принципа сформулируем общую математическую постановку задачи синтеза СИМ.

Обозначим R бинарное отношение предпочтения, заданное на множестве допустимых вариантов V_D СИМ. Предположим, что существует вариант СИМ $v' \in V_D$, который не менее предпочтителен, чем некоторый вариант $v'' \in V_D$. Обозначим его v^{opt} . В общем случае вариантов v^{opt} может быть несколько. Их множество $\{v^{opt}\} = V^{opt}$, назовём ядром отношения R [5] и обозначим $Max < V_D, R >$. Тогда общая математическая постановка задачи синтеза СИМ будет иметь

$$V_D = Max < V_D, R >, \quad (1)$$

то есть вид задачи нахождения ядра отношения R на множестве допустимых вариантов СИМ V_D . В такой постановке задачи синтеза СИМ принцип удовлетворения преобразуется в принцип максимального элемента.

При синтезе СИМ часто отношение R задается не на множестве V_D , а на множестве оценок их эффективности. Как будет показано ниже, это может привести к ошибочному выбору предпочтительных вариантов СИМ.

Из формулировки (1) следует, что задача синтеза СИМ относится к классу обратных математических задач. Поэтому её постановка должна удовлетворять требованиям корректности по Адамару:

- обязательности существования задачи синтеза СИМ;
- единственности и устойчивости вариантов относительно малых вариаций параметров задачи.

Определим свойства множества V_D и отношения R , при которых задача синтеза СИМ будет корректной. Для того, чтобы задача синтеза СИМ имела смысл, множество V_D не должно быть пустым и содержать, по крайней мере, два варианта СИМ, то есть $V_D \neq \emptyset$ и $v^{opt} \subseteq V_D$. Кроме того, по завершении синтеза СИМ мощность ядра V^{opt} должна равняться единице, поскольку требования и способы целевого применения должны относиться с конкретным СИМ.

Свойства отношения R должны выражать естественные взаимосвязи между элементами множества V_D . Так, процедура сравнения варианта СИМ с самим собой не имеет смысла для специалистов синтеза, хотя формально и допустима. Поэтому отношение R должно быть антирефлексивным. Одновременно это отношение должно быть транзитивным, поскольку если данный вариант СИМ предпочтительнее другого, а тот, в свою очередь, предпочтительнее третьего, то, естественно, первый вариант также должен быть предпочтительнее третьего. Антирефлексивное, транзитивное отношения R предпочтения обладают свойством ацикличности, что является при $V_D \neq \emptyset$ необходимым и достаточным условием непустоты ядра $Max \langle V_D, R \rangle$. Таким образом, если множество V_D не пусто и отношение R является альтернативным и транзитивным, то всегда существует решение задачи синтеза СИМ.

Требование единственности решения задачи синтеза СИМ при формальном подходе, как правило, не выполняется. Этот недостаток устраняется путем привлечения неформализуемых или слабо формализуемых дополнительных факторов для анализа возможных решений задачи синтеза СИМ, полученных формальным путем, и выбора из них единственного.

Большинство обратных задач имеют неустойчивое решение. Применительно к задаче синтеза СИМ неустойчивое решение означает, что близкие требования могут реализовываться при существенных различиях в структуре и организационном построении системы. Поэтому для повышения устойчивости решения задачи синтеза СИМ в её математическую постановку обязательно должны включаться условия технической реализуемости требований, а к решению задачи – привлекаться организации разработчиков технических элементов специального назначения. Повышению устойчивости решения задачи синтеза СИМ способствует также применение дополнительно метода “синтеза путем анализа”, основанного на замене обратной задачи на прямую и проведении тщательного анализа эффективности каждого предпочтительного варианта СИМ.

В задаче синтеза СИМ всегда присутствует неопределенные факторы. В зависимости от причин, их вызыва-

ющих, можно выделить факторы:

- обусловленные неясным представлением на начальных этапах синтеза задач СИМ;
- связанные с неполнотой знания условий целевого применения СИМ;
- появляющиеся из-за недостаточного уровня знаний специалистов синтеза и развития технических элементов для реализации аппарата синтеза;
- связанные с нечетким представлением условий (организационных, экономических, технологических и др.) реализации требований к СИМ.

Неясность представлений на начальных этапах синтеза задач СИМ (неопределенность целей) типична при синтезе любой СИМ. Специалисты синтеза никогда точно не знают целей заказчика (в его роли выступает ФС), а заказчик, в свою очередь, не может их сформулировать достаточно однозначно. Неопределенность целей затрудняет структуризацию задачи синтеза СИМ. Поэтому на начальных этапах синтеза СИМ доминируют её качественные, описательные характеристики. На последующих этапах синтеза, когда облик СИМ достаточно конкретно определен, задача синтеза может быть структурирована и появляется возможность детерминации математической постановки задачи синтеза СИМ. Неопределенность задач СИМ самая “неудобная”, так как нет формальных методов её учета. Кроме того, эта неопределенность влияет на все остальные неопределенности. Её присутствие в задаче синтеза СИМ (1) проявляется в многозначности отношения $R = (R_1, \dots, R_j)$:

$$V^{opt} = Max \langle V_D, (R_1, \dots, R_j) \rangle. \quad (2)$$

Если $R_i \cap R_j \neq \emptyset$, то решение задачи (2) может быть найдено сравнительно просто, поскольку $V^{opt} \subseteq \bigcap_{i \in I} R_i$. В противном случае, необходимо применять методы решения многокритериальных задач [6].

Неопределенность условий целевого применения СИМ проявляется в основном в ошибках прогнозирования характеристик этих условий, вызванных достаточно большим циклом их разработки и противодействием конкурентов. В течение цикла разработки СИМ изменяется социально-экономическая обстановка, уточняются концепции ведения конкурентных действий, место и значимость СИМ в общей структуре ФС и т.д. Активная реакция конкурентов на создание обеспечивающих СИМ также может обусловить изменение структуры и характеристик её систем управления, совершенствование обеспечивающих их средств, развитие средств и способов противодействия применению СИМ. Кроме того, ошибки прогнозирования облика СИМ повышают степень неопределенности его контрдействий.

Неопределенность условий целевого применения СИМ можно разделить на неопределенности двух типов: независимую и зависимую от облика СИМ. Первая из них относится к “природной” неопределенности [8, 9]. Её влияние на задачу синтеза СИМ проявляется в основном в погрешностях количественного определения отношения R . “Природная” неопределенность может быть парирована использованием критериев Вальда, Сэвиджа, Гурвица или Лапласа, допускающими ту или иную степень риска χ субъекта синтеза. При этом постановка задачи синтеза СИМ может быть записана в следующем виде:

$$V^{opt}(\chi) = \text{Max} \langle V_D, R(\chi) \rangle. \quad (3)$$

Неопределенность, зависящая от облика СИМ, обусловлена в основном стратегиями действий конкурирующих ФС. Конкретный вид их предсказать заранее нельзя, но можно указать некоторый возможный набор таких стратегий. Это приводит к многозначности отношения и к постановке задачи синтеза СИМ и неопределенность условий её целевого применения, вызванная реакцией конкурирующих ФС, одинаково влияют на постановку задачи синтеза СИМ, приводя её к виду (2). Аналогичный факт известен в теории исследования операций [8].

Постановка задачи синтеза СИМ может изменяться в зависимости от информированности конкурирующих ФС и специалистов синтеза о принятых другой стороной решениях:

- каждая из сторон не имеет никакой информации о другой стороне. В этом случае выбор того или иного решения за конкурента связан с риском, и постановка задачи будет иметь вид (3);

- специалистам синтеза известны стратегии действий конкурирующих ФС на создание СИМ. Тогда решение задачи синтеза ищется аналогично, как и для фиксированных “природных” неопределенностей;

- конкурирующим ФС известен облик СИМ. Учитывая, что его время реакции сопоставимо с циклом разработки СИМ, специалисты синтеза, выбирая, могут управлять стратегиями действий конкурирующих ФС. В этом случае задача синтеза СИМ приобретает рефлексивный характер, а её постановка имеет вид:

$$V^{opt} = \text{Max} \langle V_D, R(V^{opt}) \rangle. \quad (4)$$

В ходе синтеза СИМ специалисты синтеза используют базу знаний и технические элементы синтеза, соответствующие накопленному опыту разработки СИМ аналогичного назначения и достигнутому уровню развития методологии синтеза. В настоящее время математические постановки задач синтеза СИМ не в полной мере учитывают ряд факторов (в первую очередь, неформали-

зуемых). Математические модели строго адекватны процессам целевого применения различного типа структур и систем специального назначения. Исходные данные синтеза содержат погрешности. Вследствие этих причин, а также других, аналогичного характера, возникают неопределенности, которые по своему влиянию на результаты синтеза СИМ могут быть отнесены к “природным” неопределенностям.

К “природной” неопределенности может быть отнесена также неопределенность условий реализации требований к СИМ, являющаяся следствием недостаточности знаний о тенденциях развития информационных технологий, элементной базы, ограниченного финансирования разработки средств специального назначения и др.

Постановка задачи синтеза СИМ при наличии таких неопределенностей сводится к (3).

Разный характер неопределенностей обуславливает и разные принципы их разрешения. Известны два основных принципа: принцип гарантированного результата [8] и принцип последовательного разрешения [11].

Принцип гарантированного результата применительно к задаче синтеза СИМ может быть сформулирован: при заданной информированности специалистов синтеза о неопределенных факторах решение задачи должно находиться при наихудших для СИМ значениях этих факторов. Этот принцип реализуется при постановке задачи синтеза СИМ соответствующим выбором отношения R .

Принцип последовательного разрешения неопределенностей требует поэтапного решения задачи синтеза СИМ по мере конкретизации и детализации представлений об облике СИМ и её окружений. В результате быстро сокращается множество допустимых вариантов СИМ за счет исключения на каждом этапе неконкурентоспособных вариантов, а также последовательно парированы существенные для данного этапа неопределенности. В отличие от принципа гарантированного результата принцип последовательного разрешения реализуется не в постановке задачи синтеза СИМ, а в процедуре её решения через информационную и организационную структуру специалистов синтеза.

Отсутствие у ряда неопределенностей вероятностных характеристик или их незнание исключает возможность статистического обоснования решения задачи синтеза СИМ. В этих условиях нельзя предъявлять слишком высокие требования к точности решения задачи. Вместо поиска единственного “оптимального” варианта СИМ должно быть сформировано некоторое множество приемлемых вариантов. В пределах это-

го множества и должен быть найден предпочтительный вариант СИМ, максимально привлекая к решению задачи заказчика и разработчиков элементов специального назначения. Поэтому при синтезе СИМ концепция поиска оптимального решения должна быть заменена на концепцию поиска наиболее обоснованного решения.

3. Декомпозиция и агрегирование задачи синтеза СИМ

При решении задачи синтеза СИМ возникает ряд трудностей, обусловленных:

- большой мощностью множества вариантов V_D , а также большой размерностью и многовариантностью вектора её параметров $v \in V_D$;
- сложностью количественной проверки отношения R на множестве V_D ;
- невозможностью построения “универсального” отношения R , пригодного для нахождения предпочтительных вариантов СИМ по всем элементам синтеза.

Для преодоления этих трудностей проводится декомпозиция задачи синтеза СИМ на частные задачи, образующие в совокупности многоуровневую иерархическую систему и последующее агрегирование (свертывание, обобщение) их решений в общем.

Декомпозиция и агрегирование задачи синтеза СИМ может проводиться по аспектам и по уровням синтеза [1]. Первая из них основывается на установлении отношения иерархии между парами аспектов синтеза: “аспект целевого применения – технический аспект” и “организационно-функциональный аспект – системно-технический аспект”. Декомпозиция по уровням синтеза основывается на воспроизведении в иерархической структуре системы частных задач синтеза иерархической структуры СИМ.

При декомпозиции и агрегировании задачи синтеза СИМ в контексте “аспект целевого применения – технический аспект” множество допустимых вариантов V_D представляется в виде пересечения двух подмножеств: множества вариантов СИМ, допустимых с позиции целевого применения V_D^U и множества вариантов СИМ, допустимых с позиции технической реализуемости V_D^T , то есть $V_D = V_D^U \cap V_D^T$, $V_D^U \subseteq V_D^T$. Отношение предпочтения R также разделяется на два отношения, которые обозначим соответственно $R^U \subseteq V_D^U$ и $R^T \subseteq V_D^T$. Такое разделение множеств обусловлено несколькими причинами. Во-первых, принципиально отличаются предметные области исследований специалистов по целевому применению СИМ и специалистов по разработке элементов специального назначения. Соответствен-

но отличаются и применяемые ими модели и методики. Во-вторых, специалисты по целевому применению СИМ более полно представляют цели заказчика, задачи СИМ, условия её целевого применения. Поэтому именно от них должно исходить задание по формированию множества V_D . С другой стороны, специалисты по разработке элементов специального назначения более детально знают о возможностях разработчика, существующих технологиях, элементной базе, обладают опытом реальных разработок СИМ. Это позволяет им в отличие от специалистов по целевому применению СИМ более обоснованно с учетом практической технической реализуемости сформировать множество V_D . В-третьих, модели и методики специалистов по целевому применению СИМ малочувствительны к ряду технических характеристик входящих в её состав элементов специального назначения. Вследствие этого ядро, полученное по отношению R^U на множестве V_D^T будет содержать неприемлемо большое число предпочтительных вариантов СИМ, подлежащих дальнейшему анализу. Как правило, специалисты по целевому применению СИМ оперируют небольшим числом принципиально различающихся её допустимых вариантов (концепций СИМ), описываемых ограниченным набором наиболее существенных параметров. Поэтому на множестве V_D^T каждая концепция СИМ представляется классом эквивалентности по отношению R^U . И, наконец, в-четвертых, проработка вопросов технической реализуемости концепций СИМ и дальнейшая детализация её облика приводят к увеличению размерности вектора v , усилению мощности множества V_D^T и, соответственно, к увеличению трудоемкости процедуры выбора. Поэтому отношение R^T должно быть сравнительно простым, чтобы обеспечить быструю отбраковку неконкурентоспособных вариантов из множества V_D^T .

Декомпозиция и агрегирование задачи синтеза СИМ в контексте “аспект целевого применения – технический аспект” (при ведущем подпроцессе синтеза “целевое применение”) приводит к постановке двух взаимосвязанных задач синтеза

$$\begin{aligned} V^{opt} &= V^{U\ opt} = \text{Max} < V_D^U, R^U >; \\ V_D^U &= f^U (V^{T\ opt}); \\ V^{T\ opt} &= \text{Max} < V_D^T, R^T >; \\ V_D^T &= f^{B(-1)} (V_D^T), \end{aligned} \tag{5}$$

где f^U – функция агрегирования;

$f^{B(-1)}$ – функция декомпозиции задачи синтеза СИМ.

При ведущем подпроцессе “технический аспект” постановка задач (5) примет другой вид

$$\begin{aligned}
 V^{opt'} &= V^{opt'} = \text{Max} \langle V_D^{T'}, R^T \rangle; \\
 V_D^{T'} &= f^T (V^{II\ opt'}); \\
 V^{II\ opt'} &= \text{Max} \langle V_D^{II'} \rangle; \\
 V_D^{II'} &= f^{T(-1)} (V_D^{T'}),
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

где f^T и $f^{T(-1)}$ – соответственно функции декомпозиции и агрегирования задачи синтеза СИМ при ведущем подпроцессе синтеза “технический аспект”.

Функции f и f^{-1} в постановках задачи (5) и (6) не имеют аналитического вида. Поэтому процедуры декомпозиции и агрегирования осуществляются специалистами синтеза эвристически. Их взаимосвязь обусловливает необходимые информационные связи между специалистами по целевому применению СИМ и по её техническому аспекту. В ходе синтеза СИМ специалисты по целевому применению, не вдаваясь в детали, формируют множество концепций СИМ, характеризующих лишь в общих чертах возможные принципиально отличающиеся варианты её облика. Для этого используется прогнозная информация о технической реализуемости наиболее существенных характеристик СИМ, содержащаяся в исходных данных синтеза, а также информация о разработанных ранее и/или разрабатываемых СИМ аналогичного или близкого назначения, содержащаяся в базе знаний синтеза. Далее эти варианты передаются специалистам по техническому аспекту. Одновременно к ним поступают данные по используемому отношению R^{II} , условиям целевого применения СИМ, ограничениям. Определенные специалистами по целевому применению характеристики СИМ становятся для специалистов по техническому аспекту требованиями, подлежащими технической реализации. Получив необходимую информацию, специалисты по техническому аспекту на основе проработок технического облика концепций СИМ формируют множество её допустимых вариантов $V_D^{T'}$ и выбирают из них по отношению R^T предпочтительные. Эти варианты передаются специалистам по целевому применению, причем в целях устранения избыточности в описании облика СИМ её технические характеристики обобщаются с использованием функции агрегирования f .

Специалисты по целевому применению и специалисты по техническому аспекту должны одинаково понимать, что такое предпочтительный вариант СИМ. Поэтому их постановки задач синтеза должны быть определенным образом согласованы: результаты решения частной задачи верхнего уровня иерархии являются директивной информацией для частной задачи нижнего уровня иерархии, обобщенные результаты решения последней яв-

ляются исходными данными для первой. Математически условие согласованности постановок задач синтеза СИМ в контексте “аспект целевого применения – технический аспект” (при ведущем подпроцессе синтеза “целевое применение”) формулируется следующим образом.

Определение. Задача $V^{T\ opt} = \text{Max} \langle V_D^{T'}, R^T \rangle$ называется f -согласованной с $V^{II\ opt} = \text{Max} \langle V_D^{II'}, R^{II} \rangle$ задачей, если

- 1) $V_D^{II'} \in V_D^{T'}$;
- 2) $(\forall v^{II'}, v^{II''} | v^{II'} R^{II} v^{II''}) \wedge (\forall v^{T''} \in f^{II(-1)}(v^{II''})) \Rightarrow (v^{T'} \in f^{T(-1)}(v^{II''}) | v^{T'} R^T v^{T''})$;
- 3) $(v^{T'} R^T v^{T''} \wedge v^{T''} \bar{R}^T v^{T'}) \Rightarrow (f(v^{T'}) R^{II} f(v^{T''}) \wedge f(v^{T''}) \bar{R}^{II} f(v^{T'}))$,

(7)

где f – согласованность задач синтеза означает, что предпочтительный вариант СИМ остается предпочтительным при переходе с аспекта целевого применения на технический аспект и обратно, то есть процедуры декомпозиции и агрегирования не должны изменять свойств внешней устойчивости ядер отношений R^{II} и R^T .

Очевидно, что при этом функция агрегирования f должна быть гомоморфизмом задачи $V^{T\ opt} = \text{Max} \langle V_D^{T'}, R^T \rangle$ в задачу $V^{II\ opt} = \text{Max} \langle V_D^{II'}, R^{II} \rangle$.

Аналогичное определение можно сформулировать для случая, когда ведущим подпроцессом синтеза является “технический аспект”.

Декомпозиция и агрегирование задачи синтеза СИМ в контексте “организационно-функциональный аспект – системотехнический аспект”, используемые при этом постановки задач, требования по их f – согласованности, взаимодействие специалистов, в основном, такие же, как и в контексте “аспекте целевого применения – технический аспект”. Их особенностью является частая смена в ходе синтеза ведущего подпроцесса с организационно-функционального на системотехнический и обратно.

В декомпозиции и агрегировании задачи синтеза СИМ выделяются вертикальное и горизонтальное направления. В вертикальном направлении каждый из нижестоящих уровней синтеза соответствует всё более возрастающей степени детализации рассмотрения СИМ. Однако это приводит к увеличению размерности задачи и обуславливает необходимость её разделения в горизонтальном направлении (в рамках одного уровня синтеза). В основе такого разделения лежит допущение о слабой взаимозависимости между определенным образом выделенными составными частями СИМ. В результате появляется возможность решать частные задачи синтеза отдельных подсистем СИМ независимо друг от друга.

Рассмотрим постановку задачи синтеза СИМ для вертикального направления её декомпозиции и агрегиро-

вания. Обозначим N число уровней синтеза. Наибольший номер $i = N$ присвоим уровню внешнего синтеза. Тогда можно записать следующее рекуррентное соотношение:

$$\begin{aligned} V_i^{opt} &= \text{Max} \langle V_{Di}, R_i \rangle, \\ V_{Di} &= H_i [g_{i+1}^{-1}(V_{Di+1})]; \\ g_i(\text{Max} \langle V_{Di-1}, R_{i-1} \rangle), & \quad 1 = \overline{1, N}, \end{aligned} \quad (8)$$

где g_i, g_i^{-1} – функции агрегирования и декомпозиции i -го уровня синтеза;

H_i – функционал, обеспечивающий формирование множества допустимых вариантов СИМ на i -м уровне синтеза.

Как видно из (8), предпочтительные варианты СИМ на i -м уровне непосредственно обусловлены выборами на верхнем и нижнем системных уровнях синтеза, а в общем – на всех уровнях синтеза. Найти решение задачи (8) сразу невозможно. Это достигается путем многократного возвратно-поступательного (не итерационного) движения процесса синтеза по уровням синтеза.

Взаимодействие специалистов разных уровней синтеза осуществляется следующим образом. Представители верхних уровней синтеза передают на нижние уровни информацию директивного характера, содержащую данные о задачах, решаемых СИМ, её составными частями, об условиях целевого применения СИМ, ограничениях. Эта информация одновременно учитывает результаты прогноза достижимых характеристик СИМ, поступающие и нижних уровней синтеза. Кроме того, представители верхнего уровня синтеза передают данные об используемом отношении предпочтения. На основании этой информации представители верхнего уровня синтеза прорабатывают с требуемой детализацией облик СИМ, используя принятые на этих уровнях отношения предпочтения. Результаты выбора передаются на верхний уровень синтеза.

Для согласования задач синтеза СИМ смежных уровней необходимо выполнение условий f – согласованности (7).

В горизонтальном направлении декомпозиции и агрегирования задачи синтеза СИМ возможны два предельных случая:

- задачи данного уровня синтеза являются декомпозицией задачи верхнего смежного уровня синтеза;
- задачи данного уровня синтеза являются декомпозицией задачи верхнего не смежного уровня синтеза.

В первом случае при формировании множества V_{Di} результаты решения частных задач синтеза передаются с нижних уровней посредством функций агреги-

рования $g_i^{(k_i)}$, $k_i = 1, 2, \dots$ – номер частной задачи синтеза i -го уровня, во-вторых, после обобщения на верхнем $(i+1)$ -м уровне посредством функции декомпозиции g_{i+1}^{-1} . С учетом этого в (8) соотношение для V_{Di} будет иметь другой вид

$$\begin{aligned} V_{Di} &= H_i \{ g_{i+1}^{-1} [H_{i+1} (g_{i+2}^{-1} (V_{Di+2}), \\ & V g_{i+1}^{(l_{i-1})} (\text{Max} \langle V_{Di-1}^{(l_{i-1})}, R_{Di-1}^{(l_{i-1})} \rangle)]); \\ & V g_1^{(k_{i-1})} (\text{Max} \langle V_{Di-1}^{(k_{i-1})}, R_{Di-1}^{(k_{i-1})} \rangle) \}; \\ l_{i-1} &= \overline{1, L_{i-1}}, \quad k_{i-1} = \overline{1, K_{i-1}}, \end{aligned} \quad (9)$$

где L_{i-1} – число задач синтеза $(i-1)$ -го уровня, смежных с задачей синтеза $(i+1)$ -го уровня;

K_{i-1} – число задач синтеза $(i-1)$ -го уровня, смежных с задачей синтеза i -го уровня.

Функции $g_{i+1}^{(l_{i-1})}, g_1^{(k_{i-1})}$ могут влиять друг на друга через общие или зависимые характеристики СИМ. Это обуславливает специфику согласования задач синтеза в рамках горизонтального направления декомпозиции и агрегирования.

Определение. Задача $V_i^{opt} = \text{Max} \langle V_{Di}, R_i \rangle$ называется g -согласованной по совокупности с задачами

$$V_{i-1}^{opt} = \text{Max} \langle V_{Di-1}^{(k_{i-1})}, R_{i-1} \rangle, \quad k_{i-1} = \overline{1, K_{i-1}},$$

если каждая из них является f -согласованной с задачей верхнего смежного уровня синтеза; g -согласованность по совокупности означает достижение компромисса между специалистами в представлениях о предпочтительных вариантах составных частей СИМ данного уровня.

Очевидно, что g -согласованность по совокупности может быть достигнута только путем возвратно-поступательного движения процесса синтеза.

Взаимодействие специалистов по горизонтали может осуществляться непосредственно путем обмена результатами решения частных задач синтеза или опосредственно через специалистов верхнего уровня синтеза путем корректировки директивной информации, передаваемой ими на нижние уровни синтеза.

Таким образом, предложенные методологические основы синтеза СИМ позволяют для объективно существующей нечеткости и неопределенности исходных представлений о системе (структуре), её задачах, составе и способах функционирования на начальной стадии жизненного цикла сформировать на основе методов анализа и синтеза сложных систем, исследования операций и принятия решений общий подход к решению поставленной задачи. Предложенный методический подход к декомпозиции и агрегированию решения задачи синтеза СИМ, вследствие большой мощности вариантов систем (структур), невозможности построения и сложно-

сти количественной проверки отношения предпочтения для нахождения предпочтительных вариантов СИМ, обеспечивает проведение её анализа и синтеза при решении

задачи обеспечения конкурентоспособности ФС на различных этапах конфликта.

Литература

1. Мистров ЛЕ. *Методологические основы синтеза информационно-обеспечивающих функциональных организационно-технических систем* / ЛЕ. Мистров, Ю.С. Сербулов. – Воронеж: Научная книга, 2007. – 232 с.
2. Цыганов В.В. *Информационный менеджмент. Механизмы управления и борьбы в бизнесе и политике* / В.В. Цыганов, С.Н. Бухарин. – М.: Академический Проект, 2009. – 506 с.
3. Шоломов ЛА. *Применение логических методов в задачах согласованного выбора* / ЛА. Шоломов. – М.: ВНИИСИ, 1978.
4. Бомбин АМ. *Синтез сложной системы в условиях конфликта / Теория конфликта и ее приложения. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции* / АМ. Бомбин. – Воронеж: Научная книга, 2004. – С. 93 - 96.
5. Айзерман МА, Малишевский АВ. *Проблемы логического обоснования в общей теории выбора* / МА. Айзерман, АВ. Малишевский. – М.: Институт проблем управления, 1980.
6. Кини РЛ. *Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения* / РЛ. Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
7. Юдин ДБ. *Вычислительные методы теории принятия решений* / ДБ. Юдин. – М.: Наука, 320 с.
8. Гермейер ЮБ. *Введение в теорию исследования операций* / ЮБ. Гермейер. – М.: Наука, 1971. – 383 с.
9. Вентцель ЕС. *Исследование операций* / ЕС. Вентцель. – М.: Сов. радио, 1972. – 552 с.
10. Лефевр ВА. *Конфликтующие структуры* / ВА. Лефевр. – М.: Сов. радио, 1973. – 159 с.
11. Федулов АА. *Введение в теорию статистически ненадежных решений* / АА. Федулов, ЮГ. Федулов, ВН. Цыгичко. – М.: Статистика, 1979.

Материал поступил в редакцию 28. 11. 2011 г.