

ОСНОВЫ МЕТОДА СИНТЕЗА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

BASICS OF THE METHOD OF SYNTHESIS OF INTELLIGENT TRAINING SYSTEMS AT THE INITIAL STAGE OF THE LIFE CYCLE

Мистров Л.Е., д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры правовой информатики, информационного права и естественнонаучных дисциплин Центрального филиала Российского государственного университета правосудия им. В.М. Лебедева (Воронеж, Россия)

Исаев В.В., канд. техн. наук, профессор, главный конструктор–заместитель генерального директора акционерного научно-внедренческого предприятия «ПРОТЕК» (Воронеж, Россия)

Mistrov L.E., Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Legal Informatics, Information Law and Natural Sciences of the Federal State Budget-Funded Educational Institution of Higher Education «Russian State University of Justice named after V.M. Lebedev» (Voronezh, Russia)

Isaev V.V., PhD in Engineering, Professor, Chief Designer and Deputy General Director of the Joint–Stock Research and Implementation Enterprise PROTEK (Voronezh, Russia)

Предлагаются основы аналитического метода синтеза интеллектуальных тренажных систем в виде взаимообусловленной совокупности целевого, функционального, морфологического, структурного и параметрического аспектов исследований и доказательства сходимости предлагаемого метода. Целью исследования является разработка методических основ метода синтеза интеллектуальных тренажных систем в условиях неопределенности внешней среды. В основу метода положено использование положений теорий иерархических многоуровневых систем, принятия решений в условиях неопределенности, исследования операций и группового учета аргументов.

Ключевые слова: подготовка специалистов, интеллектуальная тренажная система, синтез систем, аспекты рассмотрения, сходимость метода.

Для цитирования: Мистров Л.Е., Исаев В.В. Основы метода синтеза интеллектуальных тренажных систем на начальной стадии жизненного цикла // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 31–37.

The article presents the fundamentals of an analytical method for synthesizing intelligent training systems as an interdependent set of target, functional, morphological, structural, and parametric research aspects, along with evidence of the proposed method's convergence. The purpose of the research is to develop methodological foundations for the synthesis of intelligent training systems in an uncertain environment. The method is based on the use of theories of hierarchical multilevel systems, decision-making in conditions of uncertainty, operations research and group consideration of arguments.

Keywords: training of specialists, intelligent training system, synthesis, aspects of consideration, convergence of the method.

For citation: Mistrov L.E., Isaev V.V. Basics of the method of synthesis of intelligent training systems at the initial stage of the life cycle. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2026; 2(89):31–37. (In Russ.)

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития образовательной среды, вычислительной техники и информационно-коммуникационных технологий позволяет моделировать практически любой вид деятельности человека, связанный с обработкой информации на основе разработки различного типа информационных систем (ИС), к которым можно отнести и интеллектуальные тренажные системы (ИТС) [1]. Под понятие «ИТС» подпадает широкий круг ИС, предназначенных для реализации задач планирования и управления ресурсом аппаратных и программных средств (АПС)

при решении учебно-тренажных задач (УТЗ) в интересах подготовки специалистов по управлению сложными радиоэлектронными объектами (РЭО). ИТС характеризуются наличием большого количества технологических операций по анализу и обработке информации, многообразием типов АПС, множеством вариантов их использования и специфичностью условий протекания информационных процессов при решении УТЗ. Основу их разработки составляет задача многокритериального обоснования оптимальных решений по облику (составу элементов, алгоритмов функционирования и технических характеристик) ИТС, возникающая с целью: а) модернизации / реконфигурации

морально устаревших информационных тренажеров при использовании их АПС в структуре ИТС для выполнения множества, в том числе и вновь возникающих УТЗ; б) анализа и согласования иерархичной системы показателей качества ИТС на множестве УТЗ для формирования «индивидуального» вектора критериев эффективности решения каждой задачи исходя из требований по качеству (эффективности), ресурсоемкости и оперативности решения задач; в) преодоления «проклятой» размерности задачи, обусловленной расширяемой многозадачностью решаемых ИТС разноплановых УТЗ; циркуляцией в исполнительных и управляющих контурах принятия решений при моделировании УТЗ разноуровневой качественно-количественной информации; сетевой структурой и иерархичностью протекающих в структуре ИТС информационных процессов, включающих конечное множество элементарных технологических циклов и операций сбора, обобщения, обработки, анализа и иерархического поуровневого преобразования информации, повторения и разветвления при их последующем интегральном объединении в программные компоненты в характерных узлах траекторий выполнения обучаемыми каждой уникальной в своем роде УТЗ; оптимального распределения ресурса АПС по этапам выполнения УТЗ, а также различного типа технологических потерь при переходе от одной операции к другой в процессе функционирования. Основу ее решения на начальном этапе жизненного цикла ИТС составляет задача концептуального синтеза ее облика, которая, с одной стороны, позволяла бы с инвариантных позиций решать эту задачу независимо от качества АПС, устаревших типов информационных тренажеров, а с другой – обеспечила бы возможность их модернизации и использования для решения УТЗ в структуре ИТС. Наиболее экономичным путем создания ИТС является совершенствование в ее структуре интеграционных процессов обработки информации об УТЗ за счет разработки и оптимизации характеристик и алгоритмов функционирования аппаратно-программного обеспечения с учетом возможности использования (модернизации) устаревшего аппаратного оборудования.

В общем случае под ИТС понимается совокупность объединенных единством цели обучения элементов управления, информационного обеспечения и исполнения (на основе АПС), предназначенных для моделирования (решения) определенного множества УТЗ в интересах подготовки специалистов по управлению применением различного типа РЭО за директивное время. Основу облика ИТС составляют допустимые варианты требований по составу и структуре, порядку (алгоритмам) функционирования и основным техническим характеристикам, определяющим ее эффективность ее применения. Допустимость вариантов облика ИТС характеризуется внешне- и внутрисистемными условиями, ограничивающими их реализацию при формировании технического задания на создание и применение. Такими ограничивающими условиями являются стоимост-

ные, энергетические, вычислительные, технологические и эксплуатационные ресурсы, выделяемые на создание АПС и пространственно-временные ограничения на применение (реализацию основного предназначения) ИТС.

ИТС относится к классу многофакторных систем с обратной связью, определение обликовых параметров в которых зависит от сложного взаимодействия временных распределений различных процессов и событий, а также от наличия множества взаимообусловленных ограничений. В соответствии с теорией исследования операций ее разработка основывается на:

- системе методов и моделей обоснования оптимального облика;
- системе математических моделей для решения УТЗ обучаемыми и сводится к последовательному решению совокупности задач, относящихся к классу задач синтеза.

Основу синтеза ИТС составляет решение двух взаимосвязанных задач: а) определение функционального предназначения, структуры и состава информации, необходимой для решения УТЗ на основе метода функционального синтеза, и б) обоснование структуры, состава, технических характеристик и принципов работы АПС, определяющих метод ее структурного и параметрического синтеза.

Разнообразие и сложность подлежащих решению ИТС множества УТЗ предопределили актуальность задачи обоснования их структурно-функционального облика на множестве задач. Их решение предполагает формализацию задачи и разработку соответствующего методического обеспечения исходя из предметной области ИТС. В настоящее время разработчики информационных тренажеров сталкиваются с рядом факторов, связанных с неточностью формулировки требований к их существенным свойствам в техническом задании заказчика, и множеством различных типов неопределенностей относительно имитируемых объектов, а также исходных данных о статических и динамических (в первую очередь способах применения объектов) свойствах объекта. Это усложняет их задачу, предполагающую детерминизацию требований заказчика в техническом задании и разработку способов парирования разработчиком неопределенностей, составляющих в общем случае их коммерческую тайну, что усложняет процесс эксплуатации информационных тренажеров – приводит к возникновению объективного противоречия между применяемыми коммерческими способами разрешения неопределенностей и усложнением эксплуатации информационных тренажеров. В общем случае их обоснование базируется на широком использовании методов обоснования облика ИТС на основе оптимизации разнородного информационного ресурса и множества взаимосвязей АПС. Это предопределило цель и содержание статьи, направленной

на разработку методических основ метода синтеза ИТС для разрешения различных типов неопределенностей и проверки их сходимости для решения множества УТЗ в интересах подготовки специалистов по управлению применением РЭО на основе развития существующих методов синтеза систем с учетом особенностей начальной стадии жизненного цикла системы.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ОБЛИКА ИТС

Для решения прикладных задач подготовки специалистов по управлению применением РЭО используется объединенная единством цели совокупность АПС, составляющая основу структуры ИТС. Исследования по обоснованию облика ИТС есть синтез, который на начальной стадии ее жизненного цикла направлен на обоснование целей создания, определение основных характеристик (параметров), состава и структуры, уточнение (при необходимости) облика включаемых в ее состав АПС, в том числе и морально устаревших информационных тренажеров. С теоретической точки зрения, синтез – это сжатое отображение исторического, настоящего и прогнозируемого развития ИТС на всех этапах жизненного цикла. С практической же точки зрения синтезом ИТС в широком смысле является формирование представлений о ее существенных свойствах и способах применения, в узком – совокупность ее структурных и технических параметров.

Синтез ИТС на начальной стадии жизненного цикла (далее, – синтез ИТС) имеет особенности, обусловленные объективно присущей этой стадии неполнотой и расплывчатостью представлений о решаемых ею задачах, условиях применения, границах, эффективности использования, объема выделенного ресурса, исходных данных о способах применения РЭО и др. Поскольку известные методы синтеза предполагают более или менее четкие исходные представления об облике системы, сформулированные заказчиком, замыслом или концепцией создания системы, то их применение в целях синтеза ИТС наталкивается на ряд трудностей. Вместе с тем принятые в этих методах подходы к решению задач синтеза систем являются достаточно общими и конструктивными, что позволяет распространять их на задачу синтеза ИТС.

Моделирование задачи синтеза ИТС исходит из необходимости решения ею определенного множества УТЗ, что позволяет ее синтез рассматривать как процесс обоснования задач (функций, их реализующих в виде множества однородного, выделенного по определенному признаку, виду деятельности) целевого применения, направленный на решение множества УТЗ в форме оптимально-временного распределения разнородного ресурса АПС. Он предполагает установление причинно-следственных взаимосвязей (отношений) между разнородным ресурсом АПС, в том числе и динамики таких взаимосвязей (временного

ресурса) на основе реализации определенной системы функций, процедур и операций.

Содержательно задачу синтеза ИТС можно сформулировать в общем виде следующим образом.

Пусть определена цель создания ИТС применительно к определенному классу / типу РЭО, условия применения и ограничения, применительно к которым она будет создаваться. Требуется определить такую совокупность задач (функций) ИТС, различного типа и взаимосвязей АПС и порядок (алгоритмы) их функционирования, которые обеспечивают решение определенного числа УТЗ. Также для ИТС могут быть разработаны новые и использованы ранее разработанные информационные тренажеры АПС. Требуется определить облик такой ИТС, которая обеспечивала бы рациональное решение поставленной задачи (комплекса УТЗ) применительно к заданным условиям ее применения и ограничениям.

Такая концептуальная постановка задачи позволяет ее представить задачей оптимизации разнородного ресурса АПС на разработку облика (типа и взаимосвязей программных и аппаратных средств) ИТС и функций принятия и исполнения решений, т.е. такой организации ее программной реализации, которая обеспечивала бы решение определенной номенклатуры УТЗ на множестве условий применения РЭО.

Для математической постановки задачи синтеза ИТС введем следующие обозначения.

Под обликом ИТС O будем понимать кортеж $\langle Z, D, M, S, X \rangle$, включающий назначение (перечень решаемых задач Z), принципы функционирования D , состав M и структуру S и множество характеристик (параметров) X , определяющих назначение и применение ИТС.

Для создания ИТС необходимо выделение определенных ресурсов $C(O, U)$ и задание U условий ее применения. В денежном выражении на создание ИТС затраты равны $C(O, U)$, которые на практике всегда ограничены некоторым предельным уровнем C_0 , то есть $C(O, U) \leq C_0$.

Важнейшими показателями, характеризующими основную функцию или назначение ИТС и позволяющими принимать решение о предпочтительности того или иного ее варианта, являются показатели эффективности $W_i, i = \overline{1, I}$. В зависимости от O облика ИТС и условий ее применения U показатели эффективности могут принимать разные значения, $W_i = W_i(O, U)$.

Полнота решения ИТС поставленной практической задачи (комплекса УТЗ) характеризуется целевой функцией $F(O, U)$. Рациональным (оптимальным) считается такое решение задачи, при котором целевая функция имеет экстремальное значение в заданных ограничениях. ИТС, обеспечивающая

рациональное решение поставленной практической задачи (комплекса УТЗ), является предпочтительной – обозначим ее облик в виде $O^* = \langle Z^*, D^*, M^*, S^*, X^* \rangle$.

Тогда в общем виде математическая постановка задачи синтеза ИТС может быть представлена в виде:

$$O^* = \underset{O \in \{O_d\}}{\text{Arg extr}} (F(O, U)),$$

$$\{O_d\} = \{O: R(O, U) \subseteq R\}, \quad (1)$$

где $\{O_d\}$ – подмножество допустимых вариантов, принадлежащих множеству возможных вариантов ИТС, $O_d \in \{O\}$; R – множество ограничений на создание ИТС, включающих ограничения по решаемым УТЗ $R(Z) \subseteq R_Z$, принципам функционирования $R(D) \subseteq R_D$, составу элементов $R(M) \subseteq R_M$, структуре $R(S) \subseteq R_S$ и характеристикам (параметрам) ИТС $R(X) \subseteq R_X, R = R_Z \cup R_D \cup R_M \cup R_S \cup R_X$.

В зависимости от системы предпочтений заказчика ИТС в качестве целевой функции $F(O, U)$ могут быть приняты затраты $C(O, U)$ или интегральный показатель эффективности ее применения $W = (W_1, \dots, W_l)$. Исходя из этого задача синтеза ИТС в виде (1) может быть сформулирована в варианте задачи минимизации затрат:

$$O^* = \underset{O \in \{O_o\}}{\text{Arg min}} C(O, U),$$

$$\{O_o\} = \{O: W(O, U) \geq W_o, R(O, U) \subseteq R\}, \quad (2)$$

или в варианте задачи максимизации эффективности:

$$O^* = \underset{O \in \{O_o\}}{\text{Arg max}} W(O, U),$$

$$\{O_o\} = \{O: C(O, U) \leq C_o, R(O, U) \subseteq R\}. \quad (3)$$

ИТС, как правило, являются крупномасштабными, структурно сложными и дорогостоящими (ресурсоемкими) системами. Поэтому при синтезе ИТС более предпочтительной является постановка задачи (2).

При любом варианте постановки задачи основная методологическая трудность в решении задачи синтеза ИТС состоит в определении допустимого множества вариантов O_d , поскольку поиск экстремума целевой функции $F(O, U)$ при наличии современных вычислительных средств не представляет существенных проблем. В этом смысле метод синтеза допустимого варианта ИТС совпадает с методом ее синтеза.

ОСНОВЫ МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ОБЛИКА ИТС

Допустимый вариант облика ИТС представляет ее ментальный объект (идеал). Генезис допустимого варианта ИТС

от момента зарождения до момента его материализации повторяет в общих чертах, но в обратном порядке последовательность физического процесса построения системы (материального возникновения). То есть вначале необходимость создания ИТС обуславливает возникновение способа ее удовлетворения по подготовке специалистов по управлению применением РЭО, соответственно функцией, реализующей этот способ, затем формируется материальный носитель функции с соответствующей структурной организацией. Нежизнеспособные направления процесса генезиса отсекаются условиями применения ИТС и ресурсными ограничениями. При тупиковом направлении происходит возврат в предыдущие состояния облика ИТС. То есть синтез ИТС осуществляется поэтапно и, при необходимости, циклично, с последовательным наращиванием объема представлений об облике системы и степени их детализации. Цикличность исследований характеризуется законченностью рассматриваемого процесса исследований определенным результатом; повторяемостью и возможностью возврата к предыдущим процессам исследований; передачей системогенетической информации от одного цикла результатов к другому; логической упорядоченностью и относительной замкнутостью составных частей (стадий, циклов и этапов) исследований с наращиванием представлений, использованием категорий «аспекты» и «уровни синтеза». Каждый временной цикл обоснований облика ИТС по сути есть синтез, но с определенной точки зрения на систему и глубину поуровневого раскрытия.

В общем случае основу метода синтеза ИТС составляет решение задачи обоснования ее облика через формирование иерархической системы целей в форме целенаправленной функциональной деятельности, связанной с поэтапным процессом принятия решений. Вследствие возможности представления ИТС на начальном этапе исследований в виде «черного ящика» на основе формирования множества отношений типа «вход-выход», цель ее синтеза может быть определена через иерархическую систему решаемых УТЗ, поэтому цель считается достигнутой, если определено их решение. То есть из соотношения между целями и результатами решения УТЗ следует, что процесс последовательной иерархической детализации задачи синтеза ИТС представляется деревом декомпозиции цели исследований в виде взаимообусловленной и взаимозависимой поаспектной и поуровневой оптимизации ее облика [2] (см. рисунок).

В соответствии с общей структурой метода синтеза ИТС задача синтеза разделяется на ряд частных функциональных задач. При невозможности решения соответствующей частной функциональной задачи в заданных условиях и ограничениях возникает обратная связь, обуславливающая необходимость уточнения решения предыдущих частных функциональных задач синтеза ИТС, а также условий применения и ограничений. Во времени частные функции

ональные задачи синтеза ИТС могут решаться последовательно и параллельно в различной комбинации, не нарушая общей логики взаимосвязей (см. рисунок).

Для одного цикла частные функциональные задачи синтеза ИТС математически можно записать в следующем виде:

а) задача целевого синтеза ИТС

$$Z^* = \mathop{\text{Arg min}}_Z C_z(Z, U),$$

$$Z \in O_z = \langle Z, \tilde{D}, \tilde{M}, \tilde{S}, \tilde{X} \rangle, W_z(O_z, U) \geq W_o, R(O_z, U) \subseteq R, \quad (4)$$

б) задача функционального синтеза ИТС

$$D^* = \mathop{\text{Arg min}}_D C_D(D, U),$$

$$O_D = \langle Z^*, D, \tilde{M}, \tilde{S}, \tilde{X} \rangle, W_D(O_D, U) \geq W_o, R(O_D, U) \subseteq R, \quad (5)$$

в) задача морфологического синтеза ИТС

$$M^* = \mathop{\text{Arg min}}_M C_M(M, U),$$

$$O_M = \langle Z^*, D^*, M, \tilde{S}, \tilde{X} \rangle, W_M(O_M, U) \geq W_o, R(O_M, U) \subseteq R, \quad (6)$$

г) задача структурного синтеза ИТС

$$S^* = \mathop{\text{Arg min}}_S C_S(S, U),$$

$$O_S = \langle Z^*, D^*, M^*, S, \tilde{X} \rangle, W_S(O_S, U) \geq W_o, R(O_S, U) \subseteq R, \quad (7)$$

д) задача параметрического синтеза ИТС

$$X^* = \mathop{\text{Arg min}}_X C_X(X, U),$$

$$X \in O_X = \langle Z^*, D^*, M^*, S^*, X \rangle, W_X(O_X, U) \geq W_o, R(O_X, U) \subseteq R. \quad (8)$$

Очевидно, что метод синтеза ИТС представляет метод последовательных приближений, обуславливая правомерность вопроса о сходимости последовательности синтезируемых вариантов ИТС.

СХОДИМОСТЬ СИНТЕЗИРУЕМЫХ ВАРИАНТОВ ИТС

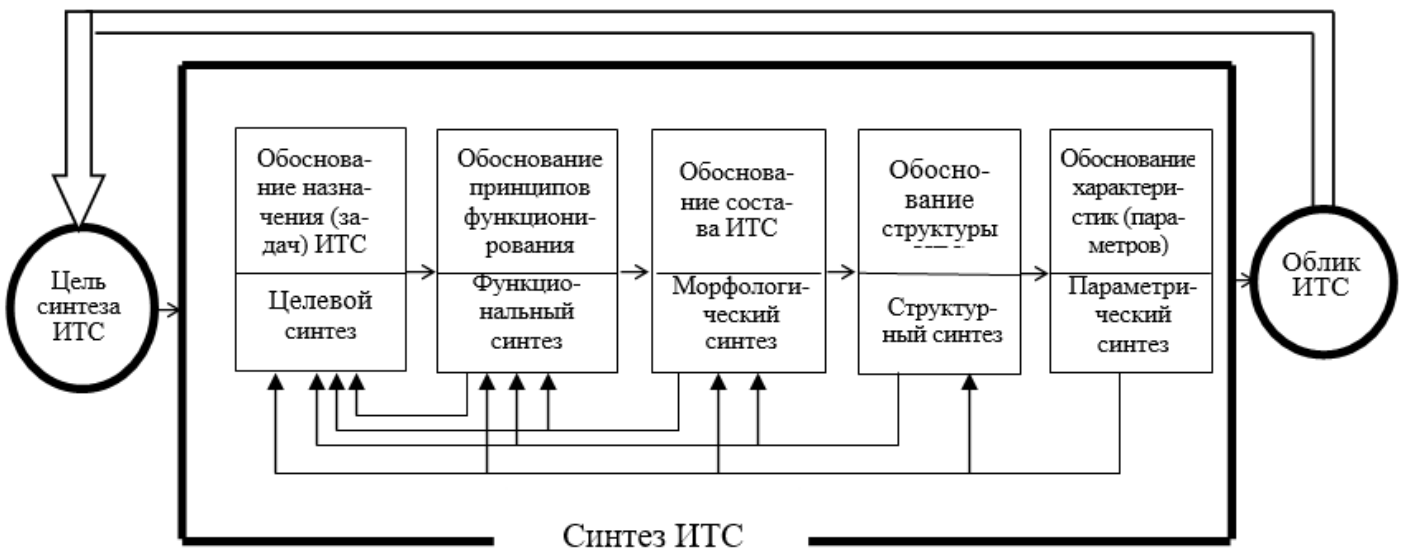
Для обоснования сходимости результатов синтеза по аспектам ИТС представим выражение (2) в виде отображения

$$P : \{O_\delta\} \rightarrow O^*, \quad O^* \in \{O_\delta\}, \quad (9)$$

где $\{O_\delta\}$ – множество допустимых вариантов ИТС.

При существовании решения задачи синтеза ИТС O^* будет выполняться равенство $PO^* = O^*$ указывающее на то, что предпочтительный вариант ИТС есть неподвижная точка отображения P [3].

Введем метрическое пространство $A = (\{O_\delta\}, p)$, где p есть расстояние между любыми точками (вариантами) O_δ, O_δ' , множества $\{O_\delta\}$. При этом в качестве p могут применяться различные метрики. Положим, например:



Общая структура задачи концептуального синтеза ИТС (символ ~ означает предварительные предложения)

$$\rho(O'_o, O''_o) = \begin{cases} 0, & \text{если } O'_o = O''_o; \\ 1, & \text{если } O'_o \neq O''_o, \end{cases}$$

На практике вследствие ограниченной чувствительности целевой функции $C(O, U)$ и показателя эффективности $W(O, U)$ дополнительно к аргументам наличия неопределенностей и слабо формализуемых факторов существуют неразличимые для отображения P варианты ИТС. Множество этих вариантов образуют класс эквивалентности. Предпочтительный вариант ИТС O^* является общим представителем этого класса. Неразличимость вариантов ИТС означает для метрического пространства A выполнение неравенства $\rho(PO'_o, O''_o) \leq \rho(O'_o, O''_o)$ указывающего на то, что отображение P является сжимающим.

Всякое сжимающее отображение, определенное в полном метрическом пространстве, имеет одну и только одну неподвижную точку (принцип сжимающих отображений [4]). Значит, последовательность синтезируемых вариантов ИТС будет сходиться к предпочтительному варианту O^* .

Структуру синтеза ИТС наглядно можно представить в виде дерева, каждая ветвь которого на нижележащем уровне представляет собой пучок структуризованных допустимых возможных вариантов. В ходе синтеза сжимающее отображение, задаваемое соответствующим выражением из (4) – (8), действует так, что из пучка выбирается ветвь (предпочтительный вариант ИТС), которая на последующем уровне вновь преобразуется в пучок. И так далее.

Таким образом, при переходе от одного этапа синтеза ИТС к другому возникает последовательность вкладываемых друг в друга непустых замкнутых множеств ее вариантов. Сжимающие отображения на каждом этапе синтеза ИТС обеспечивают стремление диаметров множеств допустимых вариантов ИТС к нулю. Поэтому в соответствии с теоремой о вложенных шарах [5] пересечение этих множеств сводится к одной точке, и этой точкой является предпочтительный вариант ИТС O^* .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Основу разработки ИТС составляет задача оптимально-временного распределения разнородного информационного ресурса и множества различных связей АПС на основе использования методов ее синтеза.

2. Эффективность решения ИТС определенного множества УТЗ характеризуется целевой функцией, которая в зависимости от системы предпочтений ее заказчика формулируется в варианте задачи минимизации затрат при условии решения определенного числа задач.

3. Обоснование облика ИТС представляется в виде циклического процесса, характеризующегося в последовательном исследовании ее свойств с наращиванием представлений с использованием категорий синтеза: стадий (циклов), аспектов (целевого (концептуального), функционального, морфологического, структурного, параметрического) и уровней (внешнесистемного, внутрисистемных). При этом оптимизация облика ИТС осуществляется поаспектно и поуровнево, начиная с этапа концептуального синтеза и оканчивая параметрическим синтезом, обеспечивающим последовательное раскрытие и обоснование его назначения, принципов функционирования, состава, структуры и характеристик.

4. Сходимость вариантов ИТС осуществляется по аспектам на основе проверки в метрическом пространстве расстояний между любыми допустимыми вариантами ее облика. Так как метрическое пространство допустимых вариантов является сжимающим и имеет одну и только одну неподвижную точку (принцип сжимающих отображений), то последовательность синтезируемых вариантов ИТС будет сводиться к предпочтительному варианту.

Список литературы

1. Мистров Л.Е., Поляков О.В. Метод синтеза интеллектуальных тренажерных систем подготовки специалистов по применению радиоэлектронных объектов // Информационные системы и технологии. 2021 № 6 (128). С. 78–82.
2. Мистров Л.Е., Головченко Е.В., Перминов Г.В. Системотехнические основы проектирования сложных технических комплексов (систем) // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. №5 (69). С. 71–78.
3. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализ. – М.: Наука, 1981. – 543 с.
4. Канторович Л.В., Акимов Г.П. Функциональный анализ. – М.: Наука, 1977. – 744 с.
5. Натансон И.П. Теория функций вещественной переменной. – М.: ГИТТЛ, 1957. – 552 с.

References

1. Mistrov L.E., Polyakov O.V. Method of synthesis of intelligent training systems for training specialists in the use of radio-electronic objects. Information systems and technologies. 2021. No. 6 (128), pp. 78–82.
2. Mistrov L.E., Golovchenko E.V., Perminov G.V. Systems engineering foundations for designing complex technical complexes (systems). Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2022. No. 5(69), pp. 71–78.
3. Kolmogorov A.N., Fomin S.V. Elements of the theory of functions and functional analysis. Moscow: Nauka Publ., 1981, 543 p.
4. Kantorovich L.V., Akimov G.P. Functional analysis. Moscow: Nauka Publ., 1977, 744 p.
5. Natanson I.P. Theory of functions of a real variable. Moscow: State Publishing House of Technical and Theoretical Literature, 1957, 552 p.