

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ РАДИОСИСТЕМ НА МНОЖЕСТВЕ СОСТОЯНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Д.Ю. Муромцев, Ю.Л. Муромцев

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,
ГОУ ВПО «ТГТУ»*

Ключевые слова и фразы: анализ ситуации; расширенная когнитивная карта; синтез структуры.

Аннотация: Рассматриваются аспекты решения задач анализа и синтеза систем радиосвязи на множестве состояний функционирования. Показана эволюция множества состояний функционирования на основных этапах разработки систем.

Введение

Человечество переживает эпоху быстрого роста объема информации, необходимой для хозяйственной, научной, культурной и других видов деятельности. Важнейшую роль в обеспечении обмена информацией играют системы радиосвязи, системы связи между подвижными объектами, спутниковые системы связи, различные радиотехнические системы извлечения информации и радиуправления. Важнейшими характеристиками радиосистем, определяющими их конкурентоспособность на мировом рынке, являются зона действия, точность получаемой информации, быстродействие, надежность и помехоустойчивость, пропускная способность, потребляемая мощность и перспективность, то есть способность в течение длительного времени удовлетворять потребности пользователей.

Основными направлениями в совершенствовании систем радиосвязи являются использование новых физических принципов функционирования, интеллектуализация на основе современной компьютерной техники, повышение роли устройств обработки информации, расширение применяемого диапазона радиоволн и условий функционирования. Результатами проведения исследований в этих направлениях стали антенны со сверхузкими диаграммами направленности, подповерхностная радиолокация (георадары), телематические службы, высокоскоростные цифровые сети связи и т.д. [1].

Создание высокоэффективных радиосистем связано с решением ряда задач анализа и синтеза, учитывающих возможные состояния функционирования [2]. Множество **Н** состояний функционирования радиосистемы имеет сложную структуру, в которой можно выделить четыре кластера:

- 1) состояния окружающей среды с точки зрения рынка;
- 2) состояния предприятия, выполняющего проект;
- 3) условия, характеризующие распространение радиоволн;
- 4) состояния работоспособности самой системы.

Для каждого этапа жизненного цикла радиосистем характерны свои модели, условия, ограничения и кластеры множества состояний функционирования. В достаточной степени это проявляется при решении следующих трех важнейших задач: анализ ситуации при разработке концепции радиосистемы; синтез ее структуры; анализ характеристик (свойств) системы.

1. Анализ ситуации

На начальных этапах выполнения инновационного проекта важнейшее значение имеет максимально полный анализ ситуации, складывающейся во внешнем окружении, отрасли и на предприятии, которое запускает проект. При этом необходимо определить фазу цикла развития радиосвязи, что позволит решать задачи прогностического характера [3]. Главными целями анализа ситуации являются оценка рисков и возможных затрат на осуществление проекта, необходимых для принятия решения о продолжении проектных работ.

Учитывая факторы неопределенности и ограниченные сроки выполнения начальных этапов проекта, широкое распространение для решения задач анализа ситуации получило когнитивное моделирование с использованием когнитивных карт (КК) [4]. Выделяют два типа задач анализа ситуации на основе КК:

1) анализ влияния (статический анализ) ситуации на основе изучения структуры и взаимовлияния факторов, при этом выделяют концепты с наиболее сильным влиянием на целевые факторы и для них полнее учитываются возможные состояния функционирования;

2) динамический анализ, использующий генерацию возможных сценариев развития ситуации во времени.

В простейшем случае модель КК может быть представлена кортежем

$$КК = \langle G, X, F \rangle ,$$

где $G(U, D)$ – ориентированный граф с множеством вершин (узлов) U и множеством дуг D ; X – множество параметров вершин; F – множество характеристик дуг.

На рис. 1 приведен фрагмент традиционной КК, отражающей ситуацию при разработке концепции проекта. Здесь знак «+» на дуге (u_i, u_j) обозначает, что с увеличением значения вершины u_i значение вершины u_j также возрастает. Если дуга (u_i, u_j) имеет знак «-», то при увеличении u_i значение вершины u_j уменьшается. Заметим, что для дуги (u_i, u_j) вершина u_i является началом (точкой исхода), а u_j – концом (точкой захода) дуги.

В целях повышения обоснованности принимаемых решений когнитивная карта должна содержать информацию о двух кластерах множества состояний функционирования \mathbf{H} – множестве состояний \mathbf{W} , которые могут складываться на рынке к моменту окончания проекта, и множестве \mathbf{V} , учитывающем возможные изменения ситуаций на предприятии.

Множество \mathbf{W} отражает возможность быстрого изменения ситуации на рынке систем радиосвязи (СРС), обострения конкурентной борьбы в отрасли, сокращения сроков вывода новой продукции на рынки сбыта, повышения качества и инновационности разработок, нечеткости и неопределенности информации о состоянии ситуации в отрасли и др.

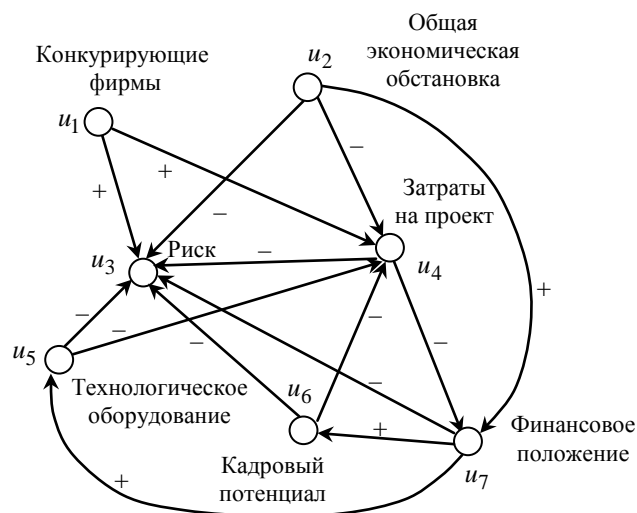


Рис. 1. Фрагмент когнитивной карты

Множество V учитывает возможные изменения ситуаций своего предприятия, связанные с технологическим оборудованием, кадрами и финансовым положением.

На основе множеств W и V строится множество состояний функционирования (МСФ), обозначим его H_1 . Использование множества H_1 повышает достоверность решения задач разработки концепции новой радиосистемы, формирования множества альтернативных вариантов, оценки рисков и принятия решения о запуске проекта.

Особенностями множества H_1 являются нечеткость (размытость) большинства компонентов множества W ; значительные мощности множеств W и V ; непостоянство во времени структур (составов) W и V , а также показателей (вероятностей) состояний $\omega \in W$, $\nu \in V$.

Учитывая данные особенности, в качестве модели складывающейся ситуации целесообразно использовать когнитивную карту, дополненную информацией о множестве H_1 . Такую карту будем называть обобщенной или расширенной когнитивной картой (ОКК). Она графически (зрительно) отражает субъективное (индивидуальное или коллективное) представление о рассматриваемой проблеме и возможных ситуациях. Если ОКК содержит информацию о взаимодействии всех основных факторов (концептов) при различных состояниях функционирования, то это повышает достоверность оценок достижимости целей и принятия управленческих (проектных) решений.

На КК, представленной на рис. 1, факторы u_1, u_2 отражают ситуацию внешнего окружения, u_5, u_6, u_7 – состояние предприятия, а факторы, соответствующие вершинам u_3, u_4 , являются выходными.

Для фактора u_1 можно выделить два состояния: конкурирующие фирмы и их продукция, то есть конкурентная среда, сохраняются без изменения – состояние ω_1^0 ; появляются новые фирмы или продукция – состояние ω_1^1 . Для фактора u_2 могут иметь место три состояния: ω_2^0 – экономическая ситуация сохранится;

ω_2^1 – ситуация ухудшится; ω_3^2 – ситуация улучшится. Аналогичные состояния v_j^μ , $j \in \{5, 6, 7\}$, $\mu \in \{0, 1, 2\}$ выделяются для факторов u_5, u_6, u_7 .

На основе состояний ω_i^ν и v_j^μ формируются множества \mathbf{W} и \mathbf{V} , то есть

$$\mathbf{W} = \{ \langle \omega_1^0, \omega_2^0 \rangle, \langle \omega_1^0, \omega_2^1 \rangle, \dots, \langle \omega_1^1, \omega_2^2 \rangle \},$$

$$\mathbf{V} = \{ \langle v_5^0, v_6^0, v_7^0 \rangle, \langle v_5^0, v_6^0, v_7^1 \rangle, \dots, \langle v_5^2, v_6^2, v_7^2 \rangle \}.$$

Приближенная оценка вероятностей состояний производится по формулам:

$$p(\langle \omega_1^\nu, \omega_2^\mu \rangle) = p_{\omega}^{\nu, \mu} = p(\omega_1^\nu) p(\omega_2^\mu), \quad \nu, \mu \in \{0, 1, 2\};$$

$$p(\langle v_5^\nu, v_6^\mu, v_7^\gamma \rangle) = p_v^{\nu, \mu, \gamma} = p(v_5^\nu) p(v_6^\mu) p(v_7^\gamma), \quad \nu, \mu, \gamma \in \{0, 1, 2\}.$$

В множествах \mathbf{W} и \mathbf{V} можно выделить подмножества W_B, V_B наиболее вероятных состояний и подмножества $W_{кр}, V_{кр}$ критических для проекта состояний.

Для рассматриваемой КК (см. рис. 1) такими подмножествами являются:

$$W_B = \{ \langle \omega_1^0, \omega_2^0 \rangle = \omega_0 \}; \quad W_{кр} = \{ \langle \omega_1^1, \omega_2^1 \rangle = \omega_1 \};$$

$$V_B = \{ \langle v_5^0, v_6^0, v_7^0 \rangle = v_0 \}; \quad V_{кр} = \{ \langle v_5^1, v_6^1, v_7^1 \rangle = v_1 \}.$$

В зависимости от значений $\omega \in \mathbf{W}$ и $v \in \mathbf{V}$ существенно меняется сила связей (интенсивность дуг) между вершинами графа G . Чтобы отразить данное обстоятельство, дуги дополняются информацией о степени влияния факторов u_1, u_2, u_5, u_6, u_7 на выходные факторы u_3, u_4 . Для этого каждой дуге ставится в соответствие интервальное значение силы связи. Например, дуге $d_{1,3} = (u_1, u_3)$ ставится в соответствие интервал $[d_{1,3}^H = 1; d_{1,3}^B = 2]$, при этом в состоянии ω_1^0 имеет место $d_{1,3}^H$ с вероятностью $p(\omega_1^0)$, а в состоянии $\omega_1^1 - d_{1,3}^B$ с вероятностью $p(\omega_1^1)$. Аналогично устанавливаются интервалы $[d_{ij}^H; d_{ij}^B]$ для других дуг.

Фрагмент ОКК приведен на рис. 2. Здесь использованы следующие обозначения: $[d_{ij}] = [d_{ij}^H; d_{ij}^B]$, $(W_i) = (p(\omega_i^0), p(\omega_i^1), p(\omega_i^2))$, $p(V_j) = (p(v_j^0), p(v_j^1), p(v_j^2))$, \bar{m}_3, \bar{m}_4 – средние значения риска и затрат.

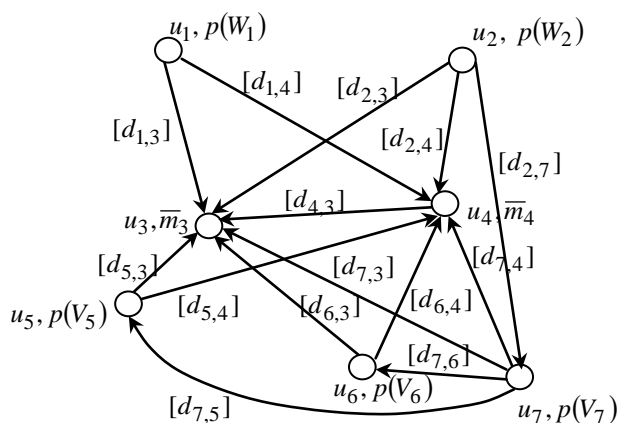


Рис. 2. Фрагмент обобщенной когнитивной карты

Таким образом, модель ситуации на основе ОКК может быть представлена кортежем

$$\text{ОКК} = \langle G, \mathbf{W}, \mathbf{V}, P_W, P_V, \overline{M}, [D] \rangle,$$

где P_W, P_V – вероятности состояний функционирования соответственно для множеств \mathbf{W} и \mathbf{V} ; \overline{M} – множество средних значений выходных факторов; $[D]$ – множество интервальных значений интенсивностей дуг графа G .

ОКК позволяет решать прямую и обратную задачи при анализе ситуаций. Прямая задача заключается в оценках риска и затрат, необходимых для принятия решения о запуске проекта. Количественно величина риска применительно к ОКК, приведенной на рис. 2, оценивается по формуле

$$m_3 = \overline{m}_3 + \sum_{i \in J_3} [d_{i,3}] \otimes P(H_{i,3}),$$

где J_3 – множество дуг, входящих в u_3 ; $P(H_{i,3})$ – вероятности состояний h подмножеств $(H_{i,3}) \subset \mathbf{H}_1$, которые соответствуют дугам (u_i, u_3) ; \otimes – знак операции при усреднении интенсивностей дуг на МСФ.

Аналогичный вид имеет формула для оценки затрат.

Обратная задача связана с определением необходимых значений факторов u_5, u_6, u_7 для того, чтобы риск и затраты находились в допустимых для выполнения проекта пределах.

2. Синтез структуры системы

Большинство систем радиосвязи относится к классу сильно структурированных объектов. Типовыми компонентами структуры являются передатчик, приемник, антенное устройство, блок питания и т.д. В связи с этим наиболее распространенным методом решения задач синтеза СРС, когда отсутствует формализованное описание функционирования системы, является морфологический метод, основанный на комбинаторике [5, 6].

При синтезе структуры СРС наряду с задаваемыми тактико-техническими характеристиками должны учитываться следующие показатели качества или свойства: надежность и живучесть, помехоустойчивость, эргономичность (взаимодействие человека с технической частью системы), безопасность, энерго- и ресурсосбережение, конкурентоспособность и др.

В общем случае традиционная задача синтеза структуры S системы формулируется следующим образом. Задаются:

- обобщенная функция F системы в виде совокупности частных (единичных) функций f_i , относящихся, в том числе, к функционированию отдельных элементов структуры системы, то есть $F = \{f_i, i = \overline{1, n}\}$;

- описание структуры S в виде вектора, компонентами которого являются необходимые элементы структуры или признаки, то есть $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$, при этом каждому элементу s_i соответствует единичная функция, характеризуемая единичным показателем качества функционирования k_i ;

- совокупности альтернативных вариантов элементов структуры $\tilde{s}_i = \{\tilde{s}_{ij}, j = \overline{1, l_{m_i}}\}, i = \overline{1, n}$;

- ограничения, накладываемые на значения компонентов и их совместимость;

- целевая функция Q .

В основе метода морфологического синтеза лежит составление морфологической таблицы (матрицы), в которой содержатся функции подсистемы $f_i, i = \overline{1, n}$ и для каждой функции элементы структуры $s_{ij}, j = \overline{1, m_i}$, то есть множества $s_i, i = \overline{1, n}$ конструкторско-технологических решений (альтернатив) для реализации функций f_i . Вариант S_v синтезируемой структуры представляет собой выборку альтернатив по одной из каждого множества $s_i = \{s_{ij}, j = \overline{1, m_i}\}, i = \overline{1, n}$.

Рассмотрим пример синтеза структуры радиолокационной станции с $n = 4, m_1 = m_4 = 2, m_2 = 3, m_3 = 4$ (табл. 1). Дополнительно морфологическая таблица может содержать информацию о показателях качества функционирования элементов структуры и вариантов синтезированной структуры. Как видно из табл. 1, для рассматриваемого примера вариант структуры системы должен содержать четыре компонента, например, структура $S_1 = \langle s_{12}, s_{21}, s_{33}, s_{42} \rangle$ и т.д. Всего в данном случае возможно 48 различных вариантов структур.

Эффективность синтезируемой структуры в значительной степени будет зависеть от того, насколько учитываются состояния функционирования, характеризующие условия проектирования системы и ее эксплуатацию. Обозначим множество состояний функционирования на этапе синтеза структуры через \mathbf{H}_2 . Множество \mathbf{H}_2 объединяет подмножество V ситуаций на предприятии (см. п. 1) и подмножество Y ситуаций, которые могут иметь место при реальной эксплуатации системы, в том числе работу в условиях активных и пассивных помех, климатические условия, рельеф местности и т.д. Для учета данного обстоятельства морфологическая таблица дополняется показателями эффективности элементов структуры в различных состояниях функционирования, то есть значениями $e(s_{ij}, h), h \in \mathbf{H}_2$.

В соответствии с этим эффективность E варианта S_v структуры на множестве \mathbf{H}_2 определяется по формуле

$$E(S_v) = \sum_{h \in \mathbf{H}_2} \sum_{\substack{i=1 \\ j \in J_v}}^n e(s_{ij}, h) p(h) \text{ или } E(S_v) = \sum_{h \in \mathbf{H}_2} \prod_{\substack{i=1 \\ j \in J_v}}^n e(s_{ij}, h) p(h),$$

где J_v – множество вторых индексов элементов s_{ij} , входящих в структуру S_v .

Таблица 1

Пример простейшей морфологической матрицы для синтеза структуры радиолокационной станции

Функции	Элементы структуры
f_1 – изменение положения диаграммы направленности	s_{11} (механическое), s_{12} (электрическое)
f_2 – приемо-передающие функции	s_{21} (приемник и передатчик совмещены), s_{22} (разнесены), s_{23} (комбинированные)
f_3 – управление работой приемника и передатчика	s_{31} (блок управления), s_{32} (контроллеры), s_{33} (ЭВМ), s_{34} (комбинированное)
f_4 – питание	s_{41} (частота 50 Гц), s_{42} (повышенная частота)

Таким образом, на этапе синтеза структуры СРС МСФ \mathbf{H}_2 в отличие от \mathbf{H}_1 учитывает особенности функционирования, влияющие на распространение радиоволн.

3. Анализ характеристик системы

На заключительных этапах проектирования СРС задачи анализа характеристик системы на МСФ решаются с использованием методов математического моделирования. При этом объект исследования обычно представляется моделью сложной динамической системы, которая записывается в виде

$$M = (\mathbf{Z}, \mathbf{X}_{(\cdot)}, \mathbf{Y}, \mathbf{H}_3; \Phi, \Psi, \gamma, \eta), \quad (1)$$

где \mathbf{Z}, \mathbf{Y} – множества значений векторов фазовых координат z и выхода y соответственно; $\mathbf{X}_{(\cdot)}$ – множество траекторий $x(\cdot) = (x(t), t \in [t_0, t_k])$ вектора входа $x \in \mathbf{X}$ при изменении времени $t \in \mathbf{T}$ на интервале $[t_0, t_k]$, \mathbf{T} – множество моментов времени; \mathbf{H}_3 – множество состояний функционирования; $\Phi = \{\varphi_h, h \in \mathbf{H}_3\}$ – множество операторов – переходных функций φ_h в различных состояниях функционирования $\varphi_h: \mathbf{T} \times \mathbf{T} \times \mathbf{Z} \times \mathbf{X}_{(\cdot)} \rightarrow \mathbf{Z}$; $\Psi = \{\psi_h, h \in \mathbf{H}_3\}$ – множество операторов – выходных отображений $\psi_h: \mathbf{T} \times \mathbf{Z} \rightarrow \mathbf{Y}$; γ – оператор, описывающий изменение переменной состояния функционирования, $\gamma: \mathbf{T} \times \mathbf{H}_3 \rightarrow \mathbf{H}_3$; η – оператор, описывающий изменение операторов φ_h и ψ_h на МСФ, $\eta: \mathbf{T} \times \mathbf{H} \rightarrow (\Phi, \Psi)$.

В отличие от множеств \mathbf{H}_1 и \mathbf{H}_2 множество \mathbf{H}_3 учитывает возможные ситуации, связанные с условиями распространения радиоволн и работоспособностью СРС при реальной эксплуатации.

В зависимости от возможности изменения и идентификации переменной h на рассматриваемом интервале времени $[t_0, t_k] = T$ выделим четыре основных класса $\mu_j, j = \overline{1, 4}$ систем и их моделей на МСФ.

СРС принадлежит к первому классу на множестве \mathbf{H} , если для каждого рассматриваемого интервала времени T значение h постоянно и известно. На интервале T система первого класса описывается парой операторов φ_h, ψ_h , а в общем случае (для всех интервалов времени) модель представляет собой множество пар операторов $\{(\varphi_h, \psi_h), h \in \mathbf{H}\}$. Система относится ко второму классу на МСФ, если значение h на интервале времени T постоянно, однако оно неизвестно, а известны вероятности $p(h/T), h \in \mathbf{H}$ возможных значений h . Модель системы второго класса обозначим $\mathbf{M}_{\mathbf{H}}$.

Примерами систем первого и второго классов на МСФ являются СРС, функционирование которых выполняется на малом временном интервале, например системы радионаведения и другие СРС кратковременного действия. При этом системы первого класса снабжены идентифицирующими устройствами состояний функционирования, а системы второго класса их не имеют.

СРС принадлежит к третьему классу на МСФ, если для нее в пределах временного интервала $T = [t_0, t_k]$ переменная h может изменяться, при этом значение h в текущий момент времени $t \in T$ идентифицируется (известно). Такая модель системы, обозначим ее $\mathbf{M}_{h(\cdot)}$, представляет собой кусочно-постоянную тра-

екторию изменения пары операторов (φ_h, ψ_h) , моменты переключения $t_j \in T, j=\overline{1, v}$, в общем случае случайны и соответствуют сменам значений h в траектории

$$h(\cdot) = \{h(t) = h_{(0)}, t \in [t_0, t_1]; h(t) = h_{(1)}, t \in [t_1, t_2]; \dots; h(t) = h_{(v)}, t \in [t_v, t_k]\}.$$

К третьему классу относится большинство сложных СРС, во время действия которых возможны нарушения составных частей, изменение помеховой обстановки, условий распространения радиоволн и т.д.

Система относится к четвертому классу на МСФ, если в пределах интервала T переменная h может изменять свои значения, но, в отличие от $\mathbf{M}_{h(\cdot)}$, траектория $h(\cdot)$ неизвестна. При моделировании систем четвертого класса на интервале T рассматривается множество различных траекторий $h(\cdot)$, начинающихся при начальном состоянии $h(t_0) = h_{(0)}$ в соответствии с оператором γ . В качестве γ можно рассматривать граф изменения состояний функционирования.

В общем случае одни и те же системы радиосвязи в одних ситуациях могут иметь свойства одного класса, в других – другого.

При анализе характеристик исследуемой системы необходимо учитывать, к какому классу на МСФ она относится. В качестве показателя эффективности системы первого класса, выполняющей задачи на временном интервале $t \in [t_0, t_k]$, может использоваться значение

$$E_1(t_0, t_k) = \sum_{h \in \mathbf{H}_3} \left(\int_{x \in \mathbf{X}} e(h, z(x)) g(x) dx \right) p(h), \quad (2)$$

где $e(h, z(x))$ – эффективность системы в состоянии h , определяемая значениями вектора фазовых координат z при входном воздействии x ; $g(x)$ – плотность распределения x на множестве значений входов \mathbf{X} .

Эффективность $E_2(t_0, t_k)$ систем второго класса зависит от усредненной на множестве \mathbf{H}_3 траектории $z(\cdot)$ изменения вектора z , то есть

$$E_2(t_0, t_k) = E \left(\sum_{h \in \mathbf{H}_3} z(\cdot / h, \bar{x}) p(h) \right), \quad (3)$$

где $z(\cdot / h, \bar{x})$ – траектория изменения z для состояния $h \in \mathbf{H}_3$ при усредненном на x входном воздействии \bar{x} .

Для систем третьего класса, допускающих изменение переменной h на временном интервале $t \in [t_0, t_k]$ по траектории $h(\cdot)$, показатель эффективности E_3 рассчитывается по формуле

$$E_3(t_0, t_k) = \sum_{h(\cdot) \in \mathbf{H}(\cdot)} e_3(h(\cdot), x_k(\cdot)) p(h(\cdot)), \quad (4)$$

где $e_3(h(\cdot), x_k(\cdot))$ – эффективность системы для траектории $h(\cdot)$ при корректируемом входном воздействии $x_k(\cdot)$; $\mathbf{H}(\cdot)$ – множество траекторий $h(\cdot)$.

Эффективность систем четвертого класса оценивается по результатам вычислительных экспериментов, в которых генерируются различные траектории $h(\cdot)$ для усредненной программы входного воздействия $\bar{x}(\cdot)$.

$$E_4(t_0, t_k) = \sum_{h(\cdot) \in \mathbf{H}(\cdot)} e_4((h(\cdot), \bar{x}(\cdot))p(h(\cdot))). \quad (5)$$

Очевидно, что для любых траекторий изменения h выполняется соотношение $e_4(h(\cdot), \bar{x}(\cdot)) \leq e_3(h(\cdot), x_k(\cdot))$.

Использование на практике формул (4), (5) для оценки эффективности систем третьего и четвертого классов исключительно трудоемко. Задача анализа характеристик этих систем существенно облегчается, когда они обладают свойством включаемости на МСФ [7].

Система третьего или четвертого класса на МСФ считается включаемой, если при любой траектории $h(\cdot)$, порождаемой оператором γ , траектория $z(\cdot)$ находится в заранее задаваемых допустимых пределах, что возможно лишь при выполнении системой своих функций. Для систем третьего (четвертого) классов, обладающих свойством включаемости, можно получить интервальные оценки эффективности $[E_j^H(t_0, t_k), E_j^B(t_0, t_k)]$, $j = 3, 4$ на основе анализа эффективности систем первого (второго) классов (см. (2), (3)). Для этого в множестве \mathbf{H}_3 выделяются два состояния h' и h'' , которые определяют наибольшую воронку решений динамической системы для траектории $z(\cdot)$. В результате имеют место:

$$E_1(t_0, t_k, h') \leq E_3(t_0, t_k) \leq E_1(t_0, t_k / h'') \text{ и}$$

$$E_2(t_0, t_k, h') \leq E_4(t_0, t_k) \leq E_2(t_0, t_k / h'').$$

Расчет эффективности для двух состояний h' и h'' по формулам (2), (3) значительно сокращает объем вычислений по сравнению с имитацией множеств траекторий $h(\cdot) \in \mathbf{H}(\cdot)$.

Выводы

Рассмотренные задачи анализа и синтеза позволяют сформулировать ряд положений использования множества состояний функционирования для повышения эффективности проектируемых систем радиосвязи.

1. На различных этапах жизненного цикла проекта необходимо использовать разные виды МСФ. На начальных этапах при разработке концепции системы и принятия решения о запуске проекта МСФ включает состояния внешней среды, связанные с реализацией системы, и возможные ситуации на предприятии. При синтезе структуры системы МСФ содержит ситуации на предприятии и состояния, влияющие на распространение радиоволн. На этапе анализа характеристик спроектированной системы МСФ наряду с состояниями распространения радиоволн включает состояния ее работоспособности. Таким образом, в процессе проектирования происходит эволюция состава МСФ.

2. На начальном этапе проектирования нет достаточной информации для проектирования формализованных моделей, здесь преобладает информация качественного характера. В связи с этим нет необходимости глубокой детализации МСФ и появляется возможность непосредственного использования состояния функционирования в методах выработки проектных решений. Примером такого использования является построение расширенной когнитивной карты.

3. При синтезе структуры системы радиосвязи количество используемой информации сильно возрастает. По существу, для каждого варианта структуры необходимо строить свое МСФ. Значительное увеличение объема вычислений компенсируется повышением обоснованности проектных решений, так как даже такой метод, как метод морфологического синтеза, не гарантирует оптимального решения с учетом возможных состояний функционирования.

4. На этапе анализа характеристик и свойств спроектированного объекта имеется возможность использовать формальные модели работы СРС для различных состояний функционирования. В зависимости от характера изменения переменной h и возможности ее идентификации выделяется четыре класса систем на МСФ. Для каждого класса получены соотношения определения показателей эффективности системы.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-2025.2007.8.

Список литературы

1. Цифровые технологии в радиотехнических системах : учеб. пособие / В.А. Васин [и др.] ; под ред. И.Б. Федорова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 768 с.

2. Пространство циклов: Мир – Россия – регион / под ред. В.Л. Бабурина, П.А. Чистякова. – М. : Изд-во ЛКИ, 2007. – 320 с.

3. Муромцев, Ю.Л. Определение границ показателей надежности сложных систем / Ю.Л. Муромцев // Автоматика и телемеханика. – 1977. – № 9. – С. 177–190.

4. Зенкин, А.А. Когнитивная компьютерная графика / под ред. Д.А. Поспелова. – М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 192 с.

5. Морфологические методы исследования новых технических решений : учеб. пособие / А.В. Андрейчиков. – Волгоград : Изд-во Волг. гос. техн. ун-та, 1994. – 153 с.

6. Автоматизация поискового конструирования: искусственный интеллект в машинном проектировании / под ред. А.И. Половинкина. – М. : Радио и Связь, 1981. – 344 с.

7. Муромцев, Ю.Л. Включаемость сложных систем / Ю.Л. Муромцев, Л.Н. Ляпин // Динамика неоднородных систем : сб. тр. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т систем. исслед. – М., 1988. – Вып. 14. – С. 14–24.

Analysis and Synthesis of Radio Systems on a Set of Functioning States

D.Yu. Muromtsev, Yu.L. Muromtsev

Department “Designing of Radio Electronic and Microprocessor Systems”, TSTU

Key words and phrases: extended cognitive map; situation analysis; structure synthesis.

Abstract: Aspects of solution to the tasks of analysis and synthesis of radio communication system on a set of functioning states are considered. The evolution of the set of functioning states on basic stages of system design is shown.

Analyse und Synthese der Radiosysteme auf der Menge des Funktionierenszustände

Zusammenfassung: Es werden die Aspekte der Lösung der Aufgaben der Analyse und der Synthese der Systeme der Funkverbindung auf der Menge der Zustände des Funktionierens betrachtet. Es ist die Evolution von der Menge der Zustände des Funktionierens auf den Hauptentwicklungsstadien der Systeme aufgezeigt.

Analyse et synthèse des systèmes radio sur la multitude d'états du fonctionnement

Résumé: Sont examinés les aspects de la solution des problèmes de l'analyse et de la synthèse des systèmes radio sur la multitude d'états du fonctionnement. Est montrée l'évolution de la multitude d'états du fonctionnement sur les étapes essentielles de l'élaboration des systèmes.
