

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТОВ

Бурый А.С., д-р техн. наук, ФГБУ «Институт стандартизации»

Усцелемов В.Н., соискатель ФГБУ «Институт стандартизации»

*Представлен подход комплексирования разнотипных агентных структур для задач информационной поддержки принятия решений, когда на первом этапе на базе интеллектуальных BDI-агентов (B – убеждения, D – желания, I – намерения) формируется цель и намечается план ее достижения, а на последующем этапе реализуется процедура принятия решения на основе метода рассуждений для рациональных агентов. Цель работы: развитие адаптивных процедур в организационных системах поддержки принятия решений на основе интегрирования агентных моделей и метода построения выводов по прецедентам в условиях динамики состояний окружающей среды. Достоверность результатов обосновывается комплексным использованием сравнительного анализа, экспертного оценивания, логики описания представленных математических выкладок, метода построения рассуждений на основе прецедентов.*

**Ключевые** прецедент, рассуждения на основе прецедентов, BDI-агент, интеграция, агентная система.

**Цитирование:** Бурый А.С., Усцелемов В.Н. Информационная поддержка систем принятия решений на основе прецедентов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 2 (77). С. 44–50.

## ВВЕДЕНИЕ

Разработка большинства сложных систем (объектов) строится на когнитивных технологиях, интеграции методологии концептуального, имитационного моделирования и информационно-коммуникационных технологий. Для большинства социально-экономических систем на первый план выходят задачи управления безопасностью, технологической эффективностью для повышения оперативности, качества планирования на уровне обеспечения региональной безопасности [1]. Широкое внедрение в процессы моделирования агентных платформ [2] позволяет реализовывать как коммуникационные свойства агентов (субъектов проблемно-ориентированной деятельности) [3], так и когнитивные, на основе ментальных моделей, экспертных знаний на этапе синтеза моделей системной динамики [1, 4], выработки и поддержки принятия решений в распределенных структурах современных систем поддержки принятия решений (СППР) различного уровня [5].

На этапе проектирования сложных систем актуальным является оценка функциональной и структурной устойчивости системы в ходе целевого применения [6]. Практически в большинстве случаев, для этого проводят имитационное моделирование, в ходе которого исследуются модели функционирования отдельных подсистем, коммуникационные качества системы, а также вопросы обеспечения безопасности, включая информационную безопасность,

формируя сценарии системы обеспечения безопасности [7]. При этом целесообразно осуществлять активный мониторинг информационного пространства предметной области (ПрО) исследования и самой системы, реализуя принцип проактивности в распределенных человеко-машинных СППР [8].

Для повышения эффективности противодействия злоумышленникам остро стоит вопрос повышения оперативности обнаружения фактов атак, а также построения алгоритмов противодействия [9] с учетом решаемых задач управления, динамики взаимодействия, распределенности функций переработки информации в большинстве автоматизированных систем управления [10], включая СППР.

Порядок разработки концепции и структуры системы безопасности во многом определяются возможностями выявления систем отношений между понятиями, событиями, фактами, составляющими суть ПрО исследования или ее онтологию, для чего активно разрабатываются методы анализа данных, аналитика (методы и алгоритмы) переработки информации в контексте формируемых приложений и существующих информационных коммуникаций [11, 12].

Перспективным направлением развития СППР является разработка методов моделирования рассуждений (индуктивных, нечетких, на основе аналогий и др.) в задачах управления сложными объектами различной природы [13], среди

которых все большую практическую значимость приобретают методы на основе прецедентов [14–16]. При этом постоянно расширяется область применения последних, включая задачи технической диагностики [17], социальные программы обучения и туризма [16], обеспечения безопасности территориально распределенных объектов [18].

На сегодня обеспечение безопасности объектов, когда отсутствует неприемлемый риск, связанный с причинением вреда жизни и здоровью граждан, физическим объектам или окружающей среде, становится устойчивой тенденцией. Остановившись на информационной безопасности применительно к сетевым технологиям, технологиям открытых данных, распределенным системам принятия решений и ряду других приложений, требование сохранения конфиденциальности, целостности и доступности информации остаются неперенным условием устойчивости управления и целевого использования указанных систем.

Целью настоящей работы является совершенствование систем построения рассуждений на основе прецедентов для повышения устойчивости и обоснованности принятия решений, путем интеграции рассматриваемых систем с интеллектуальными агентами на этапе проведения имитационного моделирования.

### АГЕНТНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Практика развития систем ситуационного управления, алгоритмов принятия решений по защите информации и ряд других приложений все чаще демонстрирует отход от классических методов управления, когда недостаточно известны входные воздействия, модель объекта управления, а следовательно его поведение и требуется определить новые свойства объекта, основываясь на знаниях о подобных ситуациях (прецедентах) в прошлом [15].

В этом случае управление осуществляется не по параметрам, как, например, в ходе программного управления объектом, а по состоянию или классу состояний, когда на основе методов классификации производят сравнение рассматриваемого воздействия с имеющейся библиотекой (базой) подобных воздействий [13, 19].

Применение для рассматриваемых задач совещательных агентов, используя технологию построения выводов, основанную на прецедентах, получило название в зарубежной литературе CBR-систем (Case-Based Reasoning – CBR – технологии) [19, 20]. Предлагаемая технология облегчает автоматизацию построения агентных систем, предоставляет им возможность обучения, что повышает их автономность. Применимость CBR-моделей может быть оправдано при условиях: 1) подобные задачи должны иметь и подобные решения (принцип регулярности); 2) повторяемость событий проявляется как устойчивая тенденция (принцип

цикличности). Отмеченные свойства, а также рациональность, проактивность в поведении, реактивность в отношении восприятия окружающей среды и ряд других свойств, присущи так называемым совещательным агентам с архитектурой BDI<sup>1</sup>, которые обладают ментальными установками убеждений, желаний и намерений [5]. Кроме того, BDI-агенты обладают способностью решать, что делать и, как этого добиться, в соответствии со своими установками.

Системы, построенные на рассуждениях (CBR – системы) выполняют практически неизменный пошаговый алгоритм, включающий следующие этапы [13, 15, 17], представленные на рисунке [21]:

- 1 – извлечение;
- 2 – повторное использование;
- 3 – пересмотр;
- 4 – сохранение.

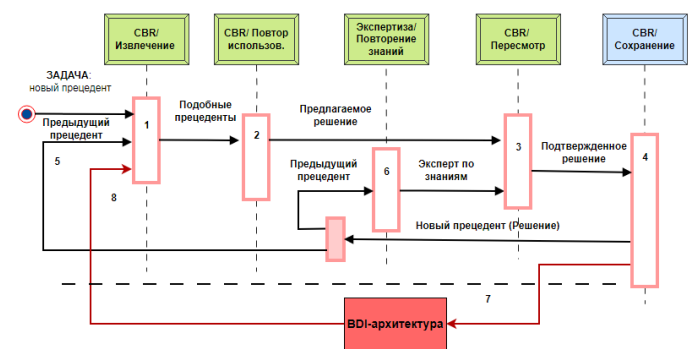


Рис. 1. Интеграция BDI-агентов в цикл рассуждений CBR-систем

### ИНТЕГРАЦИЯ BDI-АГЕНТОВ В ЦИКЛ РАССУЖДЕНИЙ CBR-СИСТЕМ

Любое из этих действий можно автоматизировать, а это означает, что весь процесс рассуждения может быть в определенной степени автоматизирован. Соответственно, для агентов возможно реализовать с использованием CBR-систем для автономного мышления и, следовательно, для адаптации к изменениям окружающей среды.

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОБЪЕКТЫ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУР CBR-BDI

Интегрированные структуры совместного применения CBR-систем и интеллектуальных BDI-агентов будем называть расширенным агентом CBR-BDI, который можно представить кортежем вида [5, 20]:

<sup>1</sup> BDI-агент – программная модель интеллектуального агента, аббревиатура от англ. Beliefs, (убеждения) – Desires (желания) – Intentions (намерения).

$$A_{CBR-BDI} = \{E, L_{act}, L_{\Pi}, L_I, L_{\text{ЭЗ}}\}, \quad (1)$$

в котором составляющие элементы (соответствующие множества) представим следующим списком:

**a.**  $E$  – операционная среда, в которой функционирует агент; задается значениями из фиксированного множества ненулевых переменных окружения, характеризующих текущую обстановку и обозначаемых, как

$$E = \langle e_1, e_2, \dots, e_i, \dots, e_n \rangle, \text{ т.е. } \forall e_i \in E, i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

**b.**  $L_{act} = \langle act_1, act_2, \dots, act_j, \dots, act_m \rangle$  – библиотека возможных действий, выполняемых агентами различных типов, причем каждое действие носит имя и характеризуется набором входных и выходных параметров в соответствии с выражением (3):

$$act_j = \{Имя_j, Вх\_п_j, Вых\_п_j\}, j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

действие влияет на состояние среды и связано с параметрами среды, т.е.

$$Вх\_п_j, Вых\_п_j \subseteq E.$$

**c.**  $L_{\Pi}$  – библиотека прецедентов, где хранятся данные о выявленных предыдущих прецедентах:

$$L_{\Pi} = \langle pr_1, pr_2, \dots, pr_k, \dots, pr_p \rangle, pr_k \in L_{\Pi}, k = \overline{1, p}, \quad (4)$$

где каждый прецедент есть трехмерный кортеж, представляющий прошлые (хранящиеся в библиотеке) убеждения (B), желания (D) и прошлые намерения (I), т.е. составные элементы BDI-агента:  $pr_k = \{B_k, D_k, I_k\}$ .

В данном представлении параметры BDI-агента будем трактовать с учетом [20] следующим образом:

**c1)** убеждения агента (B) – фактическое состояние среды в рассматриваемый момент времени в соответствии с (2), тогда

$$B = \langle b_1, \dots, b_i, \dots, b_n \rangle, \quad b_i = \{E, val_E\},$$

переменные  $e_i$  из выражения (2) описывают окружающую среду; а  $val_E = \langle v_1, \dots, v_i, \dots, v_n \rangle, i = \overline{1, n}$  – значения переменных среды в определенный момент времени; предполагается, что информация, составляющая «убеждения» может быть неполной или ошибочной, поэтому ее можно рассматривать только как представление, но не как достоверные знания;

**c2)** желания агента (D) – соответствуют набору целей (как определенных конечных состояний), которые приводят к решению проблемы;

$$D = \langle d_1, \dots, d_i, \dots, d_h \rangle, \text{ где } d_i \in B, i = \overline{1, h}, D \subset B,$$

причем для агента в детерминированной среде, можно заранее определить, какие значения (для атрибутов) являются желаемыми, но если такая информация неизвестна или среда не является детерминированной, D состоит из конечных состояний восстановленных обращений на этапе 1 (извлечения, см. рис. 1), а мощность множества |D|, определяется числом проведенных циклов рассуждений, изменяясь от нуля (в начальный момент времени);

**c3)** намерения агента (I), представляет собой упорядоченную последовательность действий, которые должны быть выполнены для решения данной проблемы. Под выполнимостью намерений понимается наличие у агента плана (планов) осуществления намерения:

$$plan: 2^{Goals} \times Progs \rightarrow Plans, \quad (5)$$

где планы представлены в виде программ (Progs) целевых (Goals) действий; цель здесь это принятое для исполнения агентом текущее желание (единственное для данного момента времени).

**d.** Библиотека целевых действий формируется на основе множества намерений

$$L_I = \langle I_1, \dots, I_{\ell}, \dots, I_g \rangle; \ell = \overline{1, g}, \quad (6)$$

где каждому l-му намерению соответствует своя последовательность целевых действий вида

$$I_{\ell} = \langle gact_{\ell 1}, gact_{\ell 2}, \dots, gact_{\ell j} \rangle, \quad (7)$$

где  $gact_{\ell i}$  – целевое действие для l-го намерения на первом шаге. Выражение (7) одновременно соответствует понятию программы Progs из выражения (5), однако сами действия из (7) не соответствуют действиям вида (3).

**e.** Библиотека экспертных знаний  $L_{\text{ЭЗ}}$ : экспертные знания (ЭЗ) состоят из набора стандартных правил, связанных с процессом пересмотра (адаптации) и сохранения прецедентов. Получение этих правил автоматизировано или определяется экспертом.

$L_{\text{ЭЗ}} = \langle r_1, r_2, \dots, r_n \rangle$ , причем любое правило  $r_i$  позволяет отнести прецедент к множеству ранее определенных прецедентов, либо нет.

После идентификации всех параметров, характеризующих возможную информационную ситуацию, система готова к работе. Агенты реализуют типовой цикл рассуждений на основе прецедентов {1-2-3-4}; {1-2-3-4} ... – CBR-цикл [13, 15].

Как только у агента поступает новая задача, производится ее сравнение с имевшимися ранее прецедентами, на основании выбранной метрики сходства, т.е. задействуются связи 7 и 8 (см. рис. 1).

Для поиска подобного прецедента определяется расстояние  $\Delta S$  между текущей ситуацией и прецедентом из базы прецедентов [10, 15]:

$$\Delta S = (\sum_{i=1}^n (w_i \times SIM(pr_i^l; pr_i^k) \times C_i)) / \sum_{i=1}^n w_i, \quad (8)$$

где  $w_i$  – весовое значение значимости  $i$ -го параметра прецедента (в общем случае это могут быть параметры, характеризующие прецедент вида  $pr_k = \{B_k, D_k, I_k\}$ );  $SIM(pr_i^l; pr_i^k)$  – функция подобия;  $pr_i^l; pr_i^k$  – значения  $i$ -го параметра в текущем  $l$  и прошлом  $k$  прецедентах соответственно;  $C_i$  – предпочтение лица принимающего решение по  $i$ -му показателю прецедента. Степень сходства прецедентов  $pr_i^l; pr_i^k$  по общему числу параметров  $N$  вычисляется по метрике Евклида<sup>2</sup> [13, 15]:

$$SIM(pr_i^l; pr_i^k) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (pr_i^l - pr_i^k)^2}. \quad (9)$$

К параметрам множества  $N$  могут относиться (назначаться) не только элементы BDI-агента из (4), но и любые существенные параметры, характеризующие особенности прошлого прецедента (время действия, целевая направленность и др.).

Данный метод позволяет обеспечивать реализацию эффективного поиска с различной размерностью исходных данных. При отсутствии явных значений параметров, описывающих прецедент, или отсутствии недостающих параметров в выбранном прецеденте, используются оценки экспертов по знаниям (блок 6, см. рис. 1) после соответствующей обработки для формирования множества  $N$  из выражения (9).

## ОПИСАНИЕ ПРЕЦЕДЕНТА

Для большинства задач, построенных на рассуждениях, структура описания прецедента включает [15, 21]:

- описание проблемы (задачи) – Problem;
- решение этой проблемы – Solution;

- результат решения проблемы – Result.

Проблема отражает состояние окружающей среды в текущий момент. Решение – это множество состояний, характеризующих окружающую среду, вследствие действий, выполненных в ней, а состав возможных действий определен множеством  $L_{act}$ .

Описание ситуации в окружающей среде после решения проблемы принимает вид с учетом структуры, представленной на рис. 2 [21]:

<b>Case: &lt;Problem, Solution, Result&gt;</b>	<b>BDI agent</b>
<i>Problem: initial_state */начальное состояние</i>	<i>Belief: state</i>
<i>Solution: &lt;action, [intermediate_state]&gt; †</i>	<i>Desire: set of &lt;final_state&gt; †</i>
<i>Result: final_state */конечное состояние</i>	<i>Intention: &lt;action&gt; †</i>
a)	b)

Рис. 2. Соотношение структур агентов (< > – последовательность, [ ] – как опция, † – возможны повторы): а) CBR-системы; б) BDI-агента

Здесь решение (Solution) представляет собой последовательность действий, составляющих план действий в выражении (5), а *intermediate\_state* – задает последовательность промежуточных действия, входящих в plan. Символ «†» соответствует числу повторений конкретного этапа (цикла) и изменяется от нуля.

BDI-агент с точки зрения своих составляющих (убеждений, желаний, намерений) имеет подобную структуру (рис. 2 б). Намерения есть упорядоченный набор действий, желание – конечное состояние, достигнутое в прошлом, если агенту пришлось уже иметь дело с подобной ситуацией, и он решит достичь результата, аналогичного ранее полученному. Таким образом, как только убеждения, желания и намерения агента определены, они могут быть отображены в системе CBR.

Агенты работают в динамичной среде, и их база знаний должна постоянно адаптироваться и обновляться; тот Этап сохранения CBR Система учитывает этот аспект.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставление BDI-структур с реальными подсистемами информационно-управляющих систем, в частности подсистемами измерений, обработки данных, принятия решений и координации, позволит концептуально распределить функциональные задачи реальных контуров управления сложными динамическими объектами с когнитивными установками агента (убеждениями, желаниями и намерениями), что позволит разрабатывать модели интеллектуальных объектов на единой концептуальной основе. Направлением дальнейших исследований может служить расширение решаемых функциональных задач, включая вопросы планирования применения робототехнических систем на основе рассуждений, ситуационного управления объектами раз-

<sup>2</sup> Выбор других метрик (Чебышева, Журавлева, Хэмминга и др.) определяется областью решаемых задач и точностью получаемых результатов.

личного уровня, информационного поиска в сетевых ресурсах, формирования баз данных и знаний разнотипной информации, обеспечения информационной безопасно-

сти как на уровне организаций, так и на уровне отдельных объектов и систем специального назначения.

#### Список использованных источников и литературы

1. Маслобоев А.В., Горохов А.В. Проблемно-ориентированная агентная платформа для создания полимодельных комплексов поддержки управления безопасностью региона // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2 (78). С. 60–65.
2. Боуш Г.Д., Куликова О.М., Шелков И.К. Агентное моделирование процессов кластерообразования в региональных экономических системах // Экономика региона. 2016. Т. 12, № 1. С. 64–77.
3. Бурый А.С., Фролов В.А., Куляница А.Л. Эволюция агентного моделирования. Ч. 2. Имитационное моделирование // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 6 (75). С. 46–52.
4. Иванов И.Г. Концептуальная модель информационно-управляющей системы поддержки принятия решений при испытаниях космических средств на основе прецедентов // Вестник метролога. 2020. № 1. С. 16–21.
5. Бурый А.С., Ловцов Д.А. Архитектура экспертных рекомендательных систем принятия решений в формате умного города // Правовая информатика. 2023. № 3. С. 41–53.
6. Бурый А.С. Распределенные системы оценивания со случайной структурой // Автом. и телемех. 1994. № 12. С. 70–75.
7. Маслобоев А.В., Путилов В.А. Функционально-целевые модели управления региональной безопасностью (Часть 1. Синтез цепочек целей и действий) // Информационно-технологический вестник. 2021. № 2(28). С. 114–126.
8. Тиханычев О.В. Об использовании принципа проактивного управления в системах поддержки принятия решений // Прикладная информатика. 2018. Т. 13, № 2 (74). С. 88–97.
9. Мещеряков Р.В., Исхаков С.Ю. Исследование индикаторов компрометации для средств защиты информационных и киберфизических систем // Вопросы кибербезопасности. 2022. № 5 (51). С. 82–99. <https://doi.org/10.21681/2311-3456-2022-5-82-99>
10. Бурый А.С., Усцелемов В.Н. Информационная безопасность автоматизированных систем // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 2 (72). С. 31–37.
11. Петренко С.А., Ступин Д.Д. Новая онтология кибербезопасности самовосстанавливающихся энергосистем SMART GRID. Часть II // Энергия единой сети. 2018. № 3 (38). С. 50–56.
12. Бурый А.С., Усцелемов В.Н. Онтологический подход к формированию когнитивных моделей оценки кибербезопасности // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 3 (55). С. 77–84.
13. Бредихин К.Н., Варшавский П. Р., Еремеев А.П. Методы поиска решения на основе прецедентов в распределенных системах поддержки принятия решений // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2011. № 2. С. 87–94.
14. Жуков В.Г., Шаляпин А.А., Соколов М.М. Исследование алгоритма прецедентного анализа в задаче классификации инцидентов информационной безопасности // Вестник СибГАУ. 2015. Т. 16, № 3. С. 572–579.
15. Усцелемов В.Н. Совершенствование подсистемы информационной безопасности на основе интеллектуальных технологий // Прикладная информатика. 2016. Т. 11, № 3 (63). С. 31–38.
16. Corchado J.M., Pavón J., Corchado E.S., Castillo L.F. Development of CBR-BDI agents: a tourist guide application. In *Advances in Case-Based Reasoning* // 7th European Conference, ECCBR 2004, Madrid, Spain, August 30-September 2, 2004. Proceedings 7. (2004). Pp. 547–559.
17. Смирнов В.А. Прецедентный подход к построению моделей процесса поиска неисправностей при диагностировании сложных технических систем // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2013. Т. 7, № 6. С. 73–78.
18. Шерстюк В.Г., Козуб Н.А. Сценарно-прецедентное управление безопасностью территориально распределенного объекта // Вестник Херсонского национального технического университета. 2013. № 1 (46). С. 243–251.
19. Карпов Л.Е., Юдин В.Н. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов // Труды Института системного программирования РАН. 2007. Т. 13, № 2. С. 37–58.
20. Corchado J.M., Laza R., Borrajo L., Yañez J.C., Valiño M. Increasing the Autonomy of Deliberative Agents with a Case-Based Reasoning System // *International Journal of Computational Intelligence and Applications*. 2003. Vol. 3, № 1. Pp. 101–118.
21. Corchado Rodríguez J.M., Laza R., Castillo L.F. An agent-based architecture for developing Internet-based applications // *The European Journal for the Informatics Professional*. 2004. 5 (4). Pp. 51–55.

# INFORMATION SUPPORT FOR PRECEDENT-BASED DECISION-MAKING SYSTEMS

**Buryi A.S.**, Doctor of Sciences in Technology, Russian Standardization Institute

**Ustselemov V.N.**, candidate of the Russian Standardization Institute

*An approach is presented to integrate different types of agent structures for information decision support tasks, when at the first stage, on the basis of intelligent BDI agents (B - beliefs, D - desires, I - intentions), a goal is formed and a plan for achieving it is outlined, and at the subsequent stage, a decision-making procedure based on the reasoning method for rational agents is implemented. The purpose of the work: the development of adaptive procedures in organizational decision support systems based on the integration of agent models and the method of drawing conclusions from precedents in the context of environmental dynamics. The reliability of the results is justified by the complex use of comparative analysis, expert assessment, the logic of describing the presented mathematical calculations and the case-based reasoning method.*

**Keywords:** precedent, case-based reasoning, BDI agent, integration, agent system.

**For citation:** Buryi A.S., Ustselemov V.N. Information support for precedent-based decision-making systems. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2024; 2 (77): 44–50. (In Russ.).

## References

1. Masloboev A.V., Gorohov A.V. Problemno-orientirovannaya agentnaya platforma dlya sozdaniya polimodel'nyh kompleksov podderzhki upravleniya bezopasnost'yu regiona. Nauchno-tehnicheskij vestnik informacionnyh tekhnologij, mekhaniki i optiki. 2012, no. 2 (78), pp. 60–65. (In Russ., abstract in Eng.).
2. Boush G.D., Kulikova O.M., Shelkov I.K. Agentnoe modelirovanie processov klasteroobrazovaniya v regional'nyh ekonomicheskikh sistemah. Ekonomika regiona. 2016, vol. 12, no. 1, pp. 64–77. (In Russ., abstract in Eng.).
3. Buryi A.S., Frolov V.A., Kulyanitsa A.L. Evolyuciya agentnogo modelirovaniya. Ch. 2. Imitacionnoe modelirovanie. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2023. № 6 (75). Pp. 46–52. (In Russ., abstract in Eng.).
4. Ivanov I.G. Konceptual'naya model' informacionno-upravlyayushchej sistemy podderzhki prinyatiya reshenij pri ispytaniyah kosmicheskikh sredstv na osnove precedentov. Vestnik metrologa. 2020, no. 1, pp. 16–21. (In Russ., abstract in Eng.).
5. Buryi A.S., Lovtsov D.A. Arhitektura ekspertnyh rekomendatel'nyh sistem prinyatiya reshenij v formate umnogo goroda. Pravovaya informatika. 2023, no. 3, pp. 41–53. (In Russ., abstract in Eng.).
6. Buryi A.S. Raspredelemnnye sistemy ocenivaniya so sluchajnoj strukturoj // Avtom. i telemekh. 1994, no. 12, pp. 70–75. (In Russ.).
7. Masloboev A.V., Putilov V.A. Funkcional'no-celevye modeli upravleniya regional'noj bezopasnost'yu (Chast' 1. Sintez cepochek celej i dejstvij). Informacionno-tehnologicheskij vestnik. 2021, no. 2 (28), pp. 114–126. (In Russ., abstract in Eng.).
8. Tihanychev O.V. Ob ispol'zovanii principa proaktivnogo upravleniya v sistemah podderzhki prinyatiya reshenij. Prikladnaya informatika. 2018, vol. 13, no. 2 (74), pp. 88–97. (In Russ., abstract in Eng.).
9. Meshcheryakov R.V., Iskhakov S.YU. Issledovanie indikatorov komprometacii dlya sredstv zashchity informacionnyh i kiberfizicheskikh sistem. Voprosy kiberbezopasnosti. 2022, no. 5 (51), pp. 82–99. <https://doi.org/10.21681/2311-3456-2022-5-82-99> (In Russ., abstract in Eng.).
10. Buryi A.S., Ustselemov V.N. Informacionnaya bezopasnost' avtomatizirovannyh sistem. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2023, no. 2 (72), pp. 31–37. (In Russ., abstract in Eng.).
11. Petrenko S.A., Stupin D.D. Novaya ontologiya kiberbezopasnosti samovosstanavlivayushchihsya energosistem SMART GRID. CHast' II. Energiya edinoj seti. 2018, no. 3 (38), pp. 50–56. (In Russ., abstract in Eng.).

12. Buryi A.S., Ustselemov V.N. Ontologicheskij podhod k formirovaniyu kognitivnyh modelej ocenki kiberbezopasnosti. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*. 2020, no. 3 (55), pp. 77–84. (In Russ., abstract in Eng.).
13. Bredihin K.N., Varshavskij P.R., Ereemeev A.P. Metody poiska resheniya na osnove precedentov v raspredelennyh sistemah podderzhki prinyatiya reshenij. *Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta. Vestnik MEI*. 2011, no. 2, pp. 87–94. (In Russ., abstract in Eng.).
14. Zhukov V.G., Shalyapin A.A., Sokolov M.M. Issledovanie algoritma precedentnogo analiza v zadache klassifikacii incidentov informacionnoj bezopasnosti. *Vestnik SibGAU*. 2015, vol. 16, no. 3, pp. 572–579. (In Russ., abstract in Eng.).
15. Ustselemov V.N. Sovershenstvovanie podsistemy informacionnoj bezopasnosti na osnove intellektual'nyh tekhnologij. *Prikladnaya informatika*. 2016, vol. 11, no. 3 (63), pp. 31–38.
16. Corchado J.M., Pavón J., Corchado E.S., Castillo L.F. Development of CBR-BDI agents: a tourist guide application. In *Advances in Case-Based Reasoning. 7th European Conference, ECCBR 2004, Madrid, Spain, August 30-September 2, 2004. Proceedings 7*. 2004, pp. 547–559.
17. Smirnov V.A. Precedentnyj podhod k postroeniyu modelej processa poiska neispravnostej pri diagnostirovanii slozhnyh tekhnicheskix sistem. *T-Comm: Telekommunikacii i transport*. 2013, vol. 7, no. 6, pp. 73–78.
18. Sherstyuk V.G., Kozub N.A. Scenarno-precedentnoe upravlenie bezopasnost'yu territorial'no raspredelennogo ob"ekta. *Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta*. 2013, no. 1 (46), pp. 243–251. (In Russ., abstract in Eng.).
19. Karpov L.E., Yudin V.N. Adaptivnoe upravlenie po precedentam, osnovannoe na klassifikacii sostoyanij upravlyaemyh ob"ektov. *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN*. 2007, vol. 13, no. 2, pp. 37–58. (In Russ., abstract in Eng.).
20. Corchado J.M., Laza R., Borrajo L., Yañez J.C., Valiño M. Increasing the Autonomy of Deliberative Agents with a Case-Based Reasoning System. *International Journal of Computational Intelligence and Applications*. 2003, vol. 3, no. 1, pp. 101–118.
21. Corchado Rodríguez J.M., Laza R., Castillo L.F. An agent-based architecture for developing Internet-based applications. *The European Journal for the Informatics Professional*. 2004, 5 (4), pp. 51–55.