

МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ (ТРЕНАЖНЫХ) ЗАДАЧ ПРИМЕНЕНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Мистров Л.Е., д-р техн. наук, проф., проф. кафедры ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Центрального филиала «РГУП», гл. спец. ФГБУ «Институт стандартизации»

Поляков О.В., преподаватель ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Рассматриваются вопросы подготовки специалистов по применению сложных технических объектов (СТО) в ходе принятия решений, вытекающих из анализа построения и способов применения объектов в различных формах операций, как целенаправленных совокупностей действий на множестве сценариев противоборства в конкурентной среде с целью повышения эффективности управления организационно-техническими системами (ОТС). Учебная задача представляет различной сложности проблемную ситуацию, которую обучаемый решает как в традиционном формате, так и на основе информационно-тренажных систем (ИТС) в условиях временных и ресурсных ограничений.

Цель разработки ИТС концептуально представляется функцией облика и способов применения СТО на основе системной парадигмы информационного взаимодействия аппаратно-программных средств, аксиоматических правил их функционирования. Особенностью разработки ИТС является комплексное моделирование всех видов целенаправленной деятельности СТО по обеспечению действий ОТС в различных формах операций.

Реализация метода позволяет на основе морфологического анализа информационного процесса конфликтного взаимодействия ОТС выделить основные функции управления СТО, декомпозиция которых до уровня функциональных задач обеспечивает формирование полного множества учебно-тренировочных (тренажных) задач.

Ключевые слова: учебно-тренировочная (тренажная) задача, сложный технический объект, информационно-тренажная система, организационно-техническая система, планирование, корректировка, эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Основу подготовки специалистов по применению сложных технических объектов (СТО) составляет совокупность учебных задач (УЗ), вытекающая из анализа построения и способов применения объектов в различных формах операций, как целенаправленной совокупности действий для повышения эффективности обеспечиваемых ими организационно-технических систем (ОТС) на множестве способов взаимодействия с конкурентной средой, носящей, как правило, негативный характер. УЗ представляет проблемную ситуацию, характеризующуюся: а) наличием в структуре каждой задачи нескольких учебных целей, определяемых функционально-структурными свойствами рассматриваемых вопросов (подзадач) выделенной ситу-

ации; б) множеством и разнородностью решаемых подзадач с недостаточным уровнем формализации функциональных отношений между ними и в) многовариантностью решения. Их учет и практическое разрешение обуславливает необходимость систематизации и структуризации каждой УЗ на множество подзадач, решаемых с использованием как традиционных форм обучения (лекционные, семинарские и групповые занятия), так и перспективных, на основе информационно-тренажных систем (ИТС) для принятия решений обучающимися по способам применения СТО применительно к определенному множеству условий конфликтного взаимодействия элементов и систем управления конкурирующих ОТС за минимальное время [1]. ИТС используется для решения учебно-тренировочных (тренажных) задач (УТЗ), получающихся структуризацией

УЗ на множество слабоструктурированных задач, разрешаемых методами системного анализа и аналитико-имитационного моделирования, с учетом возможностей с аппаратно-программных средств [1, 2].

В общем случае ИТС используется для имитационного моделирования способов применения конкретных образцов СТО на множество управляемых параметров воздействия конкурентной среды. Цель разработки ИТС является функцией облика (состава, характеристик, порядка функционирования) и способов применения СТО, а также состава, правил и алгоритмов функционирования ее аппаратно-программных средств. Это позволяет задачу разработки ИТС в интересах подготовки обучаемых процессам анализа и обоснования решений по способам применения СТО представить задачей разрешения за минимальное (директивное) время проблемной конфликтной ситуации, представляемой в виде различной сложности УТЗ на множестве заданных условий воздействия конкурентной среды в виде

$$F(V) = \max_i \sum_{i=1}^I R_i(Z_i, O_i, S_i, U_i, P_i, M_i, K_i);$$

$$T^* = \min_i \sum_{i=1}^I \sum_{j \in Z_i} T_j(Z_i); \quad T^* \leq T_c; \quad i = \overline{1, I},$$
(1)

где $F(V)$ – функция эффективности решения обучающимся i -ой УТЗ; V_i – множество допустимых вариантов решения i -ой УТЗ; Z_i – допустимое множество УТЗ; O_i – множество варьируемых параметров ИТС для выбора обучающимся оптимальных способов применения СТО; S_i – множество состояний ИТС в пространстве параметров СТО при решении i -ой УТЗ; U_i – множество управляющих воздействий, направленных на перевод ИТС в состояние решения i -ой УТЗ; P_i – множество архитектурных решений (правил, алгоритмов, команд, операндов), описывающих условия перехода ИТС из одного состояния в другое при решении i -ой УТЗ; M_i – множество аппаратно-программных средств, используемых для решения i -ой УТЗ; K_i – подсистема контроля ИТС за работой обучаемого при решении i -ой УТЗ; T^* – суммарное время решения ИТС множества УТЗ; T_{ij} – время решения обучающимся i -ой j -ой сложности УТЗ; T_c – директивное время решения УТЗ.

Основу разработки ИТС на начальных этапах проектирование составляет задача анализа структуры, характеристик и порядка (алгоритмов) функционирования СТО, который в зависимости от важности, частности и уровня решаемых задач ОТС, конструируется для полного покрытия множества решаемых ею задач на множестве условий конфликтного взаимодействия с конкурирующей ОТС. Структура СТО характеризуется взаимосвязанной и взаимообусловленной совокупностью подсистем управления, информационного обеспечения и исполнения и множеством информационных, энергетических, управляющих, исполнительных, казуаль-

ных, пространственных, временных и других связей между ними. Связи в структуре СТО являются функцией передаваемой / принимаемой информации, объем и показатели качества которой зависят от уровня элементов в структуре ОТС и характера решаемых ими задач. Как правило, СТО функционирует в централизованном режиме управления, для него характерна иерархическая многоуровневая структура и динамическое управление ограниченным ресурсом подчиненных элементов – объектов управления (ОУ).

Разработка СТО основывается на определенных с уровня ОТС технических требованиях для обеспечения решения ею основных задач в операции на множестве условий воздействия конкурентной среды, носящей негативный характер. Исходя из этого разработка СТО начинается из анализа цели (функционального критерия эффективности) его применения – обеспечения действий ОТС в различных формах операций с максимальной эффективностью. В цепочке «цель (задача) – СТО – результат» цель представляет некоторый оператор системной упорядоченности действий СТО, образуя способ его применения. В соответствии с [2], объединенная единством цели совокупность действий для реализации способов применения СТО составляет конструктивную основу для структуризации и выделения функций управления (ФУ), определения их вида, содержания и упорядоченности в виде некоторой функциональной структуры действий для разрешения проблемной задачи. Каждая ФУ характеризуется целью, эффективностью, ресурсом, объектами и характеристиками того или иного вида воздействий и способом реализации для достижения предполагаемого эффекта применительно к определенным условиям конфликтного взаимодействия конкурирующих ОТС. ФУ, исходя из анализа способов применения СТО, классифицируются на внешне- и внутрисистемные функции [2, 3] и наполняются в процессе реализации конкретным содержанием.

Процесс определения ФУ для рассматриваемых способов применения СТО, в котором процедуры обоснования способов и обеспечивающих их реализацию ФУ образуют итерационный процесс выбора из них оптимальных (рациональных) вариантов, составляет основу разработки плана действий. Его основой является определение ФУ, обеспечивающих целенаправленный перевод СТО из текущего в требуемое состояние в интересах повышения эффективности применения ОТС. При этом содержание внешне- и внутрисистемных ФУ характеризует цель, структуру и содержание проблемной ситуации, разрешаемой одной или несколькими УТЗ для определения ЛПР способов применения СТО на множестве способов деструктивного воздействия конкурирующей ОТС, подлежащих структуризации для наполнения конкретным содержанием и установления взаимосвязей. ФУ являются той конструктивной основой, на которой ЛПР (обучаемые) получают практические навыки принятия решений по управлению СТО. При этом внешнесистемные ФУ направлены на приобрете-

ние обучающимися навыков по обоснованию и принятию решений по способам применения СТО для заданных условий взаимодействия конкурирующих ОТС, а внутренние – на разработку элементов плана непосредственного управления ОУ и СТО в целом.

Основу разработки ИТС составляет моделирование способов и приемов управления деятельностью СТО для обеспечения действий ОТС в различных формах операций. Целью же разработки ИТС является обучение ЛПР процессам анализа и принятия решений применительно к классу (нескольким типам) СТО, УТЗ применения которых незначительно отличаются [1]. Это обуславливает необходимость обоснования УТЗ осуществлять применительно к стадиям плана (способам) применения СТО, интегрированных с этапами действий ОТС [3]. То есть определение УТЗ должно осуществляться для определенного класса СТО с последующей их детализацией для конкретного типа, обеспечиваемого соответствующим программным обеспечением. Применение данного подхода к обоснованию УТЗ основывается на деференциации полного множества УТЗ из плана применения СТО по этапам действий ОТС в операции с их последующим покрытием имеющимся ресурсом ОУ (моделируемым конкретным типом СТО) – это и определило цель предлагаемой статьи.

ВНЕШЕСИСТЕМНОЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ УТЗ ПРИМЕНЕНИЯ СТО

Содержание УТЗ, вытекающих из анализа плана применения СТО, основывается на выделении внешнесистемных ФУ в виде относительно обособленных устойчиво повторяющихся мероприятий (работ, процедур, операций) для достижения ОТС основной цели в операции. Содержание ФУ основывается на определении способов и приемов управленческой деятельности, обеспечивающих перевод СТО из текущего состояния в требуемое для удовлетворения функционального критерия эффективности его применения. Показателями эффективности ФУ являются показатели, по количественному значению которых при планировании и реализации тех или иных управленческих мероприятий принимаются решения о степени достижения СТО целей поставленных задач. Каждый уровень управления СТО характеризуется своей системой частных показателей эффективности, а критерием эффективности управления им является эффективность выполнения ОТС задач в операции.

Основу управления СТО составляет реализация поставленных с уровня ОТС задач, базирующихся на согласовании между собой всех ФУ, распределения их по времени, месту и ОУ. Процесс разработки вариантов способов применения СТО представляет план, обеспечивающий интеграцию основных ФУ в операции.

Функции управления представляют относительно обособленные функции направленного действия, обеспечивающие выработку и реализацию управляющего воздействия органа управления СТО на подчиненные ОУ; они делятся на основные и частные (конкретные). Применительно к системе управления СТО выделяют основные и частные (конкретные) ФУ, проявляющиеся при реализации способов его применении [2, 3].

Основные ФУ – содержание составляют вопросы, задачи и мероприятия, направленные на поддержание требуемого уровня эффективности применения СТО.

Частные ФУ – представляют результат структуризации направлений управления СТО в зависимости от сложности способов применения и условий применения ОУ.

К основным ФУ относятся функции, которые: реализуются системой управления СТО на всех уровнях; инвариантны частным функциям, например, управление СТО, обеспечивающее весь цикл управления его применения, должно быть спланировано, организовано, проконтролировано и скорректировано; обеспечивают управляемость подчиненных органов и объектов управления. Исходя из [2, 3] в качестве основных ФУ СТО выделяют функции планирования, организации, контроля и корректировки (оперативное управление).

Все основные и частные ФУ реализуются соответствующими должностными ЛПР на основе определенной управленческой деятельности в виде совокупности устойчиво повторяющихся взаимосвязанных мероприятий для обеспечения управляемости ОУ и СТО в целом (см. рис. 1). Каждая функция направлена на реализацию мероприятий (конкретные практические и на уровне мышления действия), необходимых для выполнения каждой основной ФУ. Выполнение каждой основной ФУ осуществляется определенным количеством конкретных только для этой функции управленческих мероприятий ЛПР.

Основу основных ФУ составляет обобщенная функция анализа, обеспечивающая реализацию процессов оценки результатов учета, контроля и фактического состояния СТО или объема управленческих мероприятий на всех стадиях плана и процесса обоснования способов применения для решения поставленных задач, а также установление отклонений от запланированных параметров его применения. Она предшествует принятию решений, направленных на поддержание эффективности функционирования ОУ на запланированном уровне.

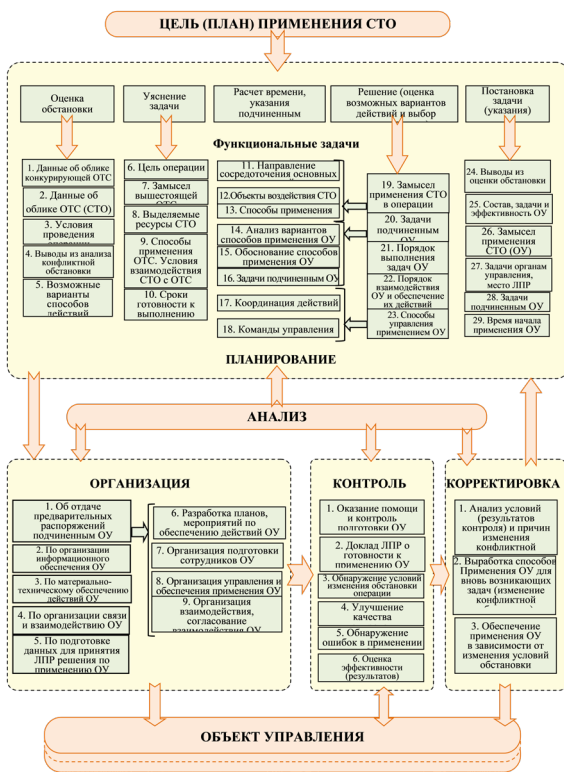


Рис. 1. Основные функции управления применением СТО

Проведенный анализ внешнесистемных ФУ позволяет провести структуризацию процесса управления СТО для обеспечения смены качественных состояний функционирования его ОУ применительно к множеству деструктивных действий конкурирующей ОТС, происходящих в результате последовательной реализации основных ФУ, т.е. функция спланирована, если определены цель и вариант способа ее достижения. Он раскрывает внешнесистемные функции плана, динамику принятия управленческих решений ЛПР по обоснованию предпочтительных способов применения СТО и позволяет сформировать УТЗ применения его ОУ применительно к способам взаимодействия конкурирующих ОТС в операции.

ВНУТРИСИСТЕМНОЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ УТЗ ПРИМЕНЕНИЯ СТО

Внутрисистемные ФУ обеспечивают непосредственную реализацию процесса управления применением СТО на основе сохранения его организационной структуры, реализации потенциальных возможностей, поддержания режима устойчивого функционирования и создания необходимых условий для достижения цели ОТС в операции (реализации внешнесистемной функции управления). Содержанием внутрисистемной ФУ (как и внешнесистемной ФУ) являются частные функции: планирование, организация, контроль и корректировка, реализация которых осуществляется ЛПР на основе установленных должностных

обязанностей. Сущность работы ЛПР заключается в выполнении комплекса мероприятий, посредством которых реализуются основные ФУ для выполнения плана применения СТО. Задачи ЛПР органа управления СТО охватывают весь перечень вопросов обеспечения эффективного решения задач подчиненными ОУ в соответствии с их планами применения.

ЛПР органов управления СТО по результатам анализа и уточнения представленных органами управления ОУ предложений (вариантов) плана принимается решение на осуществление планируемого способа применения и выбора оптимального. В общем случае, оно исходя из объективных закономерностей применения СТО, представляет результат субъективной деятельности ЛПР, определяющей цель действий подчиненных ОУ и порядок ее достижения. Решение является результирующим выводом, подводящим итог определенному этапу деятельности ЛПР, позволяющем из множества вариантов выполнения задачи выбрать оптимальный. Принятое решение ЛПР с уровня СТО доводится в виде распоряжений подчиненным должностным ЛПР для разработки планов применения ОУ.

Внутрисистемные ФУ применением СТО обеспечивают: а) раскрытие содержание мероприятий для выполнения внешнесистемных ФУ и б) дальнейшую структуризацию сформированного множества УТЗ для решения задач обеспечения действий ОТС на множестве условий воздействия конкурентной среды.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ УТЗ ПРИМЕНЕНИЯ СТО

УТЗ представляется в виде совокупности данных о процессе взаимодействия конкурирующих ОТС, позволяющем ее выделить из всего множества анализируемых данных и сгруппировать в структуре ИТС с другими УТЗ. Ее выделение основывается на результатах классификации на основе отнесения к множеству УТЗ с анализируемыми свойствами и осуществления последующей идентификации – поэкземплярного распознавания.

Множества внешнесистемных и внутрисистемных признаков и идентифицированных и / или классифицированных УТЗ составляют информационную основу их идентификации в структуре ИТС. Выделение в структуре ИТС существенных различий между классами УТЗ, выражающихся через различия в признаках, позволяет осуществить их гомоморфное представление в соответствующих шкалах измерений, для объединения в классы.

В зависимости от содержания анализируемых признаков для их представления при решении задачи классификации / идентификации могут использоваться различные математические способы, основанные на принципах [4]:

- сравнения с эталоном – применяется, когда класс описывается одним или несколькими эталонными УТЗ, т.е. множество УТЗ одного класса задается перечислением его признаков;
- кластеризации – соответствует предикатному способу задания множеств на основе системы ограничений по значениям признаков; каждому классу УТЗ в этом случае сопоставляются определенные интервалы значений признаков;
- общности свойств – соответствует способу задания множеств порождающей процедуры, которая и определяет свойства УТЗ – существенные признаки данного множества.

Основу способов применения СТО составляет задача оптимизации внешне- и внутрисистемных ФУ по этапам операции ОТС, основанная на использовании логико-эвристических методов формирования ФУ и их идентификации для выделения общих. Для этого первоначально в соответствии с третьим принципом проводится конкретизация плана применения СТО и выделение на структурированной совокупности функциональных задач (ФЗ)

конечного множества $\Phi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_j, \dots, \varphi_J\}$ ФУ, выполняемых на стадиях Φ^n планирование, Φ^m организация, Φ^a контроль и Φ^b корректировка. Для каждой ФЗ множества Φ определяются способы их реализации объектами управления СТО, что позволяет осуществить идентификацию j -х ФЗ на основе присвоения каждой из них s -го признака способа решения i -ой УТЗ. При этом каждое из входящих в Φ множеств ФЗ, в зависимости от значения идентификатора s -го способа ее решения в i -ой УТЗ, относится к одному из подмножеств $\Phi^n \subset \Phi$, $\Phi^m \subset \Phi$, $\Phi^a \subset \Phi$, $\Phi^b \subset \Phi$, а $\Phi = \Phi^n \cup \Phi^m \cup \Phi^a \cup \Phi^b$.

Множество всех ФЗ, подлежащих выполнению СТО поэтапно в операции, формально представляется в виде:

$$\Phi = \{\Phi_j = \langle N_j, S_j \rangle | \Phi_j \in \Phi, j = 1, \dots, J\}, \quad (2)$$

где N_j – идентификатор (условный номер, наименование и т.п.) j -ой ФЗ; S_j – идентификатор решения j -ой ФЗ при выполнении i -ой УТЗ.

Это позволяет определить (уточнить) возлагаемые на каждый объект управления СТО перечень Φ функций для снижения качества функционирования объектов воздействия (ОВ) конкурирующей ОТС и осуществить их дальнейшую структуризацию исходя из последовательного выполнения в соответствии с рис. 1 соответствующих ФЗ в виде:

$$\begin{aligned} \Phi^n &= f_1^n \cup f_2^n \cup \dots \cup f_n^n; & n &= 1, \dots, 29; \\ \Phi^m &= f_1^m \cup f_2^m \cup \dots \cup f_m^m; & m &= 1, \dots, 9; \\ \Phi^a &= f_1^a \cup f_2^a \cup \dots \cup f_a^a; & a &= 1, \dots, 6; \\ \Phi^b &= f_1^b \cup f_2^b \cup \dots \cup f_b^b; & b &= 1, \dots, 3; \end{aligned} \quad (3)$$

в которых f_i^j – функция, получаемая в результате декомпозиции φ_j -ой ФЗ.

Уровень декомпозиции $l, l=1, 2, 3, \dots, L$, отражает степень структуризации ФЗ φ_i функции для реализации соответствующим ОУ. Число L уровней декомпозиции функций определяется из условия выполнения Φ внутрисистемных функций ОУ. В результате декомпозиции формируется множество $F = \{F_j\}$ ФУ процессом решения ОУ каждой φ_j ФЗ.

Для всех $f_i^j \in F$ ФУ на основе концептуального представления СТО и принципа системного покрытия ОУ каждой ФЗ проводится их идентификация присвоением признака (идентификатора). Каждая идентифицируемая таким образом $F^{(p)} = (f_i^i, f_i^m, f_i^a, f_i^b, f_i^m, f_i^a, f_i^b, \dots)$ ФУ, далее включается в соответствующее подмножество функций с признаками реализуемости g , содержащими символы p, m, a и b в виде:

$$\begin{aligned} A &= \cup_n (f_j^n, f_j^{nm}, f_j^{na}, f_j^{nb}); \\ B &= \cup_m (f_j^m, f_j^{mm}, f_j^{ma}, f_j^{mb}); \\ C &= \cup_a (f_j^a, f_j^{am}, f_j^{aa}, f_j^{ab}); \\ D &= \cup_b (f_j^b, f_j^{bn}, f_j^{bm}, f_j^{ba}). \end{aligned} \quad (4)$$

Следует отметить, что все Φ_j ФУ применением СТО, предназначенные для управления ОУ при решении той или иной j -ой ФЗ входят во все подмножества А-Д, а при идентификации функций, предназначенных для решения Φ_{ij} ФЗ, им присваиваются признаки g реализуемости в составе подмножеств А-Д. Схематичное представление общих ФЗ при реализации основных ФУ применением СТО приведено на рис. 2.

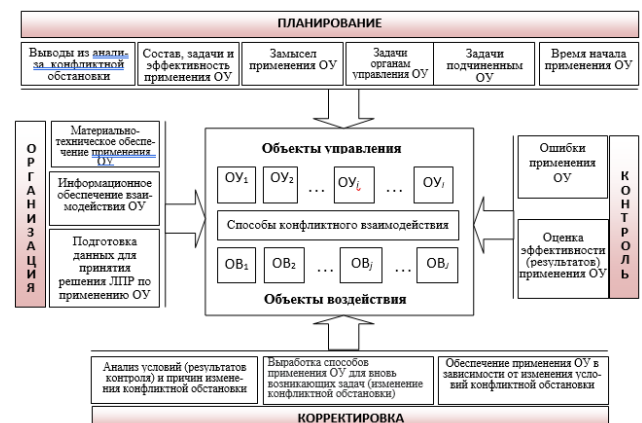


Рис. 2. Схематичное представление обобщенных задач основных ФУ применением СТО

Наличие у идентификатора p нескольких символов порождает пересечение подмножеств $A \subset F, B \subset F, C \subset F$ и $D \subset F$, множество которых имеет вид:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= [F_n^n]; & R_2 &= [F_m^m]; & R_3 &= [F_a^a]; & R_4 &= [F_b^b]; \\
 R_5 &= [F_n^n \cap F_m^m]; & R_6 &= [F_a^a \cap F_b^b]; & R_7 &= [F_m^m \cap F_b^b]; \\
 R_8 &= [F_n^n \cap F_m^m \cap F_a^a]; & R_9 &= [F_n^n \cap F_a^a \cap F_b^b]; & & & & (5) \\
 R_{10} &= [F_n^n \cap F_m^m \cap F_b^b]; & R_{11} &= [F_m^m \cap F_a^a \cap F_b^b]; \\
 R_{12} &= [F_n^n \cap F_m^m \cap F_a^a \cap F_b^b]; & R_{13} &= [F_n^n \cap F_a^a].
 \end{aligned}$$

Для наглядности представления множество возможных ФУ применением СТО применительно к обобщенному варианту R_{12} пересечений подмножеств A, B, C и D приведено на рис. 3 в виде диаграммы Эйлера-Венна, на которой рассматриваемые множества отображены окружностями и на плоскости представляются множеством точек. Остальные варианты R_1 - R_{11} пересечений подмножеств A, B, C и D являются его частными случаями.

На основе варианта R_{12} формируется подмножество $W = \{W_j | W_j \in W, J = 1, \dots, |W|\}$ вариантов распределения f_j частных ФУ применением СТО, определяющих возможное подмножество Φ^i, Φ^m, Φ^a и Φ^b функций для их реализации соответствующими ОУ на основе комбинации всех возможных вариантов.

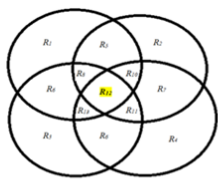


Рис. 3 Диаграмма Эйлера-Венна для $R_{12} = [F_n^n \cap F_m^m \cap F_a^a \cap F_b^b]$ варианта пересечения подмножеств A, B, C и D

Обоснование УТЗ производится на основе последовательной структуризации ФУ применением СТО до уровня конфликта взаимодействующих подчиненных ОУ с соответствующими элементами (ОВ) конкурирующей ОТС, которые по совокупности своих свойств

удовлетворяют требованиям конфликтного взаимодействия ОТС с сохранением внешнесистемных отношений по управлению (подчиненности), информационному обеспечению и исполнению. Как уже отмечалось, i -ая УТЗ ($i \in Z_i$) используется для разрешения проблемной ситуации, характеризуемой взаимозависимой совокупностью параметров состояния соответствующих элементов (определяются типом, характеристиками и алгоритмами функционирования) конкурирующей ОТС (Q_i), элементов ОТС (G_i), способами их конфликтного взаимодействия (C_i) и условиями внешней среды (Y_i), зафиксированными на рассматри-

ваемый момент времени. Ее выделение базируется на систематизации, формализации и идентификации свойств элементов конкурирующих ОТС на уровне проблемной ситуации, определяющей их взаимосвязи и зависимости как функций тактико-технических характеристик.

В общем виде задача по определению i^* УТЗ формулируется следующим образом: требуется из Θ множества Z_i возможных задач (решений) найти

$$\begin{aligned}
 i^* &\in Z_i, \quad i = \overline{1, \Theta}; \\
 i^* &= (q_i)^* \wedge (g_i)^* \wedge (y_i)^* \wedge (c_i)^*; & (6)
 \end{aligned}$$

$$(q_i)^* \in Q_i; \quad (g_i)^* \in G_i; \quad (y_i)^* \in Y_i; \quad (c_i)^* \in C_i$$

такое, для которого отображение из $\{i^*\} \rightarrow Z_i$ однозначно идентифицирует разбиение множества Z_i на k -ые классы эквивалентных УТЗ, в каждый из которых входят i^* типовые с позиции СТО.

Процесс выделения УТЗ определяется количеством и содержанием рассматриваемых признаков. Каждая УТЗ характеризуется совокупностью различного типа и физической сущности признаков и методами приведения данных признаков к оптимальному виду для вычислительной обработки.

Построение классов эквивалентных УТЗ Z_1, Z_2, \dots, Z_k осуществляется посредством вводимых элементарных признаков (i -ая УТЗ входит в один из этих классов Z_i , если она обладает элементарными признаками, характеризующими этот класс). Задачи множества Z – возможные УТЗ, которые не входят ни в один из классов Z_1, Z_2, \dots, Z_k , например, отсутствуют ОУ для их решения, определяется через Z_{k+1} . Классы Z_1, Z_2, \dots, Z_k строятся посредством фиксированных аксиоматических правил; последний класс Z_{k+1} однозначно определяется заданием классов Z_1, Z_2, \dots, Z_k .

Каждая $i^* \approx Z_k$ УТЗ характеризуется множеством признаков

$\Omega, \omega_i \in \Omega$ различной физической природы и содержания, перечень которых вытекает из анализа характеристик ОУ СТО и элементов конкурирующей ОТС. Под признаком понимается характеристика, способная обеспечить нахождение таких классов УТЗ, которые позволяют исключить неоднозначные решения по нахождению.

Размерность пространства признаков, согласно [5], увеличивается $Z_1, Z_2, \dots, Z_k, Z_i \cap Z_j = \emptyset, i \neq j$ и $\bigcup_i Z_i = Z$.

до тех пор, пока любые два класса УТЗ не будет линейно разделено. Когда уже определены классы $Z_1, Z_2, \dots, Z_k, Z_{k+1}$, выделение УТЗ осуществляется с использованием, например, метода линейного «развала на кучи» [6].

Определение же элементарных признаков (вектора) $Q_i (G_i, C_i)$ производится факторизацией пространства характеристик элементов конкурирующей ОТС, вытекающих из анализа номенклатуры выполняемых ими функций и возможностей элементов СТО по информационному воздействию на них. Вектор $Q_i (\dots)$ характеризуется $j=1, \dots, K$ – множеством показателей качества каждого элемента конкурирующей ОТС, $x=x_i, \dots, K$ – множеством порядковых шкал показателей качества (абсолютных шкал для количественных значений характеристик элементов) и $j=1, \dots, K$ – числом градаций по шкале j -го показателя качества.

Предполагается, что имеющиеся значения на шкале каждого показателя качества перенумерованы в порядке убывания их качества (лучшей градации по j -му показателю качества соответствует его наибольшее значение, а худшей – ω_j). Тогда $x_j = (\max, \dots, \omega_j)$.

С учетом этого, вектор Q_i в общем виде представляется зависимостью

$$\begin{aligned} Q_i &= q_{i1} \wedge q_{i2} \wedge \dots \wedge q_{ij} \wedge \dots \wedge q_{iK}; \\ q_{ij} &\in Q_j, \quad q_i = (q_{i1}, \dots, q_{iK}); \\ L &= |Q_j| = \prod_{j=1}^K \omega_j; \quad j = \overline{1, K}, \end{aligned} \quad (7)$$

где K и q_{ij} – соответственно множество и идентификаторы показателей качества конкурирующей ОТС; Q_j – градация по шкале j -го показателя качества, приписанная векторной оценке q_{ij} ; L – мощность множества Q_j .

Определение числовых значений q_{ij} – элементарных признаков j -ых показателей (по X_j их порядковых шкал) вектора Q_i осуществляется на основе антирефлексивного и транзитивного отношений строгого доминирования P^0 , определяемого на Q_i порядковостью шкал показателей качества с учетом частности (f_{ij}) появления оценок, по формуле

$$\begin{aligned} P^0 &= \{(q_{ij}, q_{i+1,j}) \in Q_j \times Q_j / \forall i = 1, \dots, \Theta', \\ q_{ij} &\leq q_{i+1,j} / f_{ij} \leq f_{i+1,j}\}, \end{aligned} \quad (8)$$

когда $\exists P \ q_{jp} < q_{ip+1} / f_{jp} < f_{ip+1}; \quad q_j \in Q_j; \quad \Theta' \in \Theta;$

$$f_{ij} = q_{ij} / \sum_{j=1}^{\Theta'} q_{ij},$$

где Θ' – число вариантов решений.

В соответствии с этим выбор предпочтительного решения на Q_j представляется в виде поиска решения на

$f: Q_j \rightarrow \{q_{ij}, i = 1, \dots, \Theta'\}, \bigcup_{j=1}^{\Theta'} q_{ij} = Q_j$ такого, что если

$\exists (\forall i = 1, \dots, \Theta') q_j / f_j \in P^0$ и $q_j / f_j \in Q_j$, то $q_{1j} \in Q_k$

$k > l, \Theta' \in \Theta$. Отсюда следует, что никакая оценка из Q_j не может быть отнесена к менее предпочтительному решению на выбор элементарных признаков, чем та, над которыми она доминирует.

Если $\{q_j : Q_j\} \Rightarrow q_j = q_j^*$, то с учетом этого значение наиболее предпочтительной оценки вектора Q_j может быть определено как $(q_j)^* = \bigcup_{j=1}^K (q_{ij})^*$.

Поступая аналогичным образом, определяются вектора $G_i (\dots)$ и $C_i (\dots)$ с использованием соответствующего множества показателей качества путем установления отношений

$\hat{a}Rb \Leftrightarrow (a, b) \in R, R \subset a \times b$ на множестве Z_i . Совокупность задач, для которых выполнено данное условие, обеспечивает формирование возможного $\overline{\Omega}$ множества УТЗ. Порождение же допустимого множества УТЗ осуществляется на основе исключения из $\overline{\Omega}$ УТЗ, для которых подчиненными объектами управления СТО не выполняются условия $\hat{a}Rb \Leftrightarrow (a, b) \notin R$. Это обеспечивает осуществить обоснованный выбор Ω множества допустимых УТЗ обеспечения СТО действий целевой ОТС в различных формах операций.

В заключение следует отметить, что предложенный метод позволяет на основе морфологического анализа информационного процесса конфликтного взаимодействия ОТС выделить основные ФУ применением СТО, декомпозиция которых до уровня функциональных задач обеспечивает формирование полного множества УТЗ. Анализ возможностей ОУ по их выполнению обеспечивает формирование допустимого множества УТЗ – основы разработки ИТС подготовки специалистов (ЛПР) по разрешению проблемных ситуаций управления применением СТО в различных формах операций.

Список использованных источников и 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., Поляков О.В. Метод обоснования учебных задач применения сложных технических объектов // Успехи современной радиоэлектроники. 2023. Том 77. № 1. С. 69–80.
3. Мистров Л.Е. Методологические основы формализации процесса разработки плана применения организационно-технических систем // Информационные системы и процессы. 2022. №5 (133). С. 73–82.
4. Сазонов К.В., Татарка М.В. Многопараметрическая модель формирования признаков описаний объектов для исследования свойств алгоритмов классификации // Научно-технические технологии. 2022. Т. 23. № 7. С. 50–69.
5. Васильев В.И., Овсянникова Ф.П., Боекмуратов К.А. Разделяющая сила признаков в задачах обучения распознаванию методом предельных упрощений // Автоматика. 1987. № 4. С. 27–33.
6. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.

METHOD OF SUBSTANTIATION OF EDUCATIONAL TRAINING (SIMULATION) TASKS OF APPLICATION OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS

Mistrov L.E., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of the All-Russian Scientific Center of the VUNC VVS «VVA named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin», Central Branch of «RGUP», Chief Specialist, Russian Standardization Institute

Polyakov O.V., Teacher of the VUNC VVS «VVA named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin»

The issues of training specialists in the use of complex technical objects (CTO) in the course of decision-making arising from the analysis of the construction and methods of using objects in various forms of operations as purposeful sets of actions on a variety of scenarios of confrontation in a competitive environment in order to improve the efficiency of management of organizational and technical systems (OTS) are considered. The educational task presents a problem situation of varying complexity, which the student solves both in the traditional format and on the basis of information and training systems (ITS) in conditions of time and resource constraints.

The purpose of ITS development is conceptually represented as a function of the appearance and methods of CTO application based on the system paradigm of information interaction of hardware and software, axiomatic rules of their functioning. A feature of ITS development is the complex modeling of all types of purposeful activities of the service station to ensure the actions of the OTS in various forms of operations. The implementation of the method makes it possible, based on the morphological analysis of the information process of conflict interaction of OTS, to identify the main control functions of CTO, the decomposition of which to the level of functional tasks ensures the formation of a complete set of training (simulator) tasks.

Keywords: educational and training (simulation) task, complex technical object, information and training system, organizational and technical system, planning, adjustment, efficiency.

References

1. Mistrov L.E., Polyakov O.V. Synthesis method of intelligent training systems for training specialists in the application of radio-electronic objects // Information systems and technologies. 2021. No. 6 (128). Pp. 78–82.
2. Mistrov L.E., Polyakov O.V. The method of substantiation of educational tasks for the use of complex technical objects // Successes of modern radio electronics. 2023. Volume 77. No. 1. Pp. 69–80.
3. Mistrov L.E. Methodological bases of formalization of the process of developing a plan for the application of organizational and technical systems // Information systems and processes. 2022. No. 5 (133). Pp. 73–82.
4. Sazonov K.V., Tatarka M.V. Multiparametric model for the formation of feature descriptions of objects for the study of the properties of classification algorithms // Naukoemkie tekhnologii. 2022. V. 23. No. 7. S. 50–69.
5. Vasiliev V.I., Ovsyannikova F.P., Boekmuratov K.A. The separating power of features in the problems of learning recognition by the method of limiting simplifications // Avtomatika. 1987. No. 4. Pp. 27–33.
6. Pospelov D.A. situational management. Theory and practice. – M.: Nauka, 1986. – 288 p.