

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Научная статья

УДК 004.82; DOI: 10.61260/2218-13X-2025-1-22-30

ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ АГРЕГАТОВ В СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОМ СИНТЕЗЕ МОНИТОРИНГОВЫХ СИСТЕМ

✉ Доронина Юлия Валентиновна

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия

✉ YUDoronina@sevsu.ru

Аннотация. Рассматриваются общие принципы решения задач формирования альтернативных вариантов агрегатов в структурно-функциональном синтезе на примере сложных мониторинговых систем, которые зачастую используются при непрерывном получении данных в различных областях критического применения, в том числе при обеспечении безопасности жизнедеятельности человека. На основе рассмотренных решений предложена укрупненная схема алгоритмизированного процесса формирования альтернативных вариантов агрегатов с учетом связанных функций. Развитие исследований реализуется в направлении автоматизации предложенного подхода и создания системы поддержки принятия решений, позволяющей лицу, принимающему решения, повысить качество принимаемых решений по изменению структуры системы в целом или изменению конфигурации функциональной нагрузки на каждый агрегат, что может быть достигнуто на основе нейросетевых технологий.

Ключевые слова: структурно-функциональный синтез, генерация вариантов, морфологический синтез, генетический алгоритм, направленная мутация, мониторинговая система

Для цитирования: Доронина Ю.В. Подход к формированию альтернативных вариантов агрегатов в структурно-функциональном синтезе мониторинговых систем // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2025. № 1. С. 22–30. DOI: 10.61260/2218-13X-2025-1-22-30.

Scientific article

AN APPROACH TO THE FORMATION OF ALTERNATIVE VARIANTS OF AGGREGATES IN THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL SYNTHESIS OF MONITORING SYSTEMS

✉ Doronina Yulia V.

Sevastopol state university, Sevastopol, Russia

✉ YUDoronina@sevsu.ru

Abstract. The general principles of solving the problems of forming alternative variants of aggregates in structural and functional synthesis are considered on the example of complex monitoring systems. Complex monitoring systems are often used for continuous data acquisition in various areas of critical application, including ensuring the safety of human life. Based on the considered solutions, an enlarged scheme of the algorithmized process of forming alternative variants of aggregates, taking into account related functions, is proposed. The development of research is being implemented in the direction of automating the proposed approach and creating a decision support system that allows the decision maker to improve the quality of decisions made to change the structure of the system as a whole or change the configuration of the functional load on each unit, which can be achieved on the basis of neural network technologies.

Keywords: structural and functional synthesis, generation of variants, morphological synthesis, genetic algorithm, directional mutation, monitoring system

For citation: Doronina Yu.V. An approach to the formation of alternative variants of aggregates in the structural and functional synthesis of monitoring systems // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2025. № 1. P. 22–30. DOI: 10.61260/2218-13X-2025-1-22-30.

Введение

В чрезвычайных ситуациях, когда время на принятие решения ограничено, наличие оперативной информации о критическом объекте или ситуации крайне важно [1, 2]. Разработке и моделированию функционирования мониторинговых систем критического применения посвящено много исследований, в которых чаще всего обсуждаются вопросы создания и функционирования альтернативных в структурном плане систем [3–6].

Целесообразность наличия альтернативных вариантов агрегатов (то есть крупных структурных компонентов сложных систем, подсистем) обуславливается различными факторами, например, структурным синтезом как на начальном этапе их разработки, так и в процессе реконструкции или совершенствования.

Кроме того, многоальтернативная структура сложных мониторинговых систем (СМС) требуется в ситуациях критического применения, когда изменение условий внешней среды или условий эксплуатации приводит к невозможности работы всех агрегатов или их функционирование затруднено. Мониторинговые системы применяются при непрерывном получении экологических, гидрометеорологических данных и связанных с ними задач обеспечения безопасности населения. В таких случаях оперативная реструктуризация может обеспечить работу базовых агрегатов либо системы в целом.

В мониторинговых системах, в том числе при решении задач МЧС России, например, при мониторинге процесса распространения пожара или наводнения, требуется решение задач сбора, обработки, передачи, анализа данных, в том числе оперативно. Однако оперативная работа с данными (обрабатываемой информацией) может затрудняться критическими условиями, и в определенных ситуациях целесообразно решать только базовые задачи, игнорируя определенный функционал СМС. Перераспределение функций и структурных компонентов в подобных случаях – задача нетривиальная и должна решаться системно, на основе комплекса методов, что и является предметом данного исследования.

Общие идеи структурно-функционального синтеза мониторинговых систем

Введем ряд обозначений и допущений. Под структурно-функциональным синтезом СМС понимается формирование системы G^0 с соответствующим функционалом (набором требуемых функций) F^0 , причем $G = \{g_1, \dots, g_m\}$ – множество структурных компонент системы; $F = \{f_1, \dots, f_n\}$ – множество функций системы. Задача синтеза в общем виде состоит в обеспечении решения задачи Z^d из множества допустимых задач с помощью G^0 и F^0 :

$$\langle G^0; F^0 \rangle \rightarrow \{Z^d\} | G_i \in D^G, F_j \in D^F,$$

где D^G, D^F – множества допустимых компонент и функций СМС.

В качестве допущения к общей задаче примем, что существуют альтернативы G и F . Обозначим $G' = \{g'_1, \dots, g'_{k'}\}$ – множество структурных компонент системы (необязательно непересекающееся с G), $F' = \{f'_1, \dots, f'_{l'}\}$ – множество функций системы (необязательно непересекающееся с F); $G^0, G' \in D^G$, тогда:

$$\langle G'; F' \rangle \supset \{Z^d\} | G_i \in D^G, F_j \in D^F. \quad (1)$$

Ставится задача формирования таких множеств согласно (1) для альтернативного решения задач из множества $\{Z^d\}$. Практически это может быть достигнуто за счет реструктуризации алгоритма принятия решений в СМС, перераспределения некоторых действий, вплоть до поглощения одних функций другими функциями, расщепления функций или их трансформации и т.п. Число функций при этом в агрегате в частности или в системе в целом может не совпадать с числом функций исходного (базового) варианта агрегата или системы по указанным выше причинам, но общая функциональность системы должна обеспечивать решение задачи [7]. На рис. 1 приведена общая схема связи структур и функций СМС.

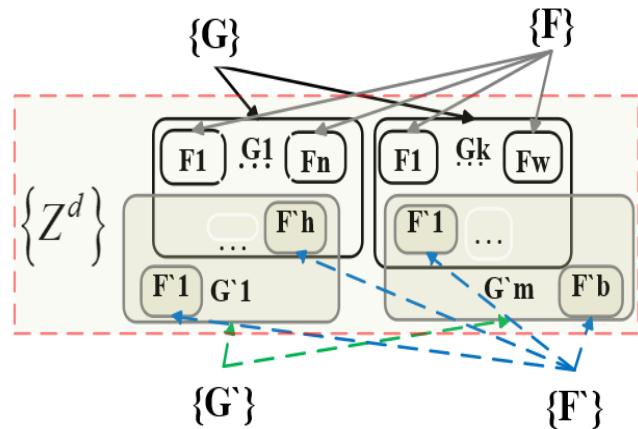


Рис. 1. Общая схема связи структур и функций СМС

Схема структурно-функционального синтеза СМС, приведенная на рис. 1, отражает их многоальтернативную реализацию с учетом наличия возможности декомпозиции структур и функций, принципы и методы построения которой будут представлены далее.

Принципы формирования альтернативных вариантов агрегатов в структурно-функциональном синтезе мониторинговых систем

Задача генерации вариантов агрегатов (подсистем) по различным функциональным мощностям решается на основе морфологического подхода (анализа и синтеза) и связанной операции простейшей направленной мутации из множества генетических алгоритмов. Под операцией простейшей направленной мутации понимается алгоритм последовательного отбора свойств объектов из множества допустимых с пошаговой фиксацией полученных вариантов на основе множества этих свойств.

Цель метода морфологического анализа и синтеза связана с отбором и формированием множества вариантов проектируемого объекта [8, 9]. Под множеством альтернативных вариантов агрегата (или подсистемы) PS_i системы G^0 понимается множество:

$$X^{PS_i} = \{X_1^{PS}, X_2^{PS}, \dots, X_m^{PS}\}, \bigcup X_j^{PS_i} = G^0, j = |J|, i = |S|,$$

такое, что:

$$\bigcup X_j^{PS_i} = G^0; \langle G'; F' \rangle \supset \{Z^d\},$$

где m – конечное число генерируемых вариантов по агрегату i ; S – конечное число подсистем; X^{PS_i} – морфологическое множество (множество структурных решений объектов, принадлежащих рассматриваемому классу) для i -го агрегата.

Формирование начальной популяции (множества альтернативных построений) в морфологическом методе предполагает следующие шаги:

1. На первом шаге производится анализ функциональности базового варианта системы (то есть формируется множество функций F). Для получения F строится множество $F_e^{X^{PS_i}}$, отражающее обобщенную функциональность агрегата X^S .

2. На втором шаге применяется простейшая операция направленной мутации, с помощью которой генерируются два новых базовых варианта: с функциональностью (множеством функций, определенным технологическим процессом, проектной документацией, другими документами) – нулевой вариант, $F_0^{X^{PS_i}}$; с максимальной функциональностью (это может быть планируемая функциональность агрегата или простой набор функций, определенных на шаге 1), $F_{\max}^{X^{PS_i}}$.

3. На третьем шаге генерируются варианты $F_{\max}^{X^{PS_i}}$ и $F_{0^+}^{X^{PS_i}}$, функционально близкие к $F_{\max}^{X^{PS_i}}$ и $F_0^{X^{PS_i}}$ соответственно, но отличающиеся на одну функцию (или несколько минимально отличимых) от максимального в меньшую сторону и от нулевого в большую соответственно. Следует отметить, что задача определения принципов отличимости функций нетривиальна, но в данном случае принимается экспертное решение, и этот этап не рассматривается. Для новых альтернатив принято обозначение функциональности нового агрегата: $F_{0|b+}^{X^{PS_i}}$ или $F_{\max^-|b-}^{X^{PS_i}}$, где b – число отличий от $F_0^{X^{PS_i}}$.

4. Последующие шаги позволяют получить i -е варианты на основе $F_{0|b+}^{X^{PS_i}}$ и $F_{\max^-|b-}^{X^{PS_i}}$ способом, аналогичным п. 3. Генерация альтернативных вариантов продолжается до тех пор, пока не исчерпаны все варианты функциональной нагрузки или пока $F_{0^+}^{X^{PS_i}}$ не перейдет в $F_{\max}^{X^{PS_i}}$ и наоборот. Сходимость алгоритма обеспечивается тем, что множество $F_{\max}^{X^{PS_i}}$ конечно и при $F_{0^+}^{X^{BC}} \rightarrow F_{\max}^{X^{BC}}$ или $F_{\max}^{X^{BC}} \rightarrow F_{0^+}^{X^{BC}}$ алгоритм сходится. При этом формируются только приемлемые варианты (табл. 1).

Таблица 1

Морфологическое множество функциональностей вариантов агрегатов системы

Варианты Признаки альтернатив	Варианты функциональности агрегатов системы				
	S_1	S_2	...	S_q	
Функция агрегата: F_1	Функция F_1 отсутствует в S_1 , ставится 0	Функция F_1 есть в S_2 , ставится 1	...	0 1	
F_2	0 1	0 1	...	0 1	
...	
F_w	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1

Примечание 1: при выборе за основу $F_{\max}^{X^{PS_i}}$ или $F_{0^+}^{X^{PS_i}}$ с учетом особенностей прикладных СМС могут быть рассмотрены различные случаи: например, поглощение одних функций другими при применении более современных технических средств или, наоборот, расщепление одних функций на более частные при декомпозиции агрегатов с точки зрения упрощения их технической реализации.

Примечание 2: в рассматриваемом подходе применяется метод простейшей направленной мутации, хорошо зарекомендовавший себя в структурном синтезе сложных систем, однако при реализации

более подробных этапов генетического алгоритма (например, кодирование хромосомы или предварительная селекция и т.п.) возможно развитие предложенного подхода, но в данном исследовании не используется.

5. Для оценивания сходств и различий вариантов агрегатов можно применять различные методы, например, предложенный в работе [7] на основе континуума эквивалентных мер:

$$C(S_j, S_k)_u = \left[2m(S_j \cap S_k) \right] / \left[(1+u)(m(S_j) + m(S_k) - 2um(S_j \cap S_k)) \right], \quad (2)$$

где $m(S_j)$ – число элементов множества S_j ; $-1 \leq u \leq \infty$.

Таким образом, комплекс алгоритмов морфологического анализа и синтеза СМС в совокупности с алгоритмом простейшей направленной мутации позволили получить морфологическое множество функциональностей вариантов агрегатов сложной системы с покрытием решаемых задач.

Фрагмент примера формирования альтернативных вариантов агрегатов в структурно-функциональном синтезе мониторинговой системы

При создании мониторинговой системы критического применения на предприятии требуется решать следующие задачи из множества $\{Z^d\}$ (приводится фрагмент):

- {сбор первичных данных о содержании вредных веществ в воздухе (СДВВ)(а);
- сбор данных о влажности воздуха (СДВЛВ) (б);
- сбор данных о температуре воздуха (СДТВ) (в);
- предварительная обработка данных о состоянии воздуха в цеху предприятия (ПОД) (г);
- анализ данных о содержании вредных веществ в воздухе (АДВВ)(д);
- анализ данных о влажности воздуха (АДВЛВ) (е);
- анализ данных о температуре воздуха (АДТВ) (ж);
- принятие решения о включении автоматического очищения воздуха (ПРАО) (з);
- прогноз содержания вредных веществ в воздухе (ПСВВ) (и);
- прогноз влажности воздуха (ПВВ) (к);
- прогноз температуры воздуха (ПТВ) (л);
- формирование оперативных справок по содержанию вредных веществ (ОСВВ) (м); ...}.

При построении нулевой функциональности $F_0^{X^{PS_i}}$ СМС учитывалась специальная документация, регламентирующая технологический процесс мониторинга на рассматриваемом предприятии, согласно которой по плану работы подразделения требуется решение задач (а), (г), (д), (з), (и), (м):

$$F_0^{X^{PS_i}} = \{СДВВ(а), ПОД(г), АДВВ(д), ПРАО(з), ПСВВ(и), ОСВВ(м)\}.$$

Тогда полное множество функций имеет вид (табл. 2):

$$F_{max}^{X^{PS_i}} = \left\{ \left\{ F_0^{X^{PS_i}} \right\}, СДВЛВ(б), СДТВ(в), АДВЛВ(е), АДТВ(ж), ПВВ(к), ПТВ(л) \right\}.$$

Таблица 2

Морфологическая таблица образов вариантов $F_0^{X^{PS_i}}$ и $F_{max}^{X^{PS_i}}$

Признаки вариантов агрегатов	Вариант	
	$F_0^{X^{PS_i}}$ (S ₁)	$F_{max}^{X^{PS_i}}$ (S ₂)
<i>СДВВ(а), ПОД(г), АДВВ(д), ПРАО(з), ПСВВ(и), ОСВВ(м)</i>	1	1
<i>СДВЛВ(б), СДТВ(в), АДВЛВ(е), АДТВ(ж), ПВВ(к), ПТВ(л)</i>	0	1

Форма представления данных в табл. 2 отличается от табл. 1 для сокращения записей, однако при анализе сходств и различий полученных вариантов в дальнейшем их признаки целесообразно размещать в столбце, а не построчно.

На следующем шаге строится первый вариант альтернативы на основе расширения

$$F_{0+}^{X^{PS_i}} = \left\{ \left\{ F_0^{X^{PS_i}} \right\}, СДВЛВ(б) \right\}$$

нулевого множества функций: что практически означает наличие возможности функции сбора данных о влажности воздуха. Далее путем наращивания функционала получаем следующую таблицу вариантов (табл. 3).

Таблица 3

Фрагмент морфологической таблицы образов вариантов СМС

Признаки вариантов агрегатов	Вариант							
	$F_0^{X^{PS_i}}$ (S ₁)	$F_{max}^{X^{PS_i}}$ (S ₂)	$F_{0+}^{X^{PS_i}}$ (S ₃)	$F_{0 2+}^{X^{PS_i}}$ (S ₄)	$F_{0 3+}^{X^{PS_i}}$ (S ₅)	$F_{0 4+}^{X^{PS_i}}$ (S ₆)	$F_{0 5+}^{X^{PS_i}}$ (S ₇)	$F_{0 6+}^{X^{PS_i}}$ (S ₈)
<i>СДВВ(а)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>ПОД(г)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>АДВВ(д)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>ПРАО(з)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>ПСВВ(и)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>ОСВВ(м)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>СДВЛВ(б)</i>	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>СДТВ(в)</i>	0	1	0	1	1	1	1	0
<i>АДВЛВ(е)</i>	0	1	0	0	1	1	1	1
<i>АДТВ(ж)</i>	0	1	0	0	0	1	1	0
<i>ПВВ(к)</i>	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>ПТВ(л)</i>	0	1	0	0	0	0	0	0

Несмотря на объем табл. 3, очевидна возможность ее получения программно, что значительно сократит скорость получения альтернатив. Этот шаг (шаги) отражают процесс последовательного получения и фиксации альтернативных вариантов с последовательным наращиванием функциональности СМС.

Комплекс алгоритмов морфо-генетического подхода для решения этой задачи предполагает также и формирование альтернатив по группам наращиваемых функций. Процесс автоматизируется за счет алгоритмизации связанных действий. В приведенном примере: сбор одного типа данных влечет возможный анализ данных этого же типа, то есть функции «сбор данных о влажности воздуха (СДВЛВ) (б)» и «анализ данных о влажности воздуха (АДВЛВ) (е)» могут быть связаны в одном агрегате, а, следовательно, добавляться не последовательно, а совместно (столбец S8 (табл. 3)).

Количественный анализ сходства вариантов на основе (2) дает числовые оценки подобия вариантов, что весьма полезно при сравнении полученных альтернатив. Если для последовательного наращивания функциональности вариантов СМС оценки их сходства тривиальны (монотонно растут), то для связанных функций, когда варианты генерируются группами (на основе практической связи функций), количественные оценки их сходства

отражают реальные ситуации, например: $C(S_8, S_3)_0 = 0,933; C(S_5, S_8)_0 = 0,823$. Это означает, что варианты со «сбором данных о влажности воздуха (СДВЛВ) (б)» и «анализом данных о влажности воздуха (АДВЛВ) (е)» имеют оценку сходства 0,933, тогда как вариант «сбор данных о температуре воздуха (СДТВ) (в)», включая вариант «сбор данных о влажности воздуха (СДВЛВ) (б)» и вариант с «анализом данных о влажности воздуха (АДВЛВ) (е)», менее сходны и имеют оценку 0,823.

На основе приведенных рассуждений формируется новая расширенная таблица с дополнительными связанными функциями в агрегатах. Этот процесс отчасти реализуется лицом, принимающим решения (ЛПР), до начала проектирования и развития заданной СМС.

Метод формирования альтернативных вариантов агрегатов с учетом связанных функций

При генерации новых вариантов на основе морфо-генетического подхода возможны добавления не одной, а целых групп связанных функций в один новый вариант агрегата. На рис. 2 приведена укрупненная схема алгоритмизированного процесса формирования альтернативных вариантов агрегатов с учетом связанных функций, построенный на основе выбора одного из двух подходов: кластерного анализа и метода экспертных оценок.

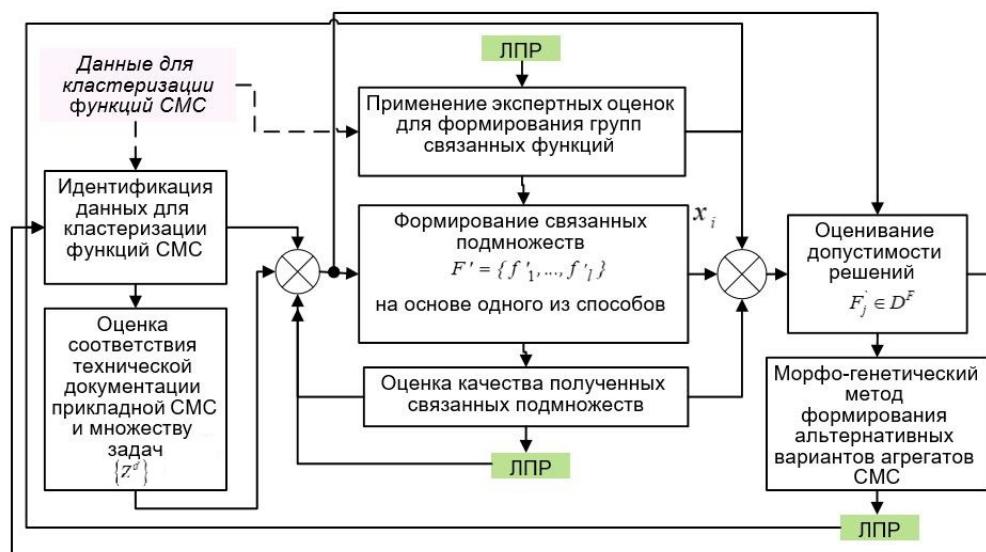


Рис. 2. Укрупненная схема алгоритмизированного процесса формирования альтернативных вариантов агрегатов с учетом связанных функций

Приведенная укрупненная схема отражает основные этапы, требующиеся при получении отдельных групп связанных функций на основе кластерного анализа (например, методом k-средних) или метода экспертных оценок (например, на основе метода анализа иерархий, в качестве которых выступают альтернативные варианты связи функций агрегата).

При решении задач оперативного мониторинга интенсивная реструктуризация систем имеет особо важное значение [10]. Для таких задач не менее важно оценивание качества полученных решений, поэтому на этапе экспертных оценок и окончательного принятия решений требуется функционал ЛПР.

Заключение

В задачах, где требуется оперативная реструктуризация сложных систем, например, при сокращении ресурсов или времени, конструктивный подход предполагает многоальтернативное решение. В исследовании рассматриваются общие принципы решения таких задач на примере СМС. На основе полученных решений предложена укрупненная схема алгоритмизированного процесса формирования альтернативных вариантов агрегатов с учетом связанных функций. Развитие этих исследований реализуется в направлении автоматизации предложенного подхода и создания системы поддержки принятия решений, позволяющей ЛПР повысить качество принимаемых решений по изменению структуры системы в целом или изменению конфигурации функциональной нагрузки на каждый агрегат, что может быть достигнуто на основе нейросетевых технологий.

Список источников

1. Гришко А.К., Лысенко А.В., Моисеев С.А. Прогнозирование и оптимизация управления процессов проектирования сложных технических систем в масштабе реального времени // Надежность и качество сложных систем. 2018. № 1 (21). С. 40–45.
2. Вострых А.В. Повышение эффективности специализированных информационных систем предупреждения ЧС // Технические средства предупреждения ЧС и противодействия терроризму. 2021. С. 33–36.
3. Кириченко Е.В., Зарубина Е.Ю. Применение информационно-управляющих систем для обеспечения взаимодействия органов управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2021. № 1 (8). С. 196–201.
4. Седнев В.А., Кошевая Е.И., Седнев А.В. Моделирование обстановки в жилых зонах после воздействия обычных средств поражения // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 1. С. 1–16.
5. Куватов В.И., Горбунов А.А., Колеров Д.А. Метод интеллектуальной поддержки управленческих решений с помощью ассоциативных связей при прогнозировании чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 2. С. 116–124.
6. Хализев В.Н., Федоров С.Ю., Жданова Н.В. Математическая модель синтеза интегрированной системы безопасности на основе теории игр и применения квалиметрической оценки качества // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2018. № 3 (29). С. 43–49. DOI: 10.14529/SECUR180307. EDN УТЕВСР.
7. Скатков А.В., Доронина Е.Б. Операторный язык создания сценариев управления нестационарными процессами ремонтно-профилактических работ сложной технической аппаратуры // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 1. С. 48–61.
8. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2000. 368 с.
9. Доронина Ю.В., Рябовая В.О., Чесноков Д.И. Применение модельно-ориентированного проектирования для решения задачи структурного синтеза // Труды СПИИРАН. 2016. № 49. С. 122–143. DOI: 10.15622/sp.49.7.
10. Ложкина О.В., Комашинский В.И. К вопросу о совершенствовании информационного процесса мониторинга и прогнозирования опасного воздействия транспортных выбросов на среду обитания и население // Науч.-анал. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 2. С. 16–24.

References

1. Grishko A.K., Lysenko A.V., Moiseev S.A. Prognozirovaniye i optimizaciya upravleniya processov proektirovaniya slozhnyh tekhnicheskikh sistem v masshtabe real'nogo vremeni // Nadezhnost' i kachestvo slozhnyh sistem. 2018. № 1 (21). S. 40–45.
2. Vostryh A.V. Povyshenie effektivnosti specializirovannyh informacionnyh sistem preduprezhdeniya CHS // Tekhnicheskie sredstva preduprezhdeniya CHS i protivodejstviya terrorizmu. 2021. S. 33–36.
3. Kirichenko E.V., Zarubina E.Yu. Primenenie informacionno-upravlyayushchih sistem dlya obespecheniya vzaimodejstviya organov upravleniya Edinoj gosudarstvennoj sistemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij // Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya. 2021. № 1 (8). S. 196–201.
4. Sednev V.A., Koshevaya E.I., Sednev A.V. Modelirovaniye obstanovki v zhilyh zonah posle vozdejstviya obychnyh sredstv porazheniya // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2023. № 1. S. 1–16.
5. Kuvatov V.I., Gorbunov A.A., Kolerov D.A. Metod intellektual'noj podderzhki upravlencheskih reshenij s pomoshch'yu associativnyh svyazej pri prognozirovaniyu chrezvychajnyh situacij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2022. № 2. S. 116–124.
6. Halizhev V.N., Fedorov S.Yu., Zhdanova N.V. Matematicheskaya model' sinteza integrirovannoy sistemy bezopasnosti na osnove teorii igr i primeneniya kvalimetriceskoy ocenki kachestva // Vestnik UrFO. Bezopasnost' v informacionnoj sfere. 2018. № 3 (29). S. 43–49. DOI: 10.14529/SECUR180307. EDN YTEBCP.
7. Skatkov A.V., Doronina E.B. Operatornyj yazyk sozdaniya scenariev upravleniya nestacionarnymi processami remontno-profilakticheskikh rabot slozhnoj tekhnicheskoy apparatury // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2023. № 1. S. 48–61.
8. Andrejchikov A.V., Andrejchikova O.N. Analiz, sintez, planirovaniye reshenij v ekonomike. M.: Finansy i statistika, 2000. 368 s.
9. Doronina Yu.V., Ryabovaya V.O., Chesnokov D.I. Primenenie model'no-orientirovannogo proektirovaniya dlya resheniya zadachi strukturnogo sinteza // Trudy SPIIRAN. 2016. № 49. S. 122–143. DOI: 10.15622/sp.49.7.
10. Lozhkina O.V., Komashinskij V.I. K voprosu o sovershenstvovanii informacionnogo processa monitoringa i prognozirovaniya opasnogo vozdejstviya transportnyh vybrosov na sredu obitaniya i naselenie // Nauch.-anal. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 2. S. 16–24.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 19.01.2025; одобрена после рецензирования: 18.02.2025; принята к публикации: 20.02.2025

Information about the article:

The article was submitted to the editorial office: 19.01.2025; approved after review: 18.02.2025; accepted for publication: 20.02.2025

Информация об авторах:

Доронина Юлия Валентиновна, профессор кафедры «Информационные технологии и компьютерные системы» Севастопольского государственного университета (299053, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33), доктор технических наук, доцент, член-корреспондент Академии военных наук, e-mail: apkSev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4699-025X>, SPIN-код: 8548-6746

Information about authors:

Doronina Yulia V., professor of the department «Information technologies and computer systems» of Sevastopol state university (299053, Sevastopol, Universitetskaya str., 33), doctor of technical sciences, associate professor, Corresponding Member of the Academy of Military Sciences, e-mail: apkSev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4699-025X>, SPIN: 8548-6746