

Подход к учёту компетентности специалистов синтеза технических систем

Л.Е. Мистров,
доц., д.т.н., проф., *mistrov_le@mail.ru*
ВУНЦ ВВС «ВВА», Центральный филиал РГУП, г. Воронеж

Предлагается подход к учёту компетентности специалистов синтеза при выборе предпочтительного варианта облика технических систем с учетом их априорной осведомленности о характеристиках составляющих его элементов (в первую очередь, подсистем).

Approach to accounting of competence of experts of synthesis at the choice of preferable option of shape of technical systems taking into account their aprioristic awareness on characteristics of the elements making him is offered (first of all, subsystems).

Современные технические системы (ТС) характеризуются большим количеством качественно-количественных параметров, наличием сложных зависимостей между ними, обуславливающих неопределенность в способах решения ими поставленных задач. Моделирование их разработки на всех уровнях организационного построения представляет сложную и трудоемкую задачу, обуславливая для ее решения на этапах анализа и синтеза предпочтительных вариантов построения использование методов оптимизации.

В общем случае формирование облика (состава, технических характеристик и алгоритмов функционирования) ТС основывается на методе функционального синтеза решением задачи ее построения из m -го количества возможных вариантов различного уровня элементов, на котором у специалистов синтеза – лиц, принимающих решение (ЛПР) отсутствует неопределенность информации об их облике. Его реализация осуществляется декомпозицией сформулированной в техническом задании (ТЗ) цели создания ТС на взаимосвязанную и взаимообусловленную совокупность элементов (функциональных подсистем / комплексов и средств) с установлением на иерархических уровнях соответствующего типа и функциональной принадлежности элементов. Так как в основу синтеза ТС положен блочно-функциональный принцип построения, то на каждом уровне системы определяются, вытекающие из ее предназначения элементы, ответственные за решение характерных только для них функциональных задач. Такое построение ТС обеспечивает формирование на каждом ее уровне множества возможных вариантов, подлежащих анализу и выбору из них предпочтительных с использованием методов оптимизации на множестве заданных в ТЗ условий, требований, которые представляются в виде вектора показателей качества различных свойств и ограничений.

Основу выбора предпочтительных вариантов ТС составляют знания и опыт проектирования или компетентность ЛПР. От их компетентности на этапах уяснения поставленной в ТЗ на построение ТС, уточнения (при необходимости) типовых условий и ограничений на ее применение, обоснования показателей качества свойств отдельных средств, подсистем и системы, критерия эффективности, разработки математических методов их оценки эффективности, проведения на основе их количественного анализа и выбора предпочтительных ее вариантов в значительной мере зависят результаты выполнения требований задания. Проведенный анализ работ по методам синтеза ТС показал, что вопросы, связанные с выбором оптимального варианта облика ТС по векторным критериям эффективности на множестве допустимых вариантов с учетом компетентности ЛПР, в настоящее время не получили должного развития и представляют актуальную задачу для разработки различной сложности систем. Это определило цель статьи, направленной на установление зависимости результатов синтеза ТС по векторному критерию эффективности от компетентности ЛПР с учетом их информированности о характеристиках ее элементов.

Основу синтеза ТС составляет обоснование ее облика как функции предпочтительных вариантов обликов ее элементов, в первую очередь, первого уровня декомпозиции – уровня функциональных подсистем. При наличии априорной информации об их характеристиках принятие решений по выбору облика ТС осуществляется в условиях определенности и не вызывает значительных трудностей. Это, как правило, отсутствует в задаче формирования облика ТС на этапе внешнесистемного синтеза при разработке ТЗ, вследствие существенной на этапе неполноты, неточности и размытости информации об ее облике и характеристиках элементов, обуславливая снижение информированности ЛПР о решаемых задачах ТС, условиях ее применения и ограничениях. Результатом этого является принятие ЛПР решений по формированию предпочтительного облика ТС. Исходя из этого, исследование компетентности ЛПР на этапе внутрисистемного синтеза для последующего формирования (уточнения) облика ТС осуществляется в условиях некоторой вероятностной определенности информации, разрешимой при принятии соответствующих структуре ТС решений, например, на основе Байесовского подхода.

Пусть имеется j -ых. $j=1, \dots, y_{ij}$ исходных вариантов ТС, характеризующихся на i -ых $i=\overline{1, m}$ иерархических уровнях ее облика некоторым множеством $y_i \in D$, $D = D_1 \times D_2 \times \dots \times D_m$ элементов. Каждый вариант y_i определяется некоторым множеством показателей эффективности ТС. Выбор варианта связан с определенным значением вектора критериев эффективности $U = (u_1(y_1), u_2(y_2), \dots, u_m(y_m))$ на множестве j -ых вариантов i -го типа элементов ТС. Задача выбора предпочтительного варианта ТС формулируется следующим образом.

Заданы: цель разработки (Z), условия (W) и ограничения (O) на построение и применение ТС, облик j -го варианта i -го типа элементов $\{S_{ij}\}$, вектор выходных показателей качества элементов $\bar{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, требуется для j -го варианта i -го типа элементов на S_{ij} множестве возможных вариантов облика ТС определить ее оптимальный вариант по экстремальному (максимальному или минимальному) значению критерия эффективности в виде:

$$Q = \underset{Opt S_{ij}}{extr} U(Z, \bar{Y}, O, y_{ij}, S_{ij}, F_{ij}, W) \quad \forall y_i \in D,$$

при $D: D_1 \times D_2 \times \dots \times D_m, \quad A_i \leq y_i \leq B_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad f_\mu = (y_i) \leq 0, \quad \mu = 1, 2, 3, \dots,$

где $Opt S_{ij} \forall y \in D$ – метод оптимизации (оператор), обеспечивающий реализацию правила выбора предпочтительного варианта ТС на $\{S_{ij}\}$ множестве вариантов построения; y_{ij} – вариант ТС, характеризуемый множеством $Y = (y_1, \dots, y_m)$ показателей качества i -го типа элементов и задающий параметрические ограничения на D область поиска решений, $y_i \in S_{ij}$; $U = (u_1(y_1), u_2(y_2), \dots, u_m(y_m))$ – вектор показателей эффективности (полезности) ТС; F_{ij} – информационная составляющая ЛПР, характеризующая его компетентность при принятии решений относительно j -го варианта i -го элемента ТС; A, B – параметрические ограничения на область поиска, вариантов решений; f_μ – функциональные ограничения на D область поиска допустимых вариантов ТС.

Основу процесса синтеза ТС составляет: совокупность i -го типа элементов для генерирования вариантов ТС на $\{S_{ij}\}$ множестве вариантов и методы поиска предпочтительного варианта по заданному критерию эффективности ТС.

В общем случае формирование ТС осуществляется направленным перебором сформированного $\{S_{ij}\}$ множества вариантов элементов на основе метода морфологического поиска. Для этого ТС представляется в виде дерева с i -ым числом уровней вариантов элементов. Каждое состояние дерева характеризуется составом конкретных элементов, которые включаются в генерируемый вариант ТС. Процесс генерирования вариантов ТС связан с некоторой блочно-функциональной структурой, в которой ее каждый i -ый уровень характеризуется определенной степенью функциональной идентифицированности элементов.

Процесс синтеза j -го варианта ТС представляется в виде цепочки последовательно выполняемых переходов $I_0 \rightarrow I_1 \rightarrow \dots \rightarrow I_k \rightarrow \dots \rightarrow I_{m-1} \rightarrow I_m$ содержательного преобразования информации. Он характеризует каждое состояние дерева решений $I_j = (S_{ij}, Q_j(F_{ij}))$ или j -е состояние процесса синтеза ТС, где S_{ij} – множество всех i -го типа элементов, идентифицированных в j -й точке процесса синтеза ТС; Q_j – векторный критерий оптимизации, на основе которого ЛПР осуществляет выбор предпочтительного варианта ТС; F_j – информационная характеристика представления ЛПР о данном состоянии процесса синтеза ТС, основанная на учете его компетентности.

Описание перехода $I_j \rightarrow I_i$ составляет основу синтеза ТС, включающего формализацию процесса перехода $S_j \rightarrow S_i$, т.е. процессы генерирования вариантов, оценки и выбора среди них предпочтительного, что связано с представлением R_j пространства состояний ТС как функции информационной составляющей компетентности (ИСК) F_{ij} ЛПР о j -ом варианте i -ых элементов.

Алгоритм синтеза ТС применительно к одноуровневому оператору Opt_i генерирования и оценки j -ых вариантов элементов состоит в следующем:

1. Проводятся исследования и осуществляется анализ результатов, которые были получены в j -й точке процесса синтеза ТС: фиксируется составляющая состояния процесса синтеза S_{K^*} с использованием для генерирования j -х вариантов тех или иных правил генерирования; для каждой q -й компоненты \bar{Y} вектора выходных характеристик ТС определяется вероятность получения y^q выходного результата и фиксируется возможный результат \bar{Y}^* .

2. Для данного состояния процесса синтеза ТС корректируется информационная составляющая компетентности ЛПР на основе апостериорного распределения ИСК ЛПР о q -й компоненте θ параметра j -го варианта решения в предположении однородности f_j^q ИСК ЛПР в процессе синтеза определяется в виде: $p_{ij}^q(y^q) = \sum_{\theta} g_i^q(y^q | f_j^q) f_j^q$ [1],

где F_{ij} – ИСК ЛПР с учётом его представления о каждом состоянии процесса синтеза облика ТС в силу своих знаний и опыта реального проектирования, выражаемая плотностью вероятности $F_j = (f^1(\theta^1), f^2(\theta^2), \dots, f^q(\theta^q), \dots, f^p(\theta^p))$; относительно q -й компоненты, определяемая из принципа убывания информационной значимости ее влияния на достижение желаемых выходных характеристик ТС, например, его среднее значение; G_i – функции правдоподобия, определяющая степень правдоподобия (компетенции) ЛПР об информации о выборе конкретных i -ых элементов ТС, связанная с применением оператора Opt_i в виде: $G_i = \{g_i^1(y^1 | \theta^1), g_i^2(y^2 | \theta^2), \dots, g_i^p(y^p | \theta^p)\}$; $G_i^q = g_i^q(y^q | \theta^q)$.

3. Для каждой q -ой компоненты вектора выходных характеристик ТС вычисляется функция ее полезности по формуле среднего Байесовского риска.

4. Если проведены не все исследования, которые возможны в данной точке процесса синтеза ТС, осуществляется возврат к п. 1 и проводятся дополнительные вычисления.

5. Когда все вычисления на данном уровне проведены, определены все компоненты векторных критериев Q для каждого j -го решения осуществляется процесс выбора варианта ТС.

6. Далее осуществляется переход на $(i+1)$ -й уровень и алгоритм повторяется.

Метод может быть рекомендован для синтеза ТС, требующих обоснованного выбора предпочтительного варианта на множестве генерируемых элементов с учетом компетентности ЛПР – специалистов синтеза.

Литература

1. Мальковская Л.И. О процедуре эвристического синтеза технической системы на ранних этапах проектирования / Л.И. Мальковская, М.И. Ануфринчук. – М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1982.