

УДК 004.414.2

Ю. Я. Самохвалов¹, Е. М. Науменко², О. И. Бурба³

¹ВИТИ НТУУ «КПИ»

ул. Московская, 45/1, 01015 Киев, Украина

²Институт проблем регистрации информации НАН Украины

ул. Н. Шпака, 2, 03113 Киев, Украина

³В/Ч А1906

Информационно-технологический подход к комплексному обоснованию требований к автоматизированным системам

Рассмотрен один из возможных подходов к обоснованию требований к автоматизированным системам, методологическую основу которого составляют модели и методы построения облика системы и плана его реализации, позволяющие обеспечить комплексность формирования обоснованных требований в рамках одного информационно-функционального процесса.

Ключевые слова: обоснование, требования, технический облик, автоматизированная система, информационная технология, средства обработки информации, алгоритм, модель, граф.

Введение

Формирование требований является наиболее важной и ответственной стадией жизненного цикла любой сложной технической системы. Различают два класса требований: требования пользователя к системе (оперативно-тактические) и технические, которые включают тактико-технические и технико-экономические требования. В данной статье рассматриваются вопросы обоснования требований второго класса.

С точки зрения процедурного аспекта, формирование требований можно интерпретировать как некоторое отображение исходных данных в требования к системе. При этом их обоснованность непосредственно зависит от аргументированности соответствующих исходных данных.

В современной методологии формирования требований к техническим системам [1–5] в качестве информационной основы рассматривается их облик, который является конкретным представлением концепции (техническим портретом) системы и отражает ее структуру, принципы построения и алгоритмы функциони-

© Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко, О. И. Бурба

рования, а также решения о составе видов обеспечения, которые в значительной мере определяют менеджмент на этапе разработки системы. Таким образом, облик системы и план его реализации являются той информационной средой, которая позволит комплексно сформировать обоснованные тактико-технические и технико-экономические требования к автоматизированной системе (АС) в рамках одного информационно-функционального процесса.

Построение облика автоматизированной системы

Информационной основой процесса построения облика системы являются характеристики функционирования объекта автоматизации (ОА), которые, как правило, формируются в результате его обследования. Поскольку различные аспекты обследования таких объектов широко освещены в литературе [6–8], поэтому их обсуждение мы оставляем за рамками данной статьи.

Вопросы построения облика АС на уровне формальных механизмов достаточно полно рассмотрены в [9], поэтому с целью целостного восприятия данного материала, приведем основные положения этой работы.

Согласно [9] задача построения облика АС заключается в выборе такого варианта ее построения, который бы наилучшим образом отвечал требованиям к системе. Эта задача включает две взаимосвязанные частные задачи: формирование алгоритма решения задач ОА с использованием информационных технологий (ИТ) и определение моделей обработки информации, которые обеспечивают реализацию данного алгоритма в системе и являются ее системообразующими элементами. Поскольку ИТ и модели обработки информации представляют собой инкапсуляции системно согласованных аппаратно-программных средств, следовательно, это позволит сформировать обоснованные тактико-технические требования к системе.

Разработка плана реализации облика системы

Под таким планом понимается упорядоченная совокупность планов создания компонент соответствующих видов обеспечения системы. В основу построения плана положим усовершенствованную модель целевого прогнозирования В.М. Глушкова [10], которая среди известных методов планирования наиболее адекватно отображает такие этапы этого процесса как формирование альтернативных планов создания компонент, их оценку и выбор наиболее рациональных планов и на их основе формирование плана реализации облика системы.

В терминах этой модели построение плана рассматривается как глобальная цель G , а создание каждой компоненты соответствующего вида обеспечения выступает в качестве основной цели $s_i, i = \overline{1, m}$. Кроме этого определяются так называемые промежуточные цели $s_{m+1}, s_{m+2}, \dots, s_{m+n}$, в качестве которых могут выступать соответствующие работы, необходимые для достижения основных целей.

Затем для каждой цели $s_i, i = \overline{1, m+n}$ привлекается группа экспертов, формулирующих условия $s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{ik_i}$ их достижения и дающих оценки времени достижения цели s_i после выполнения поставленного условия.

Оценки времени j -го эксперта задаются в виде

$$\tilde{t}_{ij} = [t'_{ij}, t''_{ij}],$$

где t'_{ij}, t''_{ij} — соответственно оптимистическая и пессимистическая оценки времени достижения цели s_i , которые задаются в семидневных терминах.

На основе этих оценок согласно [10] определяется наиболее вероятное время T_i достижения цели s_i .

Далее для каждой цели s_i вычисляется степень согласованности экспертных оценок, в качестве которой используется мера надежности экспертизы (коэффициент вариации)

$$\xi_i = \sigma_i / \bar{t}_i,$$

где σ_i — среднее квадратичное отклонение оценок t_j ($j = \overline{1, l_i}$); $\bar{t}_i = T_i$ — их среднее значение.

Практика применения методов экспертных оценок показывает, что если $\xi_i \leq 0,3$, то результаты экспертизы можно считать удовлетворительными, а если $\xi_i \leq 0,2$ — то хорошими [11]. В противном случае осуществляется уточнение условий и оценок экспертов и вычисляется новое наиболее вероятное время достижения каждой цели. В результате уточненные условия для целей s_i рассматриваются как альтернативные планы $pl_{ij}(s_{ij1}, s_{ij2}, \dots, s_{ijk_j})$ их достижения. При этом если имеются одинаковые планы, то они рассматриваются как один альтернативный план.

Следующей задачей является выбор для каждой основной цели s_i наиболее рационального плана pl_{rat}^i ее достижения. В качестве критериев выбора выступают вероятность, время и стоимость реализации альтернативного плана pl_{ij} .

Вероятность p_{ij} того, что реализация плана pl_{ij} позволит достичь цели s_i , вычисляется как

$$p_{ij} = \sum_{k=1}^{l_{ij}} v_{ik},$$

где $l_{ij} \leq l_i$ — количество экспертов, которые сформировали план pl_{ij} ; v_{ik} — весовой коэффициент соответствующего эксперта.

Под временем реализации плана pl_{ij} понимается наиболее вероятное время T_{ij} , в качестве которого выступает медиана Med_{ij} распределения вероятности $p_{ij}(t)$, построенного на основе оценок тех экспертов, которые высказались за этот план.

Стоимость w_{ij} реализации плана pl_{ij}^l определяется следующим образом. Пусть $\tilde{w}_{ijk} = [w'_{ijk}, w''_{ijk}]$ — оценка стоимости выполнения k -й работы этого плана, заданная r -м экспертом, где w'_{ijk} и w''_{ijk} — минимальная и максимальная стоимости этой работы. Тогда стоимость w_{ij} представляется как:

$$w_{ij} = [w'_{ij}, w''_{ij}], \quad (1)$$

где $w'_{ij} = \sum_{k=1}^m w'_{ijk}$; $w''_{ij} = \sum_{k=1}^m w''_{ijk}$; $w'_{ijk} = \sum_{l=1}^n v_r \cdot w'_{ijkl}$; $w''_{ijk} = \sum_{l=1}^n v_r \cdot w''_{ijkl}$; v_r — нормированный весовой коэффициент r -го эксперта.

Учитывая метрический характер данных критериев, для решения этой задачи целесообразно использовать подход [12]. В результате совокупность планов pl_{rat}^i будет представлять план PL_{AC} реализации облика АС:

$$PL_{AC} = [pl_{rat}^1(s_{11}, s_{12}, \dots, s_{1k_1}); \dots; pl_{rat}^m(s_{m1}, s_{m2}, \dots, s_{mk_m})].$$

С целью повышения объективности экономических показателей планов pl_{rat}^i каждый из них оценивается всеми экспертами по времени и стоимости его реализации.

Время T_i^* реализации плана pl_{rat}^i вычисляется следующим образом. Каждый эксперт задает интервальную оценку $\tilde{t}_{ijk} = [t'_{ijk}, t''_{ijk}]$ времени выполнения k -й работы плана pl_{rat}^i . На основе этих оценок строится распределение вероятности $p_i(t)$ времени реализации плана pl_{rat}^i [10]. Далее определяются оптимистическая t'_i , наиболее вероятная t_i^* и пессимистическая t''_i оценки времени, исходя из того, что $p(t'_i) = 0,9$, $p(t_i^*) = 0,5$ и $p(t''_i) = 0,2$ [13]. Затем искомое время вычисляется как

$$T_i^* = \frac{t'_i + 4t_i^* + t''_i}{6}.$$

В качестве стоимости W_i создания i -й компоненты выступает суммарная стоимость реализации работ рационального плана pl_{rat}^i , которая вычисляется согласно выражения (1).

Формирование требований к автоматизированной системе

Формирование тактико-технических требований. Как было отмечено выше, информационной основой для формирования тактико-технических требований является облик АС, который содержит необходимые и достаточные исходные данные для формирования обоснованных требований к системе.

Процедуру формирования требования T_i представим кортежем

$$P_i = \langle D_i, \Psi_i, T_i \rangle,$$

где D_i — данные, необходимые для формирования требования T_i ; Ψ_i — отображение вида $D_i \rightarrow T_i$.

Отображение Ψ_i может быть двух типов: непосредственное и процедурное. Непосредственное отображение осуществляется с помощью соответствующих продукционных правил. Таким способом формируются общие требования, требования к функциям и видам обеспечения.

Процедурное отображение — это отображение исходных данных в требования с помощью соответствующего механизма (процедуры). С помощью этого отображения формируются требования к техническим характеристикам элементов системы.

В общем случае исходные данные могут быть как четкими, так и нечеткими. Если исходные данные заданы нечеткими точечными числами или в вербальной форме, то согласно [14] осуществляется их аппроксимация в интервальные значения.

Аппроксимация характеристик, которые заданы нечеткими точечными числами. Пусть характеристика системы задана как «приблизительно ξ ». Поскольку это значение описывает некоторый интервал, то его можно представить нечетким числом $\tilde{A} = \langle a_\alpha, b_\alpha, \xi \rangle$, где a_α (b_α) — нижний (верхний) предел числа \tilde{A} на α -уровне, а ξ — его значение на единичном α -уровне. Под α -уровнем понимается степень принадлежности значений интервала $[a_\alpha, b_\alpha]$ числу ξ , которая определяет точность аппроксимации.

Для нахождения этого интервала используется функция принадлежности [15], которая описывает нечеткое множественное число точечных оценок «число x находится в пределах числа ξ » и учитывает при этом масштаб этого числа

$$\mu(x) = e^{\beta(\xi-x)^2},$$

где $\beta = \frac{4 \ln 0,5}{(0,2\xi)^2}$ — параметр, определяющий доверительный предел числа ξ ; $0,2\xi$ — расстояние между точками перехода функции $\mu(x)$.

Тогда, положив $\mu(x) = \alpha$, можно найти необходимый интервал $[a_\alpha, b_\alpha]$, где $a_\alpha = \xi - x$, $b_\alpha = \xi + x$. Этот интервал будет определять количественное значение этой характеристики.

Аппроксимация качественных характеристик. Пусть характеристика системы описывается качественным значением, например, «большая скорость передачи данных». Представим эту характеристику лингвистической переменной

$L = \langle H, R, S \rangle$, где H — название характеристики, $R = \{r_i \mid i = \overline{1, m}\}$ — терм-множество ее значений, а $S = [0, 1]$. Согласно [16], в качестве терм-множества в этом случае выступает множество $R = (\text{«малая»}, \text{«небольшая»}, \text{«средняя»}, \text{«достаточно большая»}, \text{«большая»})$. В [17] приведена универсальная шкала, которая ставит в соответствие каждому значению r_i лингвистической переменной L соответствующий интервал $[\underline{s}_i, \overline{s}_i]$ (см. таблицу).

Универсальная шкала

Элемент терм-множества, r_i	Значение, $[\underline{s}_i, \overline{s}_i]$
«малая»	[0; 0,19]
«небольшая»	[0,2; 0,39]
«средняя»	[0,4; 0,59]
«достаточно большая»	[0,6; 0,79]
«большая»	[0,8; 1]

С помощью этой шкалы осуществляется отображение качественных значений характеристик системы на область их определения.

Пусть r_k — вербальное значение характеристики H , $X = [x_{\min}, x_{\max}]$ — область ее определения, а $[\underline{s}_k, \overline{s}_k]$ — значение универсальной шкалы. Тогда количественное значение x этой характеристики будет определяться как:

$$x = [a, b],$$

где

$$a = \begin{cases} \underline{s}_k \times x_{\max}, & \text{если } x_{\min} = 0, \\ \underline{s}_k \times x'_{\max} + x_{\min}, & \text{если } x_{\min} > 0, \end{cases}$$

$$b = \begin{cases} \overline{s}_k \times x_{\max}, & \text{если } x_{\min} = 0, \\ \overline{s}_k \times x'_{\max} + x_{\min}, & \text{если } x_{\min} > 0, \end{cases}$$

$$x'_{\max} = x_{\max} - x_{\min}.$$

Формирование технико-экономических требований. В качестве технико-экономические требования к АС выступают время и стоимость плана реализации ее облика.

Время T_{AC} реализации плана определяется как

$$T_{AC} = [T^*, T],$$

где $T^* = \sum_{i=1}^m T_i^*$ и $T = \sum_{i=1}^m T_i$ — ожидаемое и наиболее вероятное время реализации плана.

Стоимость W_{AC} реализации плана определяется обобщением затрат на создание компонент видов обеспечения:

$$W_{AC} = [W', W''],$$

где $W' = \sum_{i=1}^m W'_i$, $W'' = \sum_{i=1}^m W''_i$ — минимальная и максимальная стоимость реализации плана; W'_i , W''_i — минимальная и максимальная стоимость создания i -й компоненты соответствующего вида обеспечения.

Выводы

Рассмотренный подход к обоснованию требований к автоматизированным системам представляет собой последовательность системно увязанных технологических процедур построения облика системы, разработки плана его реализации и формирования соответствующих требований к АС. Это позволяет структурировать этот процесс и создать информационную среду, которая даст возможность комплексно сформировать обоснованные тактико-технические и технико-экономические требования в рамках одного информационно-функционального процесса.

1. Скурихин В.И. О формулировании концепций. Концепция «четырёх И» / В.И. Скурихин // УСиМ. — 1989. — № 2. — С. 7–12.

2. Канащенков А.И. Облик перспективных бортовых радиолокационных систем. Возможности и ограничения / А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, О.Ф. Самарин. — М.: ИПРЖР, 2002. — 176 с.

3. Гриб Д.А. Методологічний підхід до формування технічного обрису перспективних зразків озброєння та військової техніки / Д.А. Гриб, Б.О. Демідов, М.В. Науменко // Наука і оборона. — 2009. — № 4. — С. 30–34.

4. Гриб Д.А. Системно-концептуальні основи і елементи методології формування оперативно-тактичних і тактико-технічних вимог, що пред'являються до перспективних зразків озброєння і військової техніки та зразків, що модернізуються / Д.А. Гриб, Б.О. Демідов, М.В. Науменко // Системи озброєння і військова техніка. — 2009. — № 2 (18). — С. 65–73.

5. Гусев А.Л. Особенности военно-научных исследований по обоснованию концепций и обликов перспективных авиационных комплексов / А.Л. Гусев, А.К. Денисенко, В.С. Платунов // Военная мысль. — 2007. — № 8. — С. 49–53.

6. Мамиконов А.Г. Проектирование АСУ: [учебник для спец. АСУ ВУЗов] / А.Г. Мамиконов. — М.: Высш. школа, 1987. — 303 с.

7. Гагарина Л.Г. Разработка и эксплуатация автоматизированных информационных систем: учеб. пособие / Л.Г. Гагарина, Д.В. Киселев, Е.Л. Федотова: под ред. Л.Г. Гагариной. — М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. — 384 с.

8. Кузнецов А.И. Методика проведения обследования бизнес-процессов компании / А.И. Кузнецов // Технологии корпоративного управления [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.iteam.ru/publications/it/section_51/article_1469/
9. Самохвалов Ю.Я. Формирование технического облика автоматизированных систем / Ю.Я. Самохвалов, Е.М. Науменко, О.И. Бурба // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2011. — Т. 13, № 3. — С. 51–61.
10. Самохвалов Ю.Я. Использование нечетких оценок в методе прогнозного графа / Ю.Я. Самохвалов, А.Н. Буточнов, Е.М. Науменко, О.И. Бурба // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2010. — Т. 12, № 4. — С. 22–30.
11. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике / Т.Р. Брахман. — М.: Радио и связь, 1984. — 288 с.
12. Самохвалов Ю.Я. Особенности применения метода анализа иерархий при оценке проблем по метрическим критериям / Ю.Я. Самохвалов // Кибернетика и системный анализ. — 2003. — № 6. — С. 15–19.
13. Program Evaluation and Review Technique (PERT) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.referenceforbusiness.com/encyclopedia/Per-Pro/Program-Evaluation-and-Review-Technique-PERT.html>.
14. Техническое задание на создание автоматизированной системы: ГОСТ 34.602-89 [Введен 1990-01-01]. — М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989. — 27 с.
15. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. — Рига: Знание, 1990. — 184 с.
16. Экспертные системы технической диагностики «Вещун» / Г.Ш. Розенберг, А.Н. Неелов, Е.С. Голуб [и др.] // Судостроение. — 1999. — № 6. — С. 27–30.
17. Мелихов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А.Н. Мелихов, Л.С. Берштейн, С.Я. Коровин. — М.: Наука. гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. — 272 с.

Поступила в редакцию 06.02.2012