

проблемы безопасного развития относятся, в первую очередь, к составителям технических заданий и тем, кто будет нанимать их на работу.

Литература:

1. International Commission on Stratigraphy. – URL: <https://stratigraphy.org/chart> (дата обращения 20.09.2024).

2. Журавлёв Д.В., Смолин В.С. Нейросетевая революция искусственного интеллекта и варианты её развития / Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 6-й Международной конференции (2-3 февраля 2023 г., Москва). – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2023. – С. 223-244.

3. Система управления безопасностью искусственного интеллекта», версия 1.0. – URL: <https://www.tc260.org.cn/front/post/Detail.html?id=20240909102807> (дата обращения 20.09.2024).

---

**Мистров Л.Е.**

### **Основы обоснования критерия информационной безопасности организационно-технических систем**

**Аннотация:** Приводится, исходя из анализа множества потенциальных рисков и угроз функционированию организационно-технической системы (ОТС), обоснование критерия эффективности применения сил и средств информационной безопасности (ИБ) – основы управляющего решения ИБ. Критерий эффективности определяется вероятностью обеспечения эффективного применения ОТС при условии обеспечения изоморфизма между множествами элементов управляющего решения ИБ и конкурирующих ОТС.

**Ключевые слова:** организационно-техническая система, конкуренция, угрозы, информационная безопасность, показатель, критерий эффективности, изоморфизм

В современных условиях важной является задача обеспечения применения организационно-технических систем (ОТС) с

заданной / максимальной эффективностью в условиях конкурентного, в основном деструктивного, взаимодействия с различного уровня системами. Для обеспечения их эффективного применения при решении целевых задач в финансово-экономических операциях применяются системы информационной безопасности (СИБ) в виде объединенных единством цели элементов управления, информационного обеспечения и исполнения – ИБ. Их применение основывается на информации об облике (составе, характеристиках и алгоритмах функционирования) своей и конкурирующих ОТС, а также стратегиях управления и способах их реализующих действий.

Управление СИБ представляет, обусловленную объективными законами взаимодействия ОТС, целенаправленную организационную деятельность лиц, принимающих решение (ЛПР), направленную на обеспечение безопасности функционирования своей ОТС на множестве различного типа угроз со стороны конкурирующих ОТС. Основу управления составляют процессы анализа условий взаимодействия ОТС и используемые методы и средства ИБ, реализуемые в решении ЛПР, базируясь на методах анализа и синтеза. Управляющее решение (УР) ЛПР основывается на методах, стратегиях и способах действий и отражает индивидуальный и динамический процесс выбора из альтернативных вариантов предпочтительного УР на множестве внешнесистемных и внутрисистемных свойств (противоречий) взаимодействия ОТС. Решение представляет процесс выбора ЛПР из конечного множества альтернативных вариантов предпочтительного, представляющего многокритериальную функцию качественно-количественных исходных данных об облике и способах применения конкурирующих ОТС.

Основу выбора предпочтительного варианта решения ЛПР составляет критерий оптимальности УР, получаемый на основе свертки показателей эффективности взаимодействия элементов конкурирующих ОТС. Подавляющее большинство задач выбора УР основывается на процедуре попарного сравнения их альтернативных вариантов, достоинствами которой являются наглядность, ясность физического содержания и возможность сравнительно простой формализации. Теоретическая и практическая конструктивность процедуры попарного сравнения

вариантов решений позволяет ее использовать и для выбора предпочтительного УР ЛПР.

Общей математической основой процедуры попарного сравнения альтернатив является аппарат бинарных отношений. Предпочтительность в терминах бинарных отношений может определяться с позиций принципов рациональности и удовлетворения. В практике синтеза наибольшее распространение получил принцип рациональности, применительно к которому осуществляется обоснование принципа предпочтительности УР ЛПР с учетом объективно существующей неопределенности исходных представлений о конфликте и решаемых в нем ОТС задачах, и фактически определяющих метод, сущность и содержание задачи синтеза УР.

По существу, в такой постановке задача синтеза охватывает весь комплекс исследований, связанный с синтезом УР ЛПР, и в силу своей общности не формализуется. В практике обоснования различного типа решений в целях облегчения формализации постановка задачи синтеза УР рассматривается в узком смысле и в основном к выбору предпочтительного варианта.

Основным элементом постановки задачи синтеза УР ЛПР является критерий эффективности, вытекающий из раскрытия содержания принципа предпочтительности. В содержательном смысле он выражает трансформированную ЛПР систему предпочтений и представляет правило выделения из множества допустимых вариантов  $V_d$  подмножества предпочтительных вариантов  $V^{opt}$ .

Одной из наиболее конструктивных форм представления принципа предпочтительности являются отношения предпочтения  $R$  в виде точно-множественного отображения  $\mathcal{A}$ , которое ставит в соответствие каждому подмножеству множества  $V_d$  подмножество множества  $V^{opt}$ :

$$\mathcal{A} : V_d \rightarrow V^{opt}, \quad V^{opt} \in V_d. \quad (1)$$

Отображение  $\mathcal{A}$  как принцип предпочтительности вытекает из анализа цели УР и должно быть устойчивым к незначительным изменениям характеристик элементов конфликта, а также логически

согласовываться с системой принципов предпочтительности ЛПР при выборе предпочтительного варианта. Поскольку (1) не содержит в явном виде количественной основы для выбора предпочтительного варианта решения ЛПР, представим отображение  $\mathcal{G}$  в виде композиции отображений:

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_e \circ \mathcal{G}_e^{-1}, \quad (2)$$

где  $\circ$  – знак формы композиции отображений;

$\mathcal{G}_e$  – отображение множества  $V_d$  в некоторую область  $Am$  – мерного пространства  $E^m$  оценок свойств решения ЛПР  $\mathcal{G}_e: V_d \rightarrow A$ ,  $A \subseteq E^m$ ;  $\mathcal{G}_e^{-1}$  – обратное отображение множества  $A$  во множество  $V_d$ :  $\mathcal{G}_e^{-1}: A \rightarrow V^{opt}$ ,  $V^{opt} \subseteq V_d$ .

В (2) отображение  $\mathcal{G}_e^{-1}$  собственно и выполняет роль принципа предпочтительности, который выступает в роли критерия эффективности, а отображение  $\mathcal{G}_e$  – целевой функции. Чтобы отображение  $\mathcal{G}_e$  являлось количественной мерой предпочтительности, оно должно быть вещественно-значной функцией полезности ЛПР. Условие существования такой функции определяется теоремой: если бинарное отношение  $R$  предпочтения на множестве допустимых вариантов  $V_d$  является строгим частичным порядком, то существует такая вещественно-значная функция  $U$  на  $V_d$ , что для всех допустимых вариантов  $v'$ ,  $v'' \in V_d$  выполняется соотношение:

$$v' R v'' \Leftrightarrow U(v') > U(v''). \quad (3)$$

Отношение  $R$  является антирефлексивным, транзитивным, а, следовательно – строгим частичным порядком. Поэтому в задаче синтеза УР любому его варианту может быть поставлено в соответствие вполне определенная оценка его полезности (эффективности), которая является основой для выбора предпочтительных вариантов.

Если  $\mathcal{G}_e^{-1}$  является изоморфным, то (3) позволяет преобразовать принцип максимума полезности в принцип максимального

элемента, составляющего основу синтеза УР:  $Max\langle V_d, R \rangle = Arg \max_{v \in V_d}$

$U(v)$  и при определенной содержательной трактовке полезности позволяет свести задачу синтеза решения ЛПР к задаче математического моделирования.

Основу критерия эффективности решения ЛПР составляет установление отношений между внешне- и внутрисистемными функциями принятия решения (ФПР), определяющих процесс разработки УР для определенной структуры конфликта ОТС. Это позволяет в основу критерия обоснованности задач ЛПР определить в структурно-функциональном отношении изоморфизм отношений между  $\varphi_i$  множеством элементов УР ЛПР и  $\varphi_j$  множеством элементов конкурирующих ОТС для определения степени обоснованности решаемых им задач выработки элементов решения по управлению ИБ.

В общем случае, обоснование решения ЛПР на множестве элементов конкурирующих ОТС базируется на установлении зависимости внешнесистемных ФПР от состава и характеристик внутрисистемных ФПР в предположении последовательной, взаимосвязанной и взаимно упорядоченной реализации во времени внешнесистемных функций. Внутрисистемные ФПР характеризуют внутреннее строение УР, а внешнесистемные – действия ЛПР для решения целевой функции. Определение целевой функции вытекает из анализа функциональных и структурных свойств ОТС, проявляющихся в процессе их взаимодействия, и может быть на начальном этапе исследований представлено в виде семантической модели. Формализованное представление ФПР ЛПР образует семантическую модель  $\bar{S}_i = \langle \tilde{\varphi}_i, \bar{\varphi}_i, P(\tilde{\varphi}_i, \bar{\varphi}_i) \rangle$  (аналогично для ОТС  $\bar{S}_j = \langle \tilde{\varphi}_j, \bar{\varphi}_j, P(\tilde{\varphi}_j, \bar{\varphi}_j) \rangle$ ), в которой между элементами множества  $\varphi_i$  ( $\varphi_j$  для отражения взаимодействия ОТС) устанавливаются отношения предикатом целостности  $P(\tilde{\varphi}_i, \bar{\varphi}_i)$  (для ОТС  $P(\tilde{\varphi}_j, \bar{\varphi}_j)$ ), отображающие во внутреннем содержании УР (конфликта ОТС) наличие тех или иных отношений между его элементами – это логическая пропорциональная функция, определенная для  $\varphi_i$  ( $\varphi_j$ ) и принимающая значение истинности / ложности. При этом множество  $\varphi_j$ , отражающее по сути стратегии и способы

взаимодействия ОТС  $\varphi_{jA}$  и  $\varphi_{jB}$  определяется на основе  $\varphi_{jA} \cap \varphi_{jB} \in \varphi_j$ . Множество элементов модели  $\varphi_i$  ( $\varphi_j$ ) представляет содержательную часть УР ЛПР (конфликта ОТС), т.е.  $\bar{S}_i = \{N, P_1, P_2, \dots, P_n\}$  ( $\bar{S}_j = \{M, P_1, P_2, \dots, P_m\}$ ).

Семантическая модель, направленная на осуществление преобразования внутрисистемных  $\bar{\varphi}_i$  во внешнесистемные  $\tilde{\varphi}_i$  ФПР (представляемых в виде подмоделей)  $f: \bar{\varphi}_i \rightarrow \tilde{\varphi}_i$  представляется вектором:

$$\bar{S}_i = \langle \tilde{\varphi}_i, \bar{\varphi}_i, P(\tilde{\varphi}_i, \bar{\varphi}_i) \rangle, \quad (4)$$

где  $\bar{\varphi}_i$  – подмодель, определяющая в содержании УР условия реализации внешнесистемной ФПР;

$\tilde{\varphi}_i$  – подмодель, определяющая структуру УР при его внутрисистемном рассмотрении;  $P(\tilde{\varphi}_i, \bar{\varphi}_i)$  – предикат целостности, характеризующий назначение УР, семантику моделей  $\bar{\varphi}_i$  и  $\tilde{\varphi}_i$ , семантику преобразования  $f: \bar{\varphi}_i \rightarrow \tilde{\varphi}_i$ , т.е. это логическая пропорциональная функция, определенная для  $\varphi_i$  и принимающая значение  $P(\tilde{\varphi}_i, \bar{\varphi}_i) = 1$ , если  $f: \bar{\varphi}_i \rightarrow \tilde{\varphi}_i$  существует при соответствии между элементами  $\bar{\varphi}_i$  и  $\tilde{\varphi}_i$ ; иначе  $P(\tilde{\varphi}_i, \bar{\varphi}_i) = 0$ .

Наличие подмоделей, определяющих внутрисистемные и внешнесистемную ФПР и предиката целостности, характеризует УР ЛПР как семантическую модель, отражающую функциональные и структурные свойства его решения.

Семантическая модель, направленная на установление условий взаимодействия ОТС и их содержание, реализуется на основе преобразования  $\bar{\varphi}_j$  внутрисистемных во  $\tilde{\varphi}_j$  внешнесистемные ФПР  $f: \bar{\varphi}_j \rightarrow \tilde{\varphi}_j$  и в соответствии с (4) представляется в виде  $\bar{S}_j = \langle \tilde{\varphi}_j, \bar{\varphi}_j, P(\tilde{\varphi}_j, \bar{\varphi}_j) \rangle$ , где  $\bar{\varphi}_j$  – подмодель, определяющая во внутреннем содержании конфликта наличие  $m$ -го числа элементов ОТС при реализации внешнесистемной ФПР;  $\tilde{\varphi}_j$  – подмодель, определяющая структуру конфликта ОТС при его внутрисистемном

рассмотрении;  $P(\tilde{\varphi}_i, \bar{\varphi}_i)$  – предикат целостности, отражающий способы взаимодействия ОТС, семантику моделей  $\bar{\varphi}_j$  и  $\tilde{\varphi}_j$ , семантику преобразования  $f: \bar{\varphi}_j \rightarrow \tilde{\varphi}_j$ , т.е. это логическая пропорциональная функция, определенная для  $\varphi_j$  и принимающая значение  $P(\tilde{\varphi}_j, \bar{\varphi}_j)=1$ , если преобразование  $f: \bar{\varphi}_j \rightarrow \tilde{\varphi}_j$  существует при соответствии между  $\bar{\varphi}_j$  и  $\tilde{\varphi}_j$ ; в противном случае  $P(\tilde{\varphi}_j, \bar{\varphi}_j)=0$ . Множество элементов модели  $\varphi_i$  ( $\varphi_j$ ) представляет содержательную часть УР ЛПР (конфликта ОТС), т.е.  $\bar{S}_i = \{N, P_1, P_2, \dots, P_n\}$  ( $\tilde{S}_j = \{M, P_1, P_2, \dots, P_m\}$ ).

Внешнесистемная ФПР направлена на способы реализации УР и в формализованном виде представляются семантической моделью:

$$\tilde{S}_i = \langle x, y, z, S_y, \bar{S}_i \rangle, \quad (5)$$

где  $x = x(t)$  – вектор входных параметров взаимодействия ОТС, влияющих на решение ЛПР;

$y = y(t)$  – вектор выходной реакции – решения ЛПР при реализации внешнесистемной ФПР на  $x = x(t)$ ;

$z = z(t)$  – вектор состояния решения ЛПР (является результатом применения внешнесистемных ФПР), информация о котором в заданный момент времени позволяет определить выходные характеристик модели  $S_i$ ;  $S_y$  и  $\bar{S}_i$  – функционалы, определяющие результат применения УР  $y(t)$  и его внутреннее состояние  $z(t)$  как функции входных параметров взаимодействия ОТС в виде:

$$y(t) = S_y(z(t), x(t)); \quad z(t) = \bar{S}_i(z(t_0), x(\tau)); \quad \tau \in [t_0, t]. \quad (6)$$

Такое модельное задание функциональной структуры  $S_i$  ( $\tilde{S}_i \in S_i$ ,  $\bar{S}_i \in S_i$ ) и  $S_j$  ( $\tilde{S}_j \in S_j$ ,  $\bar{S}_j \in S_j$ ) в виде элементов и взаимосвязей между ними, вытекающих из внешне- и внутрисистемного анализа ФПР ЛПР, обеспечивает описание характеристик  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$ ,

$z = z(t)$  и представление критериальной функции УР в виде изоморфного отображения:

$$f : S_i(x(t), y(t), z(t)) \Leftrightarrow (f(x(t), y(t), z(t))) \in S_j. \quad (7)$$

Представление критериальной функции УР в виде (7) обеспечивает в структурно-функциональном отношении установление однозначного соответствия между ФПР ЛПР и множеством условий конфликта в виде вектора  $S_j = \langle \varphi_i, \varphi_j, P_{ij}(\varphi_i, \varphi_j) \rangle$  в котором  $P_{ij}(\varphi_i, \varphi_j)$  характеризует решения ЛПР, рассматриваемое взаимодействие ОТС, семантику моделей  $\varphi_i$ ,  $\varphi_j$  и семантику преобразования  $f : \varphi_i \rightarrow \varphi_j$  при условии, что ЛПР определено пространство состояний конкурирующих ОТС в измеряемом параметрическом пространстве конфликта;  $\{i\} (\{j\})$  – множество элементов решения ЛПР (элементов ОТС);  $P_1, P_2, \dots, P_N$  ( $P_1, P_2, \dots, P_M$ ) – предикаты целостности, отображающие множество связей между  $i$ -ми элементами решения ЛПР ( $j$ -ми элементами ОТС), представляющие логическую  $i j$ -ую пропозициональную функцию, определенную между элементами УР ЛПР и элементами ОТС и принимающие значение истинности / ложности. При этом если  $P_{ij}(\varphi_i, \varphi_j) = 1$ , то преобразование  $f : \varphi_i \rightarrow \varphi_j$  устанавливает взаимно однозначное соответствие между элементами моделей  $\varphi_i$  и  $\varphi_j$ ; в противном случае –  $P_{ij}(\varphi_i, \varphi_j) = 0$ . Правомочность использования изоморфизма в (7) основывается на линейности структурных свойств УР и элементов ОТС, описывая отношения между данными структурами, имеющими одинаковую форму, но отличающихся внутренним содержанием элементов.

Разработка УР на основе критериальной функции в виде (7) реализует итерационный процесс решения задачи ЛПР по управлению ИБ на этапах определении, причины конфликта и угроз ОТС, показателей (критерия) эффективности и прогнозируемых результатов применения методов и средств ИБ в его решении. Важнейшей частью УР ЛПР является задание целевой функции, которая представляется функциональным критерием для оценки эффективности, связанной с внешнесистемными параметрами



взаимодействия ОТС. В качестве показателя эффективности ЛПР по управлению ИБ используется вероятность принятия УР по парированию угроз безопасности своей ОТС, являющаяся основой критерия эффективности УР при условии обеспечения изоморфизма множеств элементов УР и конкурирующих ОТС. Конкретное содержание показателей УР трансформируется в стратегии и реализующие их способы действий ИБ для обеспечения эффективного применения ОТС.

Основу обоснования множества вариантов УР ЛПР составляет структурно-функциональный анализ внешнесистемной и внутрисистемных функций управления (ФПР) процессом последовательного применения методов и средств ИБ для системного покрытия множества элементов угроз со стороны конкурирующих ОТС множеством его стратегий и способов действий  $\tilde{\varphi}_i$  для принятия решения.

---

**Кононов Д.А.**

### **Исследование характеристик управления безопасностью сложных систем**

**Аннотация:** Рассмотрены основные результаты исследований проблем управления безопасностью сложных систем на основе использования системного и сценарного подходов. Описаны основные задачи и методология исследования. Представлен краткий обзор результатов, а также список соответствующей литературы.

**Ключевые слова:** сложная система, управление безопасностью, основные задачи исследования, методология исследований, краткий обзор результатов

#### **Введение**

Предлагаемая работа является продолжением исследований по управлению безопасностью сложных систем (СС) на основе использования системного и сценарного подходов.

В Институте проблем управления РАН ведутся интенсивные