

СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ СРЕДСТВ СВЯЗИ, ИНТЕГРИРОВАННЫХ С СИСТЕМАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Богданов А. В.¹, Казакевич Е. В.²

DOI:10.21681/3034-4050-2025-5-24-30

Ключевые слова: надежность, достоверность, аппроксимация, функция распределения.

Аннотация

Цель работы: состоит в разработке предложений по использованию статистического метода оценки качества функционирования комплексов технических средств связи и автоматизации, интегрированных с системами искусственного интеллекта.

Метод исследования: статистические методы оценки надежности, вероятностно-аналитический метод.

Результаты исследования: предлагаемый в работе статистический метод позволяет выявить ошибки КТССиА с СИИ при эксплуатации и, тем самым, повысить функциональную надежность и оценить качество функционирования комплексов технических средств связи и автоматизации, интегрированных с системами искусственного интеллекта.

Уточнена методика оценки достоверности, которая определяется через показатель степени согласованности полученных мнений экспертов – коэффициент конкордации. Обобщенный показатель рассчитывается как объединенная (комбинированная) сумма оценок различных экспертов. Причем, процесс интеграции осуществляется как на основании оценок, полученных из разных источников с помощью фактографических методов, основанных на фактических данных, а не на субъективных оценках или мнениях, так и с применением прогнозов, построенных с помощью статистических моделей одного класса.

Научная новизна: предложенный подход по оценке качества функционирования комплексов технических средств связи и автоматизации, интегрированных с системами искусственного интеллекта, предлагается впервые. Рассматривается метод нахождения вероятности безошибочного состояния функционирования КТССиА с СИИ с требуемым уровнем надежности в любой момент времени при нормальном законе распределения.

Введение

Внедрение систем искусственного интеллекта (СИИ) с каждым годом активнее применяется в любых сложных технических системах различного назначения и сфер деятельности человека: в производстве, экономике и бизнесе, в том числе, в комплексы технических средств связи и автоматизации (КТССиА) [1–3]. В соответствии с определением³ понятие «система искусственного интеллекта» определяется как техническая система, использующая элементы искусственного интеллекта.

Широкое применение искусственного интеллекта в комплексы технических средств связи и автоматизации повышает требования к оценке их качества функционирования. Грамотно выстроенная система оценки качества функционирования КТССиА с СИИ позволит не только повысить уровень безопасности людей, материальных и нематериальных активов, но и доверие к системам искусственного интеллекта на физическом уровне путем подтверждения требований к надежности, безопасности и функциональности⁴.

При этом, необходимо отметить, что для КТССиА с СИИ, как сложной системы, качество

1 Богданов Александр Валентинович, кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник НИЦ Военной академии связи им. С. М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: bog-saha@yandex.ru

2 Казакевич Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электрическая связь» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: kev-pgups@yandex.ru

3 ГОСТ Р 59277-2020 «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта». – М.: Стандартинформ, 2021.

4 ГОСТ Р 59276-2020. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2021.

ГОСТ Р 59278-2020 «Информационная поддержка жизненного цикла изделий. Интерактивные электронные технические руководства с применением технологий искусственного интеллекта и дополненной реальности. Общие сведения». – М.: Стандартинформ, 2021.

функционирования определяется комплексом взаимосвязанных характеристик и свойств, которые удовлетворяют установленным требованиям при использовании её по назначению.

Применительно к представленному исследованию основным критерием качества в статье рассматривается безошибочная работа КТССиА с СИИ.

Анализ существующих методов оценки качества функционирования систем искусственного интеллекта

Анализ существующих методов оценки качества функционирования систем искусственного интеллекта [4,5,6] показывает, что данная задача является актуальной, но в настоящее время решается субъективными методами, не позволяющими дать количественную (параметрическую) оценку функционирования системы.

Под показателем качества функционирования комплексов технических средств связи и автоматизации, интегрированных с системами искусственного интеллекта, понимается степень соответствия безошибочного функционирования системы искусственного интеллекта требованиям, которые установлены для комплексов технических средств связи и автоматизации.

Оценка качества функционирования КТССиА с СИИ должна проводиться на протяжении всего их жизненного цикла, что критически важно для обеспечения соответствия установленным требованиям и достижения необходимого уровня надежности, безопасности и эффективности.

В настоящее время для проведения оценки качества систем искусственного интеллекта и комплексов технических средств связи и автоматизации, интегрированных с этими системами, используется ГОСТ Р 59898-2021⁵. Данный документ определяет последовательность этапов оценки качества КТССиА с СИИ на всех стадиях жизненного цикла.

На первом этапе определяются текущие параметры КТССиА с СИИ с учетом повышения его надежности, производительности, востребованности, целенаправленности и расширения функциональности за счет проведения мероприятий по устранению неисправностей и совершенствованию программного обеспечения.

На втором этапе проводится обоснование требований к выходным данным КТССиА с СИИ и их соответствия для решения поставленной задачи с учетом современного уровня развития систем связи и автоматизации.

Следующими этапами проводится оценка выходных характеристик (заданная точность, надежность, достоверность) при достижении целей предназначения КТССиА с СИИ и их соответствие данным, установленным в технической документации эксплуатируемых средств.

Данный стандарт ориентирован на проведение тестирования методом экспертных оценок. При создании фокус-групп для оценки качества КТССиА с СИИ, ключевым фактором успеха является тщательно подобранный состав экспертов. Необходим контроль соответствия квалификации, количества, опыта работы и других релевантных критериев. При этом, определяются вопросы организации работы (условия, регламент и др.), выбор метода формирования экспертных оценок и методики обработки оценок с учетом критерия согласованности экспертных мнений.

Таким образом, данный метод оценки КТССиА с СИИ является субъективным и вносит погрешность в оценку на каждом этапе жизненного цикла изделия. Кроме того, требует больших временных затрат на организационные мероприятия по формированию экспертной группы и проведению оценки.

Предложения по повышению точности проведения метода экспертных оценок определения качества системы искусственного интеллекта

Анализ источников [4] и требований стандарта⁶ показывает, что оценка качества функционирования систем искусственного интеллекта, в том числе в комплексах и средствах связи, осуществляется с использованием экспертных методов. Прогнозные оценки в данных методах формируются на основе решений группы экспертов, которые выбираются из специалистов соответствующей области, имеющих достаточный опыт работы. Учитывая, что экспертные методы оценок опираются на интуицию экспертного состава, и не являются независимыми, то их используют в случаях невозможного применения точных методик (при решении сложных многокритериальных задач, требующих учета воздействия

⁵ ГОСТ Р 59898-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения.

⁶ ГОСТ Р 59898-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения.

многих факторов, или задач, не имеющих точных исходных данных об исследуемом объекте)⁷.

Так, например, в статьях [2, 4] данные методы используют при оценке влияния внешних и внутренних факторов на исследуемый объект, и оценки вероятности неправильного функционирования КТССиА с СИИ.

Учитывая, что экспертные оценки (обычно баллы, ранги) часто не соответствуют нормальному распределению, то для их анализа обычно используются ранговые (непараметрические) методы.

Для оценки согласованности мнений двух и более экспертов, как правило, используются коэффициент ранговой корреляции Спирмена или дисперсионный коэффициент конкордации Кендалла.

Коэффициент конкордации Кендалла (W) рассчитывается на основе матрицы ранжировок:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

где n – количество анализируемых элементов КТССиА с СИИ; m – количество экспертов группы; S определяется выражением:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - a \right)^2, \quad (2)$$

где r_{ij} – ранг j -го объекта, который присвоен ему i -ым экспертом; средний ранг матрицы a – определяется выражением:

$$a = 1/2 \times m(n + 1). \quad (3)$$

Если в матрице экспертных оценок присутствуют одинаковые связанные ранги, то выражение (1) приобретает следующий вид:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \cdot \sum_{j=1}^m T_j} \quad (4)$$

где n – количество анализируемых элементов КТССиА с СИИ, m – количество экспертов; T_j – определяется выражением:

$$T_j = \frac{1}{12} \cdot \sum_{k=1}^l (h_k^3 - h_k), \quad (5)$$

где T_j – показатель связанных (одинаковых) рангов в j -ой ранжировке, h_k – число равных рангов в k -ой группе связанных рангов при ранжировке j -ым экспертом.

Часто интерпретация коэффициента конкордации Кендалла (W) осуществляется с использованием вербально-числовой шкалы Харрингтона (табл. 1), которая позволяет

соотнести числовое значение коэффициента с качественной оценкой степени согласованности между экспертами.

Таблица 1
Дискретная вербально-числовая шкала Харрингтона

Качественная оценка градации коэффициента (W)	Численное значение коэффициента (W)
Очень высокая	0,80–1,0
Высокая	0,64–0,79
Средняя	0,37–0,63
Низкая	0,20–0,36
Очень низкая	0,0–0,19

Проводимое исследование позволяет осуществить подход к прогнозированию инновационных решений в перспективные комплексы через экспертные модели^{8,9}.

Оценочная стадия, проводится комплексным методом, позволяющим составить суждение об отдельных задачах (алгоритмах) функционирования КТССиА с СИИ, а также охарактеризовать полученную оценку одним обобщенным показателем – $\Pi_{прог}$.

Сначала эксперты назначают весомость комплексных и единичных показателей путем их последовательного сравнения, исходя из ряда чисел от 5 до 0 с интервалом 0,5. Далее эксперты дают балльную оценку единичным показателям в соответствии со следующей градацией:

- 5 баллов (отлично) – полученная оценка $\Pi_{прог}$ полностью соответствует оптимальным значениям функционирования КТССиА с СИИ, корректировка элементов (моделей) не требуется;
- 4 балла (хорошо) – полученная оценка $\Pi_{прог}$ соответствует допустимым значениям функционирования КТССиА с СИИ, корректировка элементов (моделей) КТССиА с СИИ не требуется (уточняется приоритетность решения задач;
- 3 балла (удовлетворительно) – полученная оценка $\Pi_{прог}$ отклоняется от допустимых значений, необходима незначительная корректировка элементов (моделей) КТССиА с СИИ;

8 Дедилова Т. В. Прогнозирование социально-экономических процессов: конспект лекций [Электронный ресурс] / Т. В. Дедилова. Режим доступа к сайту: <http://bibbook.ru/books/37369/default.htm>

9 Кузык Б. Н. Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование: учебник / Б. Н. Кузык, В. И. Кушлин, Ю. В. Яковец. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 2011. – 604 с.

7 Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление: Пер. с англ. // Под ред. В. Ф. Писаренко. – М.: Мир, 1974, кн. 1. – 406 с.

- 2 балла (плохо) полученная оценка $\Pi_{\text{прог}}$ не соответствует значениям требованиям функционирования КТССиА с СИИ, необходима значительная корректировка элементов (моделей) КТССиА с СИИ;
- 1 балл (очень плохо) – полученная оценка $\Pi_{\text{прог}}$ не соответствует значениям требованиям функционирования КТССиА с СИИ, требуется полная переработка КТССиА с СИИ.

Оценка достоверности полученных значений определяется через показатель степени согласованности полученных мнений экспертов или через коэффициент конкордации (выражение 4).

Обобщенный показатель рассчитывается как объединенная (комбинированная) сумма оценок различных экспертов.

Объединение оценок проводится с целью повышение качества оценки, единственным (универсальным) критерием которого обычно выступает точность полученной оценки, измеряемая абсолютной либо относительной ошибкой оценивания.

Необходимо отметить, что процесс интеграции информации, полученной из разных источников, например, экспертным путем и с помощью фактографических методов, так и с применением прогнозов, построенных с помощью статистических моделей одного класса, позволит не только повысить точность и надежность, но также уменьшить неопределенность и субъективность оценки.

Способ объединения отдельных прогнозов и выбор конкретного метода комбинирования зависит от характера данных, целеполагания (точность, надежность, интерпретируемость), доступности информации и вычислительных ресурсов.

Комбинированную оценку для КТССиА с СИИ можно представить в виде взвешенной суммы отдельных параметров функционирования и определить выражением:

$$\Pi_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^m K_i \times \hat{y}_{it}, \quad (6)$$

где K_i – весовые коэффициенты отдельных параметров ($0 < K_i < 1$); $\hat{y}_{it}$ – отдельная оценка, полученная для момента времени t .

Очевидно, что сумма весов должна быть равна 1, а ключевой задачей при взвешенном объединении оценок является определение весовых коэффициентов K , поскольку именно они будут определять качество объединенной оценки КТССиА с СИИ.

Интуитивно понятно и логически обоснованно, что на практике существует стремление присваивать больший вес тем наборам прогнозов, которые содержат меньшую дисперсию ошибки прогноза или меньшую среднюю ошибку аппроксимации (или другие метрики, характеризующие точность)¹⁰.

Для расчета весовых коэффициентов прогнозов K_i используют выражение:

$$K_i = \left(\sigma_i^2 \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_i^2} \right)^{-1}, \quad (7)$$

где σ_i^2 – дисперсия ошибки прогноза.

Расчет весовых коэффициентов для двух прогнозов (оценок) определяется выражением:

$$K_1 = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \text{ и } K_2 = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}. \quad (8)$$

Предложения по использованию статистического метода оценки для определения качества функционирования КТССиА с СИИ

В условиях отсутствия объективных, устоявшихся методик, оценок показателей качества функционирования КТССиА с СИИ, предлагается использовать статистический метод.

Сущность метода заключается в следующем, на основании накопленных статистических данных о проявленных искажениях и ошибках при эксплуатации КТССиА с СИИ определяется функция распределения времени появления ошибок. Исходя из требуемого уровня надежности функционирования КТССиА с СИИ определяется элемент, влияющий на функционирование КТССиА с СИИ и вносящий ошибку.

Известно, что каждый элемент КТССиА с СИИ характеризуется одним или несколькими выходными параметрами. Эти параметры в процессе эксплуатации КТССиА с СИИ могут достигать значений, которые соответствуют возникновению критической ошибки, возникающей внезапно или постепенно¹¹ [7]. При ошибках, накапливающихся постепенно, закон распределения времени нахождения КТССиА с СИИ в безошибочном состоянии близок к нормальному.

Для нахождения вероятности безошибочного состояния с требуемым уровнем надежности

¹⁰ Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений: учебное пособие / А. И. Орлов. – М.: КноРус, 2017. – 576 с.

¹¹ Требования к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования. Приказ Мининформсвязи РФ № 113 от 27.09.2007.

РД45.083-1999 Рекомендации Минсвязи России по обеспечению стойкости аппаратурных комплексов объектов связи к воздействию дестабилизирующих факторов.

функционирования КТССиА с СИИ в любой момент времени при нормальном законе распределения необходимо знать среднее время работы КТССиА с СИИ в безошибочном состоянии $T_{\text{бo}}$ и среднеквадратичное отклонение $\tilde{\sigma}_{\text{бo}}$. Эти числовые характеристики могут быть определены по двум замерам выходного параметра $X(t)$ в процессе эксплуатации у n элементов КТССиА с СИИ, интегрированных с комплексом технических средств связи и автоматизации. Пусть в моменты времени t_j и t_{j+1} произведена оценка значений параметра X в n элементах. При этом, статистические значения математического ожидания и среднеквадратичного отклонения случайных величин X_j находятся по выражениям:

$$m_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}; \quad \sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - m_j)^2}{n-1}}, \quad (10)$$

где i – элемент КТССиА с СИИ; j – номер оценки элемента.

Предполагая, что значения $m(t)$ и $\tilde{\sigma}(t)$ изменяются в процессе эксплуатации КТССиА с СИИ линейно (рис. 1), значения $T_{\text{э}}$ и $\tilde{\sigma}_{(\text{э})}$ определяются выражениями (2, 3) для $m_{(t_{\text{э}})}$ и $\tilde{\sigma}_{(t_{\text{э}})}$ соответственно:

$$\frac{m - m_j}{m_{j+1} - m_j} = \frac{t - t_j}{t_{j+1} - t_j}, \quad (11)$$

$$\frac{\tilde{\sigma} - \tilde{\sigma}_j}{\tilde{\sigma}_{j+1} - \tilde{\sigma}_j} = \frac{t - t_j}{t_{j+1} - t_j}, \quad (12)$$

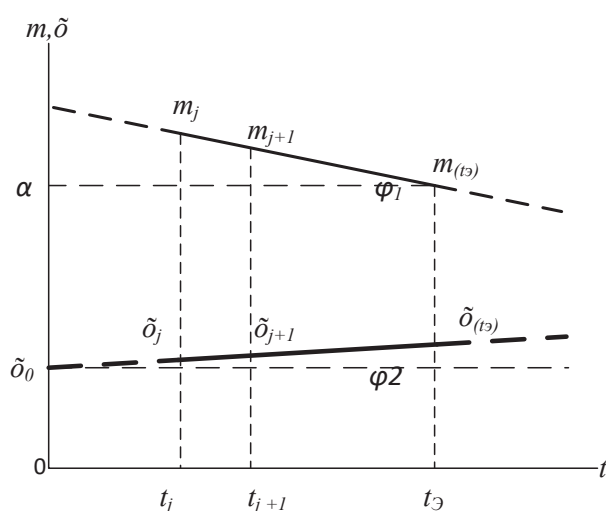


Рис. 1. Линейная аппроксимация зависимостей $m(t)$ и $\tilde{\sigma}(t)$

Для определения $T_{\text{э}}$ положим в (11) $t = T_{\text{э}}$ и $m = \alpha$, тогда время безошибочной эксплуатации КТССиА с СИИ определяется как:

$$T_{\text{э}} = \frac{(t_{j+1} - t_j)\alpha + t_j m_{j+1} - t_{j+1} m_j}{m_{j+1} - m_j}. \quad (13)$$

Из выражения (12) при условии $t = T_{\text{э}}$ среднеквадратичное отклонение $\tilde{\sigma}_{(\text{э})}$ определяется, как:

$$\tilde{\sigma}_{\text{э}} = \frac{(\tilde{\sigma}_{j+1} - \tilde{\sigma}_j)T_{\text{э}} + \tilde{\sigma}_j t_{j+1} - \tilde{\sigma}_{j+1} t_j}{t_{j+1} - t_j}. \quad (14)$$

Соответственно, вероятность безошибочного функционирования КТССиА с СИИ по выражениям (13) и (14) определяется в соответствии с формулой:

$$P(t_{\text{э}}) = \frac{1}{2} + \Phi(y), \quad (15)$$

где $\Phi(y)$ – табулированная функция Лапласа,

$$y = \frac{T_{\text{э}} - t}{\sigma_{\text{э}}}. \quad (16)$$

Соответственно, вероятность функционирования КТССиА с СИИ с ошибкой определяется как обратная величина выражения (15).

Выводы

Статистический метод неизбежно приводит к избыточности, при этом точность выявления ошибочных элементов КТССиА с СИИ будет снижена. Однако, из чисто качественного рассмотрения предложенного подхода практическая реализация статистического метода позволит выявить ошибки функционирования КТССиА с СИИ и тем самым обеспечит повышение эксплуатационной надежности и достоверности функционирования комплексов технических средств связи и автоматизации, интегрированных с системами искусственного интеллекта.

В целом, полученные результаты исследований целесообразно использовать при дальнейшем развитии систем искусственного интеллекта в интересах повышения качества создания образцов КТССиА и обоснованию решений по комплексным решениям средств связи и автоматизации, интегрированных с системами искусственного интеллекта, созданию научно-методического задела для дальнейшего совершенствования математического, программного и информационно-лингвистического обеспечения КТССиА с СИИ

в части выявления ошибочных решений и достоверности функционирования.

Достоверность разработанных в представленном исследовании предложений определяется следующими факторами:

➤ использованием исходных данных, полученных из практики проведения испытаний и опытной эксплуатации комплексов технических средств связи и автоматизации, интегрированных с системами искусственного интеллекта;

➤ обоснованным выбором основных допущений и ограничений, которые должны логически вытекать из целей исследования и имеющихся данных;

➤ использованием современной апробированной нормативной базы (стандарты, ГОСТы и другие технические регламенты), математического аппарата, а также корректным выбором используемых показателей и критериев.

Литература

1. Абросимов В. К. Искусственный интеллект и проблемы развития вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2021. № 2(56). С. 5–21.
2. Агафонов Д. А., Панков Р. Н. Савицкий А. Ю. Искусственный интеллект в системе связи специального назначения // Телекоммуникации и связь. 2024. № 1(01). С. 7–15.
3. Богданов А. В., Казакевич Е. В. Подходы к формализации организационно-технологических задач интеграции искусственного интеллекта в систему управления ОАО «РЖД» / А. В. Богданов, Е. В. Казакевич // Бюллетень результатов научных исследований. – 2024. – № 4. – С. 87–95. – DOI 10.20295/2223-9987-2024-04-87-95. – EDN DJHVG.
4. Долматов Е. А., Яговитов Д. С. Методика оценки качества функционирования систем искусственного интеллекта в комплексах и средствах связи операций // Телекоммуникации и связь. 2024. № 1(01).
5. Гарбук С. В. Оценка качества систем искусственного интеллекта: особенности проведения и нормативно-техническая база // Контроль качества продукции. 2024. С. 20–26.
6. Милованов А. Н., Мистюков А. А., Трусов Д. А., Коршунов А. А. Методика оценки качества программных продуктов, имеющих в своем составе искусственный интеллект, в задачах классификации и распознавания документов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2024. № 2. С. 58–72. doi: 10.21685/2072-3059-2024-2-4.
7. Рыбаков О. Ю. Качество жизни, благополучие человека, ценность права в условиях цифровой реальности // Человек, общество, право в условиях цифровой реальности: сборник статей / Под ред. О. Ю. Рыбакова. М. : Русайнс, 2020. С. 15–31.

PROPOSALS FOR THE USE OF A STATISTICAL METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF THE FUNCTIONING OF COMMUNICATION AND AUTOMATION SYSTEMS INTEGRATED WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS

Bogdanov A. V.¹², Kazakevich E. V.¹³

Keywords: artificial intelligence system, reliability, data integrity, approximation, statistical method, quality assessment, distribution function.

Abstract

Objective: to develop proposals for applying a statistical method to assess the quality of functioning of CAS integrated with AIS.

Methodology: the research is based on statistical reliability assessment methods and a probabilistic-analytical method.

¹² Alexander V. Bogdanov, Ph.D. of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Research Center of the Military Academy of Communications, St. Petersburg, Russia. E-mail: bog-saha@yandex.ru

¹³ Elena V. Kazakevich, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Telecommunications at the St. Petersburg University of Railway Engineering, St. Petersburg, Russia. E-mail: kev-pgups@yandex.ru

Research results: the statistical method proposed in this work allows to detect errors in CAS with AIS during operation, thereby improving the functional reliability and enabling the assessment of the operational quality of CAS with AIS.

Moreover, the integration process is carried out both on the basis of assessments obtained from different sources using factographic methods based on actual data rather than subjective assessments or opinions, and using forecasts based on statistical models of the same class.

Scientific novelty: the approach to evaluating the quality of functioning of CAS integrated with AIS is proposed for the first time. It presents a method for estimating the probability of error-free operation of CAS with AIS ensuring the required level of reliability at any time under the assumption of a normal distribution law.

References

1. Abrosimov V. K. Iskusstvennyj intellekt i problemy razvitiya vooruzhenija i voennoj tehniki // Vooruzhenie i jekonomika. 2021. № 2(56). S. 5–21.
2. Agafonov D. A., Pankov R. N. Savickij A. Ju. Iskusstvennyj intellekt v sisteme svjazi special'nogo naznachenija // Telekomunikacii i svjaz'. 2024. № 1(01). S. 7–15.
3. Kazakevich E. V. Podhody k formalizacii organizacionno-tehnologicheskikh zadach integracii iskusstvennogo intellekta v sistemu upravlenija OAO «RZhD» / E. V. Kazakevich, A. V. Bogdanov // Bjulleten' rezul'tatov nauchnyh issledovanij. – 2024. – № 4. – S. 87–95. – DOI 10.20295/2223-9987-2024-04-87-95. – EDN DJHVG.
4. Dolmatov E. A., Jagovitev D. S. Metodika ocenki kachestva funkcionirovanija sistem iskusstvennogo intellekta v kompleksah i sredstvah svjazi operacijah // Telekomunikacii i svjaz'. 2024. № 1(01).
5. Garbuk S. V. Ocenka kachestva sistem iskusstvennogo intellekta: osobennosti provedenija i normativno-tehnicheskaja baza // Kontrol' kachestva produkcii. 2024. S. 20–26.
6. Milovanov A. N., Mistjukov A. A., Trusov D. A., Korshunov A. A. Metodika ocenki kachestva programnyh produktov, imejushhih v svoem sostave iskusstvennyj intellekt, v zadachah klassifikacii i raspoznavanija dokumentov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Tehnicheskie nauki. 2024. № 2. S. 58–72. doi: 10.21685/2072-3059-2024-2-4.
7. Rybakov O. Ju. Kachestvo zhizni, blagopoluchie cheloveka, cennost' prava v uslovijah cifrovoj real'nosti // Chelovek, obshhestvo, pravo v uslovijah cifrovoj real'nosti: sbornik statej / Pod red. O.Ju. Rybakova. M.: Rusajns, 2020. S. 15–31.

