



СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ МОНИТОРИНГОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.В. Скатков, Ю.В. Доронина, А.А. Брюховецкий

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
РФ, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
E-mail: YVDoronina@sevsu.ru

Возможно управление мониторинговыми процессами на основе использования технологии сценариев, что позволяет на основе формализации понятия сценария обосновать системные решения и повысить технико-экономические показатели. В отличие от алгоритмического, сценарный подход подразумевает активную интерактивность процессов формирования решений по управлению режимом мониторинга на основе типизации структурной организации операционного обеспечения. В рамках предложенных определений сформулированы принципы построения корректных сценариев, что позволяет снизить ресурсоемкость процессов мониторинга. Приведена схема типового сценария управления и пример результатов оценивания длительности реализации алгоритмического и сценарного подходов.

Ключевые слова: сценарный подход, природно-технические системы, системы контроля окружающей среды, мониторинг, управление режимом работы.

Поступила в редакцию: 23.11.2022.

Введение. При анализе состояния и управлении мониторинговыми процессами природно-технических систем (ПТС), в том числе систем контроля окружающей среды (СКОС), важную роль играют следующие основные факторы:

1) требование функционирования систем в реальном времени при осуществлении задач функционирования;

2) необходимость типизации и распознавания событий при регулировании режимов работы с целью предотвращения аварийных критических ситуаций

3) требование выполнения ограничений, связанных с ресурсами, обеспечивающими функционирование ПТС и другие [1–4].

Под процессом мониторинга в целом понимается система постоянного наблюдения за явлениями и процессами, проходящими в окружающей среде, результаты которого служат для обоснования управленческих решений по обеспечению безопасности людей и объектов экономики. В рамках системы наблюдения происходит оценка, контроль объек-

та, анализ состояния объекта в зависимости от воздействия определённых факторов.

В настоящее время накоплен большой опыт и существует теория создания МС для типовых ПТС, а для нестационарных объектов с неоднородными гетерогенными структурами – отсутствуют регулярные методы решения задач по созданию систем мониторинга.

Известные результаты исследований в области мониторинговых систем (МС), в основном касаются нормативных правил обеспечения решения задач мониторинга и нормированы в ряде справочных и руководящих документов [5–9]. В случаях, когда вариантов регулирования режимов работы мониторинговых систем может быть несколько, принятие решения о выборе какого-либо из них возлагается на ЛПР.

При многих положительных моментах это привносит существенную неопределенность управления и увеличивает стоимость таких работ. Снижение неопределенности возможно путем регламентации и алгоритмизации действий ЛПР.

Как правило, мониторинговые системы используют в основе организации функционально- алгоритмический подход с исчерпывающей регламентацией, но, в то же время, показал свою продуктивность иной подход, на основе сценариев, который включает в себя активное использование ЛПР в качестве элемента, а сам ЛПР играет роль эксперта (ЛПРЭ), а при существенной ограниченности его функций – роль оператора (ЛПРО) [10–11].

Подходу к управлению режимами мониторинговых процессов (МП) на основе структурированной последовательности операций, в общем случае – сценария, – присущ ряд особенностей:

- формирование типизированной последовательности операций является искусством и может быть реализовано на основе большого опыта и доступной априорной информации;

- принятие решений реализуется ЛПР и зачастую требуется именно экспертное вмешательство в операционный цикл мониторинга;

- разработка сценария как типизированного набора операций должна опираться на правила, формулировка которых представляет собой нетривиальную задачу;

- среди используемых правил могут быть недостаточно эффективные или локально оптимальные, исходя из чего требуется дополнительный анализ корректности сценария, как с точки зрения структуры в целом, так и с точки зрения используемого набора операций и их последовательности;

- в общем случае, каждый сценарий, в том числе регулирования режимов МП, реализуется на основе информационных технологий, то есть совокупности программных и аппаратных решений, что требует использования в этой части алгоритмизированного подхода;

- построение формального представления сценария позволяет оптимизировать, а также, возможно, автоматизировать интерпретацию полученных результатов.

Таким образом, актуальными задачами исследования являются: уточнение

понятия и формализация описания сценария, определение принципов построения и верификации, а также формулировка понятия корректного сценария.

Цель статьи: предложить формализованное описание сценария как основы операционной теории реализации мониторинговых процессов в ПТС, что позволит построить графовое представление, а также выполнить постановку задач поиска эффективных решений в смысле Парето.

Феноменологический подход к определению сценария. Сценарий – это упорядоченная последовательность интерактивных точек (ИТ), между которыми находятся операционные блоки с жесткой логикой и детерминированными вычислительными и логическими операциями.

Фрагмент структуры сценария между двумя такими точками будем называть сегментом. Каждый сценарий должен содержать стартовую и финишную ИТ для локализации и структурной определенности.

Как правило, сегменты могут быть организованы различными способами, всегда встречаются альтернативы; выбор среди альтернативных сегментов представляет собой задачу проектирования.

Тем самым при проектировании определяются параметры МС: точки съема данных; объем снимаемых данных; частота съема данных; алгоритмы; критерии; доверительные вероятности и т.п. Определение всех перечисленных параметров формируют цикл реализации МП. При перепроектировании и реконфигурировании МС реализуется рециркуляция.

Возможные определения сценария управления мониторинговыми процессами может быть реализовано на основе различных подходов: алгебраического, графоаналитического, автоматически-событийного. Рассмотрим особенности задачи проектирования МС и основные подходы к определению сценария.

Особенности задачи проектирования мониторинговой системы.

- 1) САПР систем мониторинга и аналитические методы проектирования отсутствуют;

2) В связи с п.1 используются интерактивные технологии проектирования с ЛПРЭ;

3) Основная задача проектирования – определить параметры МС и правила ее организации, которые остаются постоянными в данном временном цикле;

4) Оценивание качества МС и ее рециклизация при необходимости;

5) Проектирование должно начинаться с построения списка альтернативных сценариев;

6) Выбор, который делает ЛПР, считается случайным, хотя и оправданным на множестве альтернатив;

7) События, которые при этом происходят, подчиняются *сигма – алгебре выбора ЛПРЭ*, которую необходимо построить.

Алгебраический подход к определению сценария. Поскольку сценарий – это есть последовательность принимаемых ЛПРЭ решений, то целесообразно ввести понятие *сигма-алгебры выбора ЛПРЭ* и событий, построенных на них.

Обозначим ω – осуществленный (реализованный) выбор ЛПРЭ; Ω – пространство все возможных исходов (альтернатив) выбора ЛПРЭ. Подмножества A, B, C на множестве Ω представляют собой события, которые удовлетворяют свойствам *сигма-алгебры выбора ЛПРЭ*, ($A, B, C \in \Omega$), им ставится в соответствие численная мера, функция, которая отображает событие в точке отрезка $[0,1]$ – вероятность выбора.

Для A, B, C должны выполняться три условия, постулируемых в рамках алгебраического подхода:

1) $\Omega \in A$, то есть алгебра *выбора ЛПРЭ* содержит в том числе достоверное событие;

2) если $B \in A$, то $\bar{B} \in A$;

3) если $B \in A$ и $C \in A$, то $B \cup C \in A$ (вместе с любыми двумя событиями *сигма- алгебра выбора ЛПРЭ* содержит их объединение).

Условия (4)–(5) сформулированы авторами с целью формализации понятия сценария:

4) если $B \in A, D \in B$ то $D \in A$ (алгебра содержит вложенные события);

5) если $B \in A$ и для некоторого интервала $i, \dots, i+n \geq 2$, для

$B_i, B_{i+1}, \dots, B_{i+n} \in A$ выполняется

$B_i < B_{i+1} < \dots < B_{i+n} \in A$, то (алгебра *выбора ЛПРЭ* содержит частично упорядоченные события).

По аналогии с алгеброй событий *алгебра выбора ЛПРЭ* это тройка

$$\sigma_{LPRE} = \langle \mathfrak{A}, \mathfrak{N}, P \rangle,$$

где \mathfrak{A} – множество альтернатив, \mathfrak{N} – множество событий для проектирования, P – вектор вероятностей принятия альтернатив.

Например, в некотором сценарии между некоторыми ИТ_i и ИТ_j существуют альтернативные сегменты, пронумерованные как № 1,2, ...6. Результат ЛПРЭ – это выбор одного из сегментов. Сформулируем события A, B, C .

A : выбор сегментов, содержащих каналы, с пропускной способностью, не ниже заданной;

B : выбор каналов с помехозащищенностью, не ниже третьего класса;

C : выбор каналов стоимостью не выше заданной.

ЛПРЭ избрал из множества альтернатив сегмент №4, далее необходимо провести анализ, какие события при этом выполнились.

То есть *сигма-алгебра выбора ЛПРЭ* позволяет конструировать сложные события на основе списка альтернатив.

Эта форма дает возможность работать с корректными определениями сценариев, но оно недостаточно конструктивно для решения инженерных задач, в связи с этим далее рассматривается графовое представление сценария.

Графовое представление сценария. Функционирование МС при реализации мониторинговых процессов может быть представлен графом состояний и переходов, на множестве вершин и ориентированных ребер $G(S, E)$, где S – вершины графа, соответствующие состояниям МС, $S = \{s_0, s_1, \dots, s_k\}$, E – ребра графа, соответствующие событиям, отраженным переходами между состояниями МС (рис. 1).

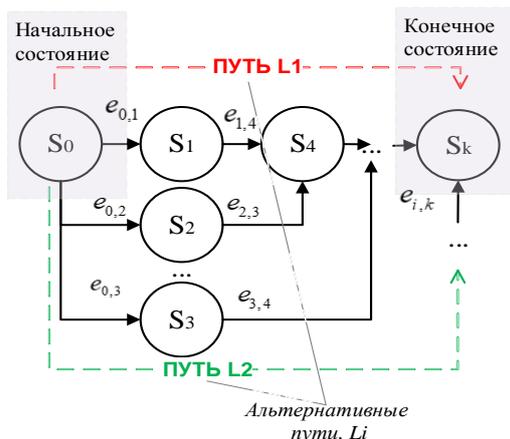


Рис. 1. Графовое представление состояний системы мониторинга

Fig. 1. Graph representation of the monitoring system states

Графу $G(S, E)$ соответствует матрица инцидентности:

$$G: \begin{matrix} & s_0 & s_1 & \dots & s_n \\ \begin{matrix} s_0 \\ s_1 \\ \dots \\ s_m \end{matrix} & \begin{vmatrix} e_{0,0} & e_{0,1} & \dots & e_{0,n} \\ e_{1,0} & e_{1,1} & \dots & e_{1,n} \\ \dots & \dots & e_{i,j} & \dots \\ e_{m,0} & e_{m,1} & \dots & e_{m,n} \end{vmatrix} & , & (6) \end{matrix}$$

где $e_{i,j}$ – ребро графа G , соответствующее событию, отражающему переход МС из состояния s_i в состояние s_j .

Свойства графа $G(S, E)$: отсутствие изолированных вершин, граф связан; s_0 – единственный исток в графе G (начальное состояние при функционировании ПТС); s_k – сток в графе G (конечное поглощающее состояние при функционировании МС).

Следует отметить, что согласно условию (2) при определении алгебры событий $\Omega \in A$ сток в графе G может быть не один, например, задача может быть решена или не решена. Однако, для однозначного решения задачи регулирования режима работы МС введем ограничение, заключающееся в том, что один цикл функционирования может иметь только один сток и один исток.

Представим направленный путь в графе G длины $k+1$ из s_0 в s_k как последовательность ориентированных ребер графа G :

$$L_{o,k} = (s_0, s_1), (s_1, s_2), \dots, (s_{k-1}, s_k).$$

Операцией на графе G назовем элемент множества событий функционирования МС $\Omega \in A$, представленный в виде элемента множества мощностью Z : $\{O_z\} \in A, z = \overline{1, Z}$.

К операциям O_z относятся преобразования путей $L_{o,k}$ на графе G : слияние, расщепление, суперпозиция, сегментирование, частичное сегментирование и другие. На основе всех введенных положений, сформулируем понятие сценария.

Для формализации сценария рассмотрим множество $B_1, B_2, \dots, B_n \in \Omega$, представленное в виде графа G_i при условии, что $\Omega \in A$ – алгебра событий функционирования МС, которая обладает свойствами (1)–(5) и определены операции из множества O .

В общем случае, сценарий регулирования режимов МС C_i представляет собой двойку:

$$C_i < G_i, O_i > = C_i < G_i(S_i, E_i), O_i(\tau_b, r_b, a_b, f_b) >, \quad (7)$$

где $G_i(S_i, E_i)$ – структура графа; $O_i(b_b, \tau_b, r_b, a_b, f_b)$ – операционная функция с параметрами: b_b – тип операции, τ_b – длительность операции, r_b – требуемые ресурсы, a_b – пороговые значения параметров операций, f_b – интенсивность использования операции.

При графическом описании сценария C_i предлагаются следующие виды блоков: (О) операционный (определяемый b_b – типом операции), (И) интерактивный (описывающий взаимодействие с ЛПР), (Л) логический (блок перехода на основе логической операции), (П) предикатный (блок перехода на основе предиката «если-то-иначе»), (Б) процедурный (из библиотеки нижнего уровня),

(УК) управляемый коммутатор, (ЛВ) логического вывода.

В отличие от графового изображения событийной модели функционирования

МС, схема фрагмента типowego сценария с учетом вида блоков (1)–(6) приведена на рис. 2.

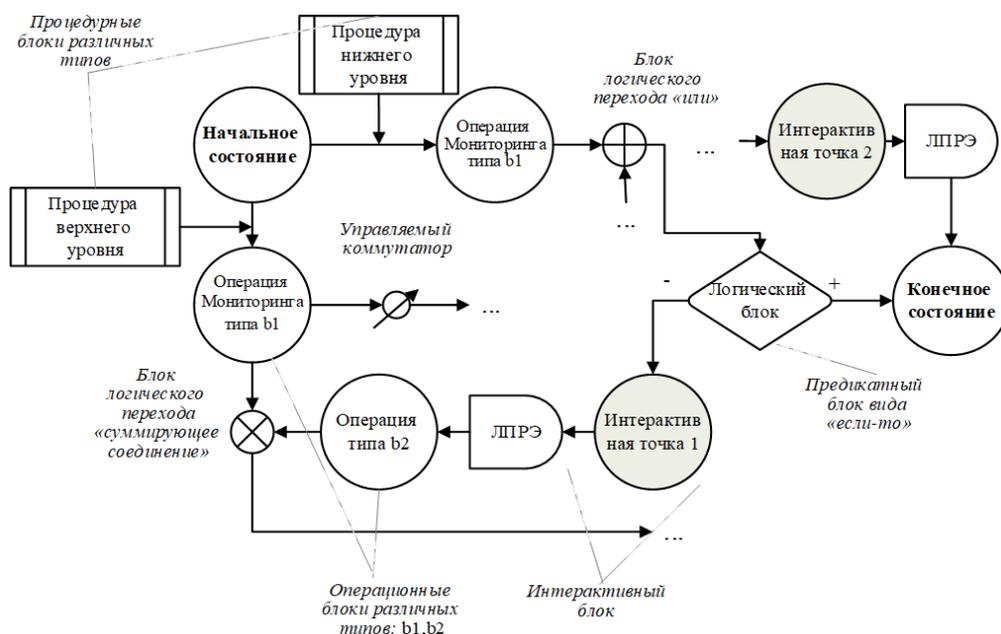


Рис. 2. Фрагмент типowego сценария управления режимами мониторинга природно-технической системы

Fig. 2. Fragment of a typical scenario for managing monitoring modes of a natural-technical system

Приведенный на рис. 2 фрагмент типowego сценария имеет ряд обозначений, которые применяются в ряде функционально структурных языков, например, UML, что является необходимым условием преемственности предложенных построений на основе введенных определений (1)–(3). Кроме того, вводится интерактивный блок, содержащий интерактивную точку (ожидание принятия решений) и ЛПРЭ (эксперт ЛПР). Эти элементы расширяют алгоритмическую регламентацию операций в сценарном подходе.

Используя принцип перманентности оценочного функционала (ППОФ) в сценарном подходе, формируется основа его реализации на базе каскадно-иерархического представления [12]. Определяющее системное свойство осуществления каскадно-иерархического представления сценария C_i состоит в сохранении в рамках суперпозиции

отображений ряда последовательных уровней детализации сквозной единой системной характеристики для категории оценочного функционала при исследовании качества функционирования (работоспособности) построенного сценария C_i .

Важным фактором применения предложенного сценарного подхода является необходимость определения **корректного (правильного) сценария**. Это означает, что мощность множества альтернативных сценариев может быть снижена не только за счет проведения оптимизационных процедур и выбора наилучшей альтернативы, а посредством корректного последовательного применения правил вывода, определяющих типовой сценарий управления мониторинговыми процессами в МС на основе множества операций, и для (7) получим:

$$C_i < G_i(\bullet), O_i(\tau_b, r_b, a_b, f_b) > \in C^D,$$

где C^D – множество допустимых сценариев, $\tau_{\min} \leq \tau_b \leq \tau_{\max}, r_{\min} \leq r_b \leq r_{\max}, a_b \in \{M\}$, M – множество соответствующих пороговых значений параметров операций; $f_{\min} \leq f_b \leq f_{\max}$, что обусловлено $B_1, B_2, \dots, B_n \in \Omega$ и операциями алгебры $\Omega \in A$.

Пример описания сценария для управления режимом мониторинга ПТС. Функционально-логическое описание сценария управления мониторинговыми процессами имеет ряд особенностей. Процесс мониторинга имеет сложную структуру, в которой можно выделить три основные части: 1 (левая часть схемы), 2 (правая часть схемы), экспертная. В первой части (динамический анализ мониторируемого процесса) реализуется:

- 1) Выбор мониторируемых параметров;
- 2) Выбор точек съема мониторируемых данных;
- 3) Выбор интервала времени регистрации данных.

Далее определяются следующие параметры, мониторингового процесса. Вторая часть (настройка генераторов тестовых выборок):

- Тип решаемой задачи (из множества имеющихся типов);
- Текущая стратегия обработки данных (из множества возможных для данной задачи);
- Текущий режим: on-line, off-line;
- Режим обучения персонала (формируется в зависимости от зада мониторируемого процесса);
- Режим выполнения научно-исследовательских работ (может представлять собой различные способы отображения, представляется и обработки данных мониторируемого процесса);

Экспертная часть:

- Уровень ошибок 1-, 2- рода по используемым критериям;
- Выбор критерия принятия статистических гипотез: параметрический (форма, параметры распределения); непараметрический (неоднородность обнаружения сдвигов);

- Размерность критериального пространства (детекторы, число осей);

- Конкретизация критериального пространства (наименование осей графиков);

- Выбор правил принятия коллективного решения (консенсус, простое большинство, квалифицированное большинство с весовыми функциями);

- Учет предыстории мониторинга (что в ряде случаев весьма важно при проведении исследовательских работ);

- Учет динамичности (интенсивности, интервальности и т.п.);

- Правило принятия решений (max-min, Байеса и т.п.).

Таким образом используются точки ветвления сценария. Учитывая предложенную типовую схему, рис.1, сформируем прикладную схему сценария. На рис. 3. приведена сценарно-ориентированная структура системы мониторинга для задачи обнаружения сдвига распределений параметров ПТС с учетом введенных ранее положений. В рамках сценарного подхода осуществляется конкретизация основных структурных элементов (рис. 3): вида детекторов (ранговый, мультиагентный, бинарный); особенностей структурирования центрального блока – ЛППЭ, соответствующий интерактивному взаимодействию по параметризации процесса мониторинга на основе обозначенной интерактивной точки ИТ1; инициализации блоков автоматического сбора статистики мониторинга; настроек подсистемы автоматического анализа мониторируемых процессов; инициализации управляемых коммутаторов (входных данных для мониторинга и тестовых генераторов); выбора параметров динамического анализатора мониторируемого процесса; настройки генераторов тестовых выборок, связанных с комплексом критериев (критерий знаков, знаково-ранговый критерий Willcoxon, критерий Fraser, критерий Fridman, критерий Page, критерий Docsum, метод множественных сравнений на основе ранговых сумм Fridman, критерий взвешенных рангов Quade).

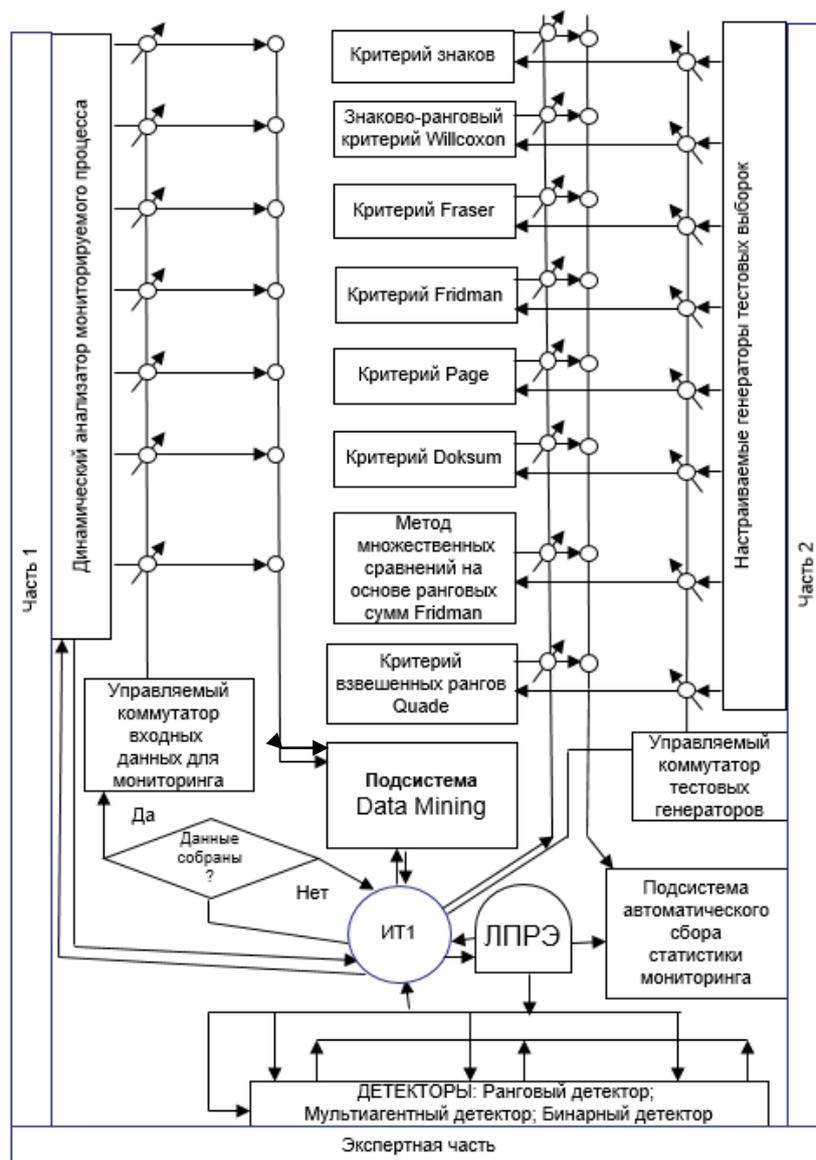


Рис. 3. Фрагмент сценарно-ориентированной структуры подсистемы мониторинга для задачи обнаружения сдвига распределений параметров ПТС

Fig. 3. A fragment of the scenario-oriented structure of the monitoring subsystem for the task of detecting a shift in the distributions of PTS parameters

Преимущества сценарного подхода. Предложенный сценарный подход имеет ряд преимуществ:

- 1) гибкость с точки зрения структурной и функциональной (операционной) составляющих;
- 2) ориентация на решение задач масштабируемости, в том числе на основе применения принципа перманентности оценочного функционала;

- 3) универсальность, т.е. применимость к различным областям, связанным с мониторингом данных, например, в области исследования качества информационных телекоммуникационных каналов, имеющих важное значение для функционирования беспилотных транспортных средств.

Для оценивания эффективности сценарного подхода по отношению к алгоритмическому и использованию реше-

ний ЛПРЭ при наличии точек интерактивности, были созданы имитационные модели, позволяющие оценивать длительности реализации управления процессом мониторинга. Модели строились в предположении о том, что участие ЛПР в управлении МП в алгоритмическом подходе в среднем детерминировано в отличие от сценарного подхода, где принимает активное участие не ЛПР-оператор, а ЛПР-эксперт. Фрагменты результатов полученных оценок приведены в табл.1 и на рис. 4.

Таблица 1. Фрагмент результатов моделирования оценок длительности реализации управления ЛПР и ЛПРЭ а алгоритмическом и сценарном подходах

Нэксп	1	2	3	4	5	6
Тлпр	0,867	0,891	0,822	0,994	0,784	0,955
Тлпрэ	0,699	0,658	0,699	0,711	0,733	0,694
$\Delta \backslash \max T$	0,194	0,262	0,150	0,285	0,065	0,273



Рис. 4. Результаты сравнения оценок длительности реализации алгоритмического и сценарного подходов
Fig. 4. Results of comparison of estimates of the duration of implementation of algorithmic and scenario approaches

Из проведенных на рис. 3. результатов имитационного моделирования можно видеть, что максимальная длительность реализации мониторингового сеанса управления с участием ЛПР составляет 0,994 (в 4-ой реализации), что почти на 30% отличается от реализации сценарного подхода при тех же условиях. В целом, отклонение по шести реали-

зациям составляет 0,187, то есть эффективность сценарного подхода для исследуемой системы выше алгоритмического в среднем на 19%.

Заключение. Проблемы управления мониторинговыми процессами заключаются в необходимости учета большого числа факторов и параметров, причем алгоритмически такие процессы могут быть представлены лишь по частям в связи с требованием интерактивности, то есть учета управления ЛПР на ряде точек исследуемого процесса. Предложенный сценарный подход на основе введенных определений и положений позволил сформировать основы системного подхода к реализации задач управления мониторинговыми процессами в ПТС. В задачах такого рода применение типовых сценариев значительно ускоряет принятие решений при управлении мониторинговыми процессами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №19-29-06015/19, 19-29-06023/19.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайский В.А. Надежность и точность систем контроля природной среды. Часть 3. Системы контроля окружающей среды. 2020. № 4 (42). С. 111–118. DOI: 10.33075/2220-5861-2020-4-111-118.
2. Юсупов Р.М., Шишкин В.М. Информационная безопасность, кибербезопасность и смежные понятия: Cyber Security vs Информационной Безопасности. EDN SNKNEV. 2013. Т. 21, № 21. С. 27–35.
3. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
4. Черняховский, Э.Р. Управление экологической безопасностью. М.: Изд-во «Альфа-Пресс», 2007. 248 с.

5. *ГОСТ Р 8.589-2001* Государственная система обеспечения единства измерений. Контроль загрязнения окружающей природной среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения.

6. *ГОСТ Р 56061-2014* Производственный экологический контроль. Требования к программе производственного экологического контроля.

7. *ГОСТ Р 56059-2014* Производственный экологический мониторинг. Общие положения.

8. *Гайский В.А.* Гидростатический дифференциальный измеритель локальной плотности природных вод // Системы контроля окружающей среды. 2021. Вып. 3 (45). С. 50–58. DOI: 10.33075/2220-5861-2021-3-50-58.

9. *Скатков А.В., Брюховецкий А.А., Моисеев Д.В., Шевченко В.И.* Оценивание состояний природно-технических систем на основе динамической кластеризации // Системы контроля окружающей среды. 2020. Вып. № 1 (39). С. 135–144. DOI: 10.33075/2220-5861-2020-1-135-144.

10. *Бородина О., Гвоздева О.* Мониторинг природных ресурсов как информационная основа учета и оценки природных ресурсов // Московский эконо-

мический журнал. 2016. № 3. (дата обращения: 23.11.2022).

11. *Kaplan S., Haimes Y.Y., Garrick B.J.* Fitting Hierarchical Holographic Modeling into the Theory of Scenario Structuring and a Resulting Refinement to the Quantitative Definition of Risk, 2001. DOI: 10.1111/0272-4332.215153.

12. *Мусевич П.В.* Сценарно-ситуационный подход к проектированию средств интеллектуальной поддержки процесса функционирования автоматизированных систем // Системы управления и информационные технологии. 2007. N2.1(28). С. 166–171.

13. *Доронина Ю.В., Скатков А.В.* Каскадно – иерархическое моделирование в задачах анализа динамики ресурсных характеристик сложных систем. / *Информационно-управляющие системы*, (3), 48–58. <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2020-3-48-58>.

14. *Прохоров Ю. В., Розанов Ю. А.* Теория вероятностей (Основные понятия. Предельные теоремы. Случайные процессы). М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973. 496 с.

SCENARIO APPROACH IN THE MANAGEMENT OF MONITORING PROCESSES IN NATURAL-TECHNICAL SYSTEMS

A.V. Skatkov, Yu.V. Doronina, A.A. Bryukhovetskiy

Federal State Educational Institution of Higher Education «Sevastopol State University»,
RF, Sevastopol, Universitetskaya St., 33
E-mail: YVDoronina@sevsu.ru

It is possible to manage monitoring processes with using a scenario technology, which enables, based on the formalization of the concept of a scenario, to justify system solutions and improve technical and economic indicators. In contrast to the algorithmic approach, the scenario approach implies an active interactivity of the processes of forming solutions for managing the monitoring mode based on the typification of the structural organization of operational support. Within the framework of the proposed definitions, the principles of constructing correct scenarios are formulated, which reduces the resource intensity of monitoring processes. The scheme of a typical scenario for controlling and an example of the results of evaluating the duration of the implementation of algorithmic and scenario approaches are given.

Keywords: scenario approach, natural-technical systems, environmental control systems, monitoring, operation mode management.

REFERENCES

1. *Gaisky V.A.* Nadezhnost' i tochnost' sistem kontrolya prirodnoj sredy (Reliability and accuracy of environmental control systems). *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*, Part 3. 2020. No. 4 (42), pp. 111–118. DOI: 10.33075/2220-5861-2020-4-111-118.
2. *Yusupov R.M. and Shishkin V.M.* Informacionnaya bezopasnost', kiberbezopasnost' i smezhnye ponyatiya: Cyber Security vs Informacionnoj Bezopasnosti (Information security, cyber security and related concepts: Cyber Security vs Information Security). 2013, Vol. 21, No. 21, pp. 27–35.
3. *Okhtilev M.Yu., Sokolov B.V., and Yusupov R.M.* Intellectual'nye tekhnologii monitoringa i upravleniya strukturnoj dinamikoj slozhnyh tekhnicheskikh ob"ektov (Intelligent technologies of monitoring and control of structural dynamics of complex technical objects). Moscow: "Nauka", 2006, 410 p.
4. *Chernyakhovskiy E.R.* Upravlenie ekologicheskoy bezopasnost'yu (Management of ecological safety). Moscow: Izd-vo "Al'fa-Press", 2007, 248 p.
5. *GOST R 8.589-2001* State system for ensuring the unity of measurements. Control of environmental pollution. Metrological support. Basic provisions.
6. *GOST R 56061-2014* Industrial environmental control. Requirements for the production environmental control program.
7. *GOST R 56059-2014* Industrial environmental monitoring. General provisions.
8. *Gaisky V.A.* Hidrostaticheskij differencial'nyj izmeritel' lokal'noj plotnosti prirodnyh vod (Hydrostatic differential meter of local density of natural waters). *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*, 2021, Vol. 3 (45), pp. 50–58.
9. *Skatkov A.V., Bryukhovetskiy A.A., Moiseev D.V., and Shevchenko V.I.* Ocenivanie sostoyanij prirodno-tekhnicheskikh sistem na osnove dinamicheskoy klasterizacii (Assessment of the states of natural and technical systems based on dynamic clustering). *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*, 2020, No. 1 (39), pp. 135–144.
10. *Borodina O. and Gvozdeva O.* Monitoring prirodnyh resursov kak informacionnaya osnova ucheta i ocenki prirodnyh resursov (Monitoring of natural resources as an informational basis for accounting and evaluation of natural resources). *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal*, 2016, No. 3. (November, 23, 2022).
11. *Kaplan S., Haimes Y.Y., and Garrick B.J.* Fitting Hierarchical Holographic Modeling into the Theory of Scenario Structuring and a Resulting Refinement to the Quantitative Definition of Risk, 2001.
12. *Misevich P.V.* Scenarno-situacionnyj podhod k proektirovaniyu sredstv intellektual'noj podderzhki processa funkcionirovaniya avtomatizirovannyh sistem (Scenario-situational approach to the design of means of intellectual support for the process of functioning of automated systems). *Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii*, 2007, No. 2.1(28), pp. 166–171.
13. *Doronina Yu.V. and Skatkov A.V.* Kaskadno – ierarhicheskoe modelirovanie v zadachah analiza dinamiki resursnyh harakteristik slozhnyh sistem (Cascade-hierarchical modeling in the problems of analyzing the dynamics of resource characteristics of complex systems). *Informacionno-upravlyayushchie sistemy*, Vol. 3, pp. 48–58. <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2020-3-48-58>
14. *Prokhorov Yu.V. and Rozanov Yu.A.* Teoriya veroyatnostej (Osnovnye ponyatiya. Predel'nye teoremy. Sluchajnye processy). (Theory of probabilities: Basic concepts. Limit theorems. Random processes). Moscow: "Nauka", 1973, 496 p.