

Научная статья

УДК 623.76.07

DOI: <https://doi.org/10.18127/j19998554-202506-05>

Методика формирования рекомендаций для оператора ситуационного центра при нештатной ситуации изменения уровня энергопотребления на основе определения схожести с прецедентами

Н.Н. Федоров¹, А.С. Захаров², С.В. Мацеевич³, Н.А. Архипова⁴

¹ АО «НПО дальней радиолокации им. акад. А.Л. Минца» (Москва, Россия)

^{2,3} Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Москва, Россия)

⁴ Российский технологический университет – МИРЭА (Москва, Россия)

¹ nifedorov@npodr.ru, ² zakharov.as17@physics.msu.ru, ³ cvmac@mail.ru, ⁴ arkhipova_n@mirea.ru

Аннотация

Постановка проблемы. Изменение уровня электропотребления носит как сезонный, так и стохастический характер. Из-за увеличения энергопотребления при уменьшении выданной мощности возникают внештатные ситуации на линиях передачи энергии. Операторы ситуационных центров энергетических компаний проводят круглосуточный мониторинг ситуации, но высокая когнитивная нагрузка на оператора ситуационных центров при появлении внештатной ситуации приводит к необходимости разработки системы поддержки принятия решений оператором ситуационных центров. Для более точного и оперативного анализа предлагается формализовать методику формирования рекомендаций на основе определения схожести с прецедентами.

Цель. Разработать методику формирования рекомендаций для операторов ситуационных центров на основе определения схожести с прецедентами с учетом связи с имеющимися базами данных.

Результаты. Предложена методика, состоящая из последовательности действий для идентификации нештатной ситуации вектором состояния, т. е. показаниями параметров системы. В качестве метрики схожести текущего состояния прецедентам предложено использовать расстояние между ними в пространстве параметров системы.

Практическая значимость. Представленная методика позволяет сформировать систему поддержки принятия решений оператора при аварийных или нештатных ситуациях. Полученные результаты могут быть использованы в интеллектуальных системах поддержки принятия решения для лиц, принимающих решения при авариях.

Ключевые слова

Система поддержки принятия решений, интеллектуальный модуль, нештатные ситуации, оператор, эксперт, оптимальное решение, выбор альтернатив, участие человека, выбор решения, базы данных

Для цитирования

Федоров Н.Н., Захаров А.С., Мацеевич С.В., Архипова Н.А. Методика формирования рекомендаций для оператора ситуационного центра при нештатной ситуации изменения уровня энергопотребления на основе определения схожести с прецедентами // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2025. Т. 27. № 6. С. 50–56. DOI: 10.18127/j19998554-202506-05

A brief version in English is given at the end of the article

Введение

Основные роли в обеспечении бесперебойной работы системы передачи энергии играют диспетчеры ситуационных центров. В круг задач диспетчеров входит координация действий ремонтных бригад и восстановление энергетических объектов в случае аварий. Однако процесс принятия решений диспетчерами осложняется множеством факторов, влияющих на работу системы. В таких условиях важным инструментом для повышения эффективности работы диспетчеров становится система поддержки принятия решения.

Системы поддержки принятия решений (СППР, англ. Decision Support Systems, DSS) представляют собой класс информационных систем, предназначенных для помощи лицам, принимающим решения (ЛПР), в условиях неопределенности, многокритериальности и большого объема данных. В свою очередь, интеллектуальные системы поддержки принятия решения (ИСППР) сочетают в себе методы анализа данных, моделирования и визуализации на основе методов искусственного интеллекта, обеспечивая более обоснованный и эффективный выбор альтернатив [1].

Приведем следующее определение ИСППР [2–5]:

ИСППР, как правило, нацелены на решение менее структурированных, недостаточно определённых проблем, с которыми обычно сталкиваются руководители высшего звена;

ИСППР пытается объединить использование моделей или аналитических методов с традиционными функциями доступа к данным и их поиска;

ИСППР уделяет особое внимание функциям, которые делают их простыми в использовании для людей, не владеющих компьютером, в интерактивном режиме;

ИСППР делает акцент на гибкости и адаптивности, чтобы подстроиться к изменениям в среде и подходу пользователя к принятию решений.

Основная цель ИСППР – повысить эффективность процесса принятия решений человеком за счет предоставления ему своевременной, релевантной и проанализированной информации, а также инструментов для оценки различных вариантов действий. Процесс принятия решений представляет собой последовательность взаимосвязанных этапов, каждый из которых играет критическую роль в формировании обоснованного и эффективного решения [6]. На этом этапе происходит осознание необходимости принятия решения, связанное с обнаружением проблемной ситуации. Основная задача данного этапа – выявить и корректно сформулировать проблему, что требует анализа текущего состояния системы, внешних и внутренних факторов [7], а также возможных отклонений от желаемого состояния.

Ключевые действия при возникновении проблемы:

сбор и первичная обработка информации;

диагностика причин возникновения проблемы;

определение границ и контекста проблемы (временные, ресурсные, организационные ограничения);

формулировка проблемы.

Ошибки на этом этапе (неверная постановка проблемы, игнорирование важных факторов) могут привести к неэффективным решениям на последующих стадиях.

Пассивные системы поддержки принятия решений представляют собой информационно-аналитические платформы, основная функция которых заключается в сборе, структурировании и визуализации данных для последующего анализа человеком [8, 9]. Эти системы не предлагают готовых решений или конкретных рекомендаций, а выступают в роли «интеллектуальных усилителей» для ЛПР, предоставляя удобные инструменты для работы с информацией. В финансовой аналитике такие ИСППР часто реализуются в виде сложных диаграмм или графиков, систем бизнес-интеллекта или платформ для ad-hoc анализа. Их основное преимущество заключается в сохранении полного контроля за процессом принятия решения у человека, что особенно важно в условиях, когда требуется учет неформализуемых факторов, или когда последствия решений носят стратегический характер [9]. Однако эффективность пассивных систем в значительной степени зависит от квалификации и опыта пользователя, что может стать ограничивающим фактором в условиях дефицита высококвалифицированных аналитиков.

Активные системы поддержки принятия решений представляют следующую ступень эволюции и характеризуются способностью не только обрабатывать данные, но и формулировать конкретные рекомендации на основе встроенных аналитических моделей и алгоритмов [10]. Эти системы используют методы искусственного интеллекта, машинного обучения и экспертных систем для генерации вариантов решений с оценкой их вероятных последствий. В финансовой сфере активные ИСППР находят применение в задачах алгоритмического трейдинга, автоматического управления портфелями, скоринга кредитных заявок или выявления мошеннических операций [11]. Их принципиальное отличие от пассивных систем заключается в способности самостоятельно формулировать выводы и предложения, хотя окончательное решение все равно остается за человеком. Развитие активных ИСППР сталкивается с рядом методологических и практических сложностей, включая проблему «черного ящика» в сложных нейросетевых моделях, ответственность за автоматизированные решения и необходимость обеспечения прозрачности и интерпретируемости рекомендаций системы.

Рассмотрим метод рекомендации решений при нештатной ситуации, приведённым А.О. Маркарян [12]. Показанный метод оценки соответствия прецедентам сводится к следующему: в случае, если инцидент отнесен к классу нештатных событий, то выполняется проверка, происходили ли подобные случаи ранее, то есть соответствуют ли признаки инцидента признакам прецедента. Для такой проверки преду-

смотрена процедура, базирующаяся на идее технологии рассуждения на основе прецедентов (CBR-технологии), которая позволяет осуществлять идентификацию текущей ситуации и поиск подходящего прецедента, использовать найденный прецедент для решения проблемы и, при необходимости, адаптировать ранее известное решение к текущей ситуации [13]. Подобная модель соответствия текущей ситуации прецедентам формируется на основе матрицы соответствия, строки которой занумерованы признаками расследуемого инцидента, столбцы – признаками прецедента, имевшего место ранее. На пересечении находятся элементы, принимающие булевы значения: 1 – имеется соответствие признаков, 0 – нет. Тогда степень соответствия определяется по формуле

$$\frac{1}{n_i} \sum_{l=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{n_j} a_{lk},$$

где n_i – количество признаков инцидента; a_{lk} – элемент матрицы соответствия, принимающая значение 1 (если значение признака прецедента соответствует значению этому признаку текущего инцидента) или 0 (если значение признака прецедента не соответствует значению этому признаку текущего инцидента).

Однако данный метод является частным или бинарным случаем, поскольку опирается на булевы значения. Предлагается создать методику рекомендации эффективных проверенных методов рекомендации оператору или ЛППР решений при устранении нештатной ситуации. В работе выдвигается идея рекомендации оператору или ЛППР проверенных решений из базы знаний на основе схожести текущей нештатной ситуации с известными прецедентами. Таким образом, разработанный инструмент в рамках СППР направлен на балансировку нагрузки, защиту оборудования от перегрева и обеспечение бесперебойного энергоснабжения объектов, от которых зависит функционирование смежных инфраструктур (транспорт, здравоохранение, связь).

Ц е л ь р а б о т ы – разработать методику формирования рекомендаций для операторов ситуационных центров на основе определения схожести с прецедентами с учетом связи с имеющимися базами данных.

Методика формирования рекомендаций решений на основе схожести текущей нештатной ситуации с известными прецедентами

Состояние системы можно описать как значения показателей параметров системы при текущей нештатной ситуации и представить в виде вектора значения параметров. Суть методики сводится к анализу схожести текущей нештатной ситуации с известными прецедентами из базы знаний системы. После получения сообщения о нештатной ситуации программа собирает данные о текущем (нештатном) или прогнозируемом состоянии системы, объявленном нештатным. Это состояние можно описать вектором $S_{cur}^* \{p_1^*, p_2^*, \dots, p_n^*\}$ состояния системы.

В дальнейшем методика сводится к нескольким последовательным шагам.

Шаг 1. После получения сигнала о нештатной ситуации из баз данных прецедентов (известных нештатных ситуаций) о состояниях системы во время известных нештатных ситуаций загружаются данные о состоянии системы при известных нештатных ситуациях в виде векторов состояний $S_{pre}^i \{p_1^i, p_2^i, \dots, p_n^i\}$, где i – i -й прецедент. На этом же шаге вычисляется расстояние в определённой метрике (евклидовой, Манхэттен и т.п.) между текущим состоянием $S_{cur}^* \{p_1^*, p_2^*, \dots, p_n^*\}$ и каждым прецедентом $S_{pre}^i \{p_1^i, p_2^i, \dots, p_n^i\}$ как $r_{metrik}^i(S_{cur}^*, S_{pre}^i)$, формируя множество $\{R | r_{metrik}^i(S_{cur}^*, S_{pre}^i)\}$ расстояний от текущего состояния системы до известных прецедентов.

Шаг 2. Определяется минимальное расстояние из найденных известных прецедентов нештатной работы, при котором состояние системы больше всего походило на текущее, $\min(r_{metrik}^i(S_{cur}^*, S_{pre}^i))$.

Шаг 3. Происходит установление, является ли текущая нештатная ситуация уникальной или её можно сопоставить с известным прецедентом.

Шаг 4 (А). В случае, если текущая нештатная ситуация не уникальна, система переключается в режим А и работает в качестве ИСППР, составляя выводимый оператору список решений.

Шаг 4 (Б). В случае, если текущая нештатная ситуация не уникальна, система переключается в режим Б и работает в качестве СППР, передавая управление оператору и оказывая ему помощь в самостоятельном принятии решения.

Схема основного алгоритма работы ИСППР по указанной методике представлена на рисунке.

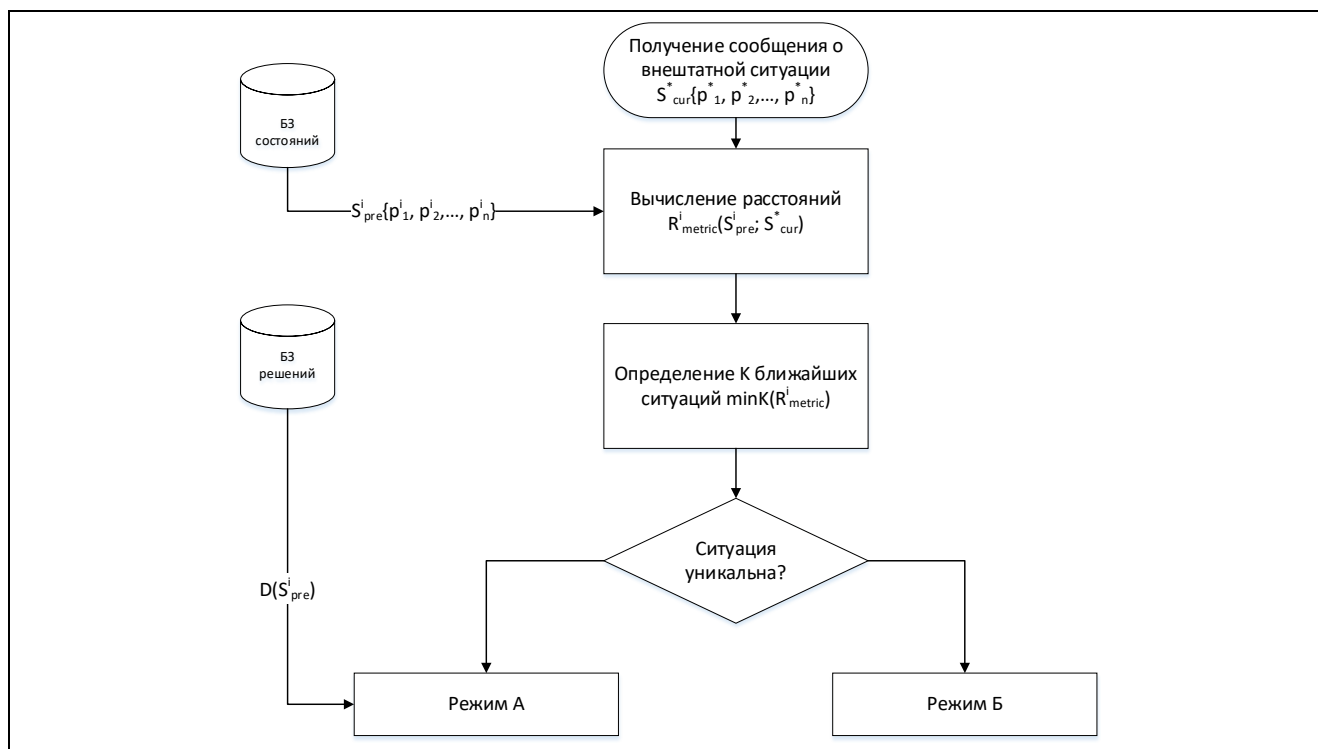


Схема методики определения соответствия нештатной ситуации прецеденту и выбора режима работы СППР

Block diagram of methodology for determining whether an emergency situation corresponds to a precedent and selecting the operating mode of the DSS

Рассмотрим подробнее работу ИСППР при различных режимах после определения соответствия текущей нештатной ситуации прецедентам.

Режим А

При определении текущей нештатной ситуации в качестве схожей с известным прецедентом ИСППР переходит в режим, который условно можно назвать *режимом А*. В этом режиме на входе имеется текущее нештатное состояние системы $S^*_{cur}\{p^*_1, p^*_2, \dots, p^*_n\}$ и список (множество) расстояний (схожести) до прецедентов $\{R | r^i_{metrik}(S^*_{cur}, S^i_{pre})\}$ с найденным на предыдущем этапе определённым минимумом $\min(r^i_{metrik}(S^*_{cur}, S^i_{pre}))$.

Далее алгоритм сводится к следующим шагам.

Шаг 1. Прецедент, при котором техническое состояние системы более всего схоже с текущим, т.е. соответствующее $\min(r^i_{metrik}(S^*_{cur}, S^i_{pre}))$, объявляется соответствующим данной текущей ситуации и исключается из множества $\{R | r^i_{metrik}(S^*_{cur}, S^i_{pre})\} \setminus \{\min(r^i_{metrik}(S^*_{cur}, S^i_{pre}))\}$.

Шаг 2. Находится новый минимум расстояния до прецедентов в оставшемся множестве $\{R | r^i_{metrik}(S^*_{cur}, S^i_{pre})\} \setminus \{\min(r^i_{metrik}(S^*_{cur}, S^i_{pre}))\}$.

Шаг 3. Тем же способом, которым определялось уникальность нештатного состояния на этапе определения режима (см. Определение уникальности нештатной ситуации), устанавливается различимость найденного текущего минимума от остальных состояний.

Шаг 4 (А). Если состояние, соответствующее текущему минимуму расстояния, отличается от других относительно $S^*_{cur}\{p^*_1, p^*_2, \dots, p^*_n\}$, то тогда состояние, соответствующее текущему минимуму, объявляется дополнительным альтернативным прецедентом. Шаги 1–3 повторяются.

Шаг 4 (Б). Если состояние, соответствующее текущему минимуму расстояния, не отличается от других относительно $S^*_{cur}\{p^*_1, p^*_2, \dots, p^*_n\}$, то тогда процесс переходит к загрузке решений.

В результате формируются ранжированное по возрастанию $\min(r^i_{metrik}(S^*_{cur}, S^i_{pre}))$ (т.е. по убыванию схожести) множество известных прецедентов $\{I | i\}$.

Шаг 5. Из базы данных решений при известных прецедентах загружаются решения, соответствующие прецедентам из множества I , в той же последовательности.

Шаг 6. (Опционально.) Происходит уточнение решения на основе многокритериальной оценки загруженных решений.

Шаг 7. Известные решения, применённые при прецедентах, выводятся оператору.

Таким образом, ЛПР предоставляется готовый список известных апробированных проверенных решений, применённых и зарекомендовавших себя ранее при ликвидации нештатных ситуаций, наиболее схожих с текущей.

Режим Б

Работа системы в *режиме Б* является отдельной открытой проблемой и не является предметом детального обсуждения данной работы. Однако, по мнению авторов, в этой ситуации высокой неопределённости ИСППР должна переходить в режим СППР, передавая приоритет принятия решения (т.е. интеллектуальную составляющую процесса принятия решения) ЛПР, чтобы оператор, опираясь на свой опыт, знания и интуицию, самостоятельно вырабатывал оригинальное решение. В данной ситуации система только осуществляет помощь в предоставлении и агрегации поступающей оператору информации, снижая когнитивную нагрузку на ЛПР.

Определение уникальности нештатной ситуации

Уникальность текущего состояния системы или схожести с известными прецедентами можно определить при помощи дисперсионного анализа. На вход подаётся минимальное расстояние схожести $\min(r_{\text{метрик}}^i(S_{\text{cur}}^*, S_{\text{pre}}^i))$ и K минимальных расстояний схожести из множества $\{R | r_{\text{метрик}}^i(S_{\text{cur}}^*, S_{\text{pre}}^i)\}$. Определяется множество $K+1$ элементов расстояний $r_{\text{метрик}}^i(S_{\text{cur}}^*, S_{\text{pre}}^i)$.

Разобьём указанное множество на подмножества: подмножество, состоящее только из одного элемента $\min(r_{\text{метрик}}^i(S_{\text{cur}}^*, S_{\text{pre}}^i))$ – глобального минимума $\{R | r_{\text{метрик}}^i(S_{\text{cur}}^*, S_{\text{pre}}^i)\}$, и подмножество, состоящее из остальных K минимальных элементов множества $\{R | r_{\text{метрик}}^i(S_{\text{cur}}^*, S_{\text{pre}}^i)\}$. Рассчитаем межвидовую и внутривидовую дисперсии, сравним их, получив критерий F в виде отношения межвидовой дисперсии к внутривидовой $F = MS_B / MS_W$. На основании сравнения этого отношения с требуемым значением критерия Фишера при требуемом уровне значимости α можно определить статистическую значимость влияния на множество (различимость ситуации в множестве) из $K+1$ ближайших (схожих) прецедентов.

Если $F > F_{\text{crit}}$ (конкурирующая гипотеза о различимости ситуаций верна), то сходство текущего технического состояния с ближайшим прецедентом различимо на фоне остальных, значит, техническое состояние, соответствующее минимальному $r_{\text{метрик}}^i(S_{\text{cur}}^*, S_{\text{pre}}^i)$, является действительным прецедентом текущего нештатного технического состояния.

Если $F \leq F_{\text{crit}}$ (нулевая гипотеза о неразличимости ситуаций верна), то сходство текущего технического состояния с ближайшим прецедентом неразличимо на фоне остальных, значит, не удалось найти прецедент текущего нештатного технического состояния.

Уникальность текущего состояния системы или схожести с известными прецедентами также можно определять при помощи энтропии.

Устройство базы знаний прецедентов

В данной работе основная роль отводится базе знаний прецедентов, поэтому отдельно нужно рассмотреть устройство базы знаний прецедентов.

База знаний прецедентах состоит из базы данных состояний системы при известных нештатных ситуациях и базы знаний решений о принимаемых или рекомендованных к применению при этих прецедентах решениях.

Данные о состояниях системы при известных нештатных ситуациях рекомендуется хранить в виде реляционной базы данных, строки которой являются векторами состояний $S_{\text{pre}}^i \{p^i_1, p^i_2, \dots, p^i_n\}$, а столбцы представляют собой значения параметров при соответствующих прецедентах, а также уникальный идентификатор (ID) прецедента.

База знаний решений представляет собой хранилище решений: регламентированных, принятых или выработанных и рекомендованных экспертами на основе анализа нештатной ситуации.

База данных состояний системы и база знаний решений связаны посредством уникального идентификатора нештатной ситуации ID.

Заключение

В результате проведенных исследований была разработана методика формирования рекомендаций для операторов ситуационных центров на основе определения схожести с прецедентами с учетом связи с имеющимися базами данных при ликвидации текущей нештатной ситуации. Разработанный научно-методический аппарат позволит повысить эффективность принимаемых решений за счёт рекомендаций ЛПР проверенных и выработанных на основании известных, хорошо изученных нештатных ситуаций, а также снизить влияние человеческого фактора в критических условиях. Методика имеет высокий потенциал реализации на нейрокомпьютерах.

Список источников

1. Power D.J. Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. 2002.
2. Sprague R. A Framework for the Development of Decision Support Systems. MIS Quarterly. 1980. V. 4. № 4. P. 1–25.
3. Михайлова С.С., Мацевич С.В., Захаров А.С., Шарипов Д.А., Петровский А.В. Расчет показателей готовности выездных бригад на основе модели комплексных аварий на объектах критической инфраструктуры // Нелинейный мир. 2025. Т. 23. № 3. С. 15–24. DOI: <https://doi.org/10.18127/j20700970-202503-03>
4. Судаков В.А., Тимошенко А.В., Соколов К.С., Мацевич С.В. Алгоритм поддержки принятия решения оператором радиолокационной станции мониторинга космического пространства в условиях нештатной ситуации на основе гибридной функции // Системы управления, связи и безопасности. 2024. № 4. С. 145–157. DOI 10.24412/2410-9916-2024-4-145-157. EDN DEPPJD.
5. Timoshenko A.V., Razin'kov S.N., Savchuk A.M. et al. Ensuring Flight Safety in Aviation through Damage Risk Management in the Aviation System. Russ. Aeronaut. 2024. V. 67. P. 741–748. <https://doi.org/10.3103/S1068799824040019>.
6. Simon H.A. The New Science of Management Decision. 1960.
7. Мацевич С.В., Владко У.А., Зюзина А.Д. и др. Применение показателя когнитивной нагрузки графического элемента для обоснования требований к системе визуализации РЛС дальнего обнаружения // Научная визуализация. 2024. Т. 16. № 3. С. 87–96. DOI 10.26583/sv.16.3.09. EDN IOQBVG.
8. Hosseinzadeh Lotfi F., Allahviranloo T., Pedrycz et.al. The Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH) in Uncertainty Environment. In: Fuzzy Decision Analysis: Multi Attribute Decision Making Approach. Studies in Computational Intelligence. 2023. V. 1121. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44742-6_10
9. Лабинский А.Ю., Козлов А.А. Принятие решений с помощью метода аналитических сетей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2018. № 4.
10. Ананьев А.В., Иванников К.С., Моисеев С.И. Применение теории латентных переменных для анализа элементного базиса устройств обработки сигналов на основе метода парных сравнений // Системы управления и информационные технологии. 2022. № 3 (89). С. 35–38.
11. Баркалов С.А., Карпович М.А., Моисеев С.И. Метод анализа иерархий: подход, основанный на теории латентных переменных // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2022. Т. 22. № 2. С. 58–66.
12. Маркарян А.О. Система поддержки принятия решений при расследовании авиационных происшествий // Труды МАИ. 2025. № 141. EDN YVLHRH.
13. Trofimov V.B., Temkin I.O., Solodov S.V. Application of case-based reasoning in hazard evaluation in complex process flow control. Eurasian Mining. 2023.

Информация об авторах

Николай Николаевич Федоров – техник

SPIN-код: не представлен

Александр Сергеевич Захаров – ассистент

SPIN-код: 8991-7365

Сергей Вячеславович Мацевич – ассистент

SPIN-код: 5888-0320

Наталья Анатольевна Архипова – к.ф.-м.н., доцент

SPIN-код: 4519-1090

Статья поступила в редакцию 14.10.2025

Одобрена после рецензирования 24.10.2025

Принята к публикации 30.10.2025

Original article

The methodology of forming recommendations for operator of the situation center in case of an emergency situation of changes in the level of energy consumption based on determination of similarity with precedents

N.N. Fedorov¹, A.Z. Zakharov², S.V. Matseevich³, N.A. Arkhipova⁴

¹ JSC «Scientific and Production Association of long-range radar named after academician A.L. Mints» (Moscow, Russia)

^{2,3} Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russia)

⁴ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «MIREA – Russian Technological University» (Moscow, Russia)

¹ nifedorov@npodr.ru, ² zakharov.as17@physics.msu.ru, ³ cvmac@mail.ru, ⁴ arkipova_n@mirea.ru

Abstract

The relevance of the study stems from the need to develop a method for supporting operator decision-making based on recommendations when resolving emergency situations. The development of the algorithm necessitated the development of a model for determining the similarity of emergency situations based on a method for calculating distances in parameter space. The aim of the study is to develop a method for recommending solutions to an operator using an intelligent decision support system in an emergency situation based on a model of the similarity of the current state with known precedents. As a result of the work, a model for identifying abnormal situations based on similarity to precedents was formalized. It was proposed to identify abnormal situations by a state vector, that is, the readings of system parameters. The distance between the current state and precedents in the system parameter space was proposed as a metric for similarity between them. The presented model enables the development of a decision support system for operators in emergency or abnormal situations. The results obtained can be used in the integrated decision support system (IDSS) to recommend decisions to decision makers during emergencies.

Keywords

Decision support system, intelligent module, emergency situations, operator, expert, optimal solution, choice of alternatives, human involvement, choice of solution, databases

For citation

Fedorov N.N., Zakharov A.Z., Matseevich S.V., Arkhipova N.A. The methodology of forming recommendations for operator of the situation center in case of an emergency situation of changes in the level of energy consumption based on determination of similarity with precedents. *Neurocomputers*. 2025. V. 27. № 6. P. 50–56. DOI: 10.18127/j19997493-202506-05 (in Russian).

References

1. Power D.J. Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. 2002.
2. Sprague R. A Framework for the Development of Decision Support Systems. *MIS Quarterly*. 1980. V. 4. № 4. P. 1–25.
3. Mixajlova S.S., Maceevich S.V., Zaxarov A.S., Sharipov D.A., Petrovskij A.V. Raschet pokazatelej gotovnosti vy`ezdny`x brigad na osnove modeli kompleksny`x avarij na ob`ektax kriticheskoj infrastruktury. *Nelinejny`j mir*. 2025. T. 23. № 3. S. 15–24. DOI: <https://doi.org/10.18127/j20700970-202503-03>
4. Sudakov V.A., Timoshenko A.V., Sokolov K.S., Maceevich S.V. Algoritm podderzhki prinyatiya resheniya operatorom radioloka-cionnoj stancii monitoringa kosmicheskogo prostranstva v usloviyax neshtatnoj situacii na osnove gibridnoj funkcii. *Sistemy` upravleniya, svyazi i bezopasnosti*. 2024. № 4. S. 145–157. DOI 10.24412/2410-9916-2024-4-145-157. EDN DEPPJD.
5. Timoshenko A.V., Razin`kov S.N., Savchuk A.M. et al. Ensuring Flight Safety in Aviation through Damage Risk Management in the Aviation System. *Russ. Aeronaut.* 2024. V. 67. P. 741–748. <https://doi.org/10.3103/S1068799824040019>.
6. Simon H.A. The New Science of Management Decision. 1960.
7. Maceevich S.V., Vladko U.A., Zyuzina A.D. i dr. Primenenie pokazatelya kognitivnoj nagruzki graficheskogo e`lementa dlya obosnovaniya trebovanij k sisteme vizualizacii RLS dal`nego obnaruzheniya. *Nauchnaya vizualizaciya*. 2024. T. 16. № 3. S. 87–96. DOI 10.26583/sv.16.3.09. EDN IOQBVG.
8. Hosseinzadeh Lotfi F., Allahviranloo T., Pedrycz et.al. The Measuring Attractiveness by a Cate-gorical Based Evaluation Technique (MACBETH) in Uncertainty Environment. In: *Fuzzy Decision Analysis: Multi Attribute Decision Making Approach*. Studies in Computational Intelligence. 2023. V. 1121. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44742-6_10
9. Labinskij A.Yu., Kozlov A.A. Prinyatie reshenij s pomoshh`yu metoda analiticheskix setej. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby` MChS Rossii»*. 2018. № 4.
10. Anan`ev A.V., Ivannikov K.S., Moiseev S.I. Primenenie teorii latentny`x peremenny`x dlya analiza e`lementnogo bazisa ustrojstv obrabotki signalov na osnove metoda parny`x sravnenij. *Sistemy` upravleniya i informacionny`e tehnologii*. 2022. № 3 (89). S. 35–38.
11. Barkalov S.A., Karpovich M.A., Moiseev S.I. Metod analiza ierarxij: podxod, osnovanny`j na teorii latentny`x peremenny`x. *Vestnik Yuzhno-Ural`skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Komp`yuterny`e tehnologii, upravlenie, radioe`lektronika*. 2022. T. 22. № 2. S. 58–66.
12. Markaryan A.O. Sistema podderzhki prinyatiya reshenij pri rassledovanii aviacionny`x proisshestvij. *Trudy` MAI*. 2025. № 141. EDN YVLHRH.
13. Trofimov V.B., Temkin I.O., Solodov S.V. Application of case-based reasoning in hazard evaluation in complex process flow control. *Eurasian Mining*. 2023.

Information about the authors

Nikolay N. Fedorov – Technician

Aleksandr S. Zakharov – Assistant

Sergey V. Matseevich – Assistant

Natalya A. Arkhipova – Ph. D. (Eng.), Associate Professor

The article was submitted 14.10.2025

Approved after reviewing 24.10.2025

Accepted for publication 30.10.2025