

Системный анализ методики оценки параметров сложной технической системы методом интервальных оценок

А.В. Лубенцов В.А. Дурденко

Воронежский институт ФСИИ России

Аннотация: *Постановка проблемы.* При моделировании сложной технической системы вопросы оценки параметров являются первоочередными. Для решения этой задачи необходимо получить методику, позволяющую устранить ошибки и погрешности при получении числовых параметров.

Цель. Статья посвящена системному анализу методики оценки параметров сложной технической системы методом интервальных оценок.

Метод исследования. Проведен системный анализ методов использования интервальных оценок числовых параметров. Проведена декомпозиция и структурирование методов.

Результаты. Показана, целесообразность использования методики описания параметров сложной технической системы методом интервальных оценок. Приведен анализ использования различных моделей интервальных оценок.

Практическая значимость. Как вариант практического применения рассматривается применение при анализе и построении сложных систем. Методика оценки параметров сложной технической системы методом интервальных оценок может быть использована как практическое руководство.

Ключевые слова: интервальная оценка, оценка параметров, числовые данные, нечеткие данные, сложные технические системы.

Введение

Методика оценки параметров сложной технической системы (СТС) методом интервальных оценок является важной и широко используемой в статистике техникой, позволяющей не только получить информацию о параметрах распределения, но и оценить степень неопределенности этих оценок. Интервальные оценки предоставляют полезные данные для анализа и позволяют исследователям принимать более обоснованные решения. В данной статье будет рассмотрена концепция интервальных оценок, их основные методы, применение и преимущества, а также шаги, необходимые для организации процесса оценки параметров с помощью этого метода. Авторы использовали методику интервальных оценок в ряде исследований. В работах [1-2] один из авторов решал задачи построения модели интервальных оценок, а в работе [3] построена модель использования

интервальных оценок для анализа эффективности сложной технической системы..

Анализ предыдущих исследований

Методика интервальных оценок в настоящее время широко используется в моделях, опирающихся на нечеткие данные, эвристические оценки и экспертные заключения. Этим моделям посвящено достаточно много работ.

Например, работа Г. Д. Пантелеева и соавторов, [4] оценивает «эффективность функционирования радиолокационной системы» и изучает зависимость эффективности «как от надёжности самой системы, так и от достоверности выходных измерений. При контроле достоверности измерений задание численных значений коэффициентов ложной тревоги и пропуска недостоверных измерений не представляется возможным, так как сложно сопоставить эффект от пропуска недопустимой погрешности измерения с затратами, связанными с ликвидацией последствий, вызванных ложной тревогой. Это предопределило необходимость разработки подхода к оптимизации контроля достоверности радиолокационных измерений на основе интервальной оценки с помощью доверительной вероятности» [4]. При проведении работ авторы учитывали «предельный из возможных диапазон возникновения недостоверных измерений радиолокационной системы, граничные (по результатам моделирования) дисперсии шума и используемые при расчётах технических систем достоверности измерений» [4]. Однако, вероятностные методы – только один из возможных методов оценки.

Автор другой работы [5] проверяет эффективность экспертных оценок. «Работа посвящена разработке метода проверки согласованности экспертных оценок, представленных интервалами. В рамках этой работы представлен алгоритм, который принимает на вход события, выраженные в формулах

логики предикатов, а также их интервальные оценки. В процессе работы алгоритма формулы приводятся к виду СДНФ, на основе которых формируется система интервальных линейных уравнений, которая подвергается анализу с использованием алгоритмов интервального анализа» [5].

«Согласованность экспертных оценок признается только в случае, если полученная система интервальных уравнений также оказывается совместной. В работе представлен алгоритм, который позволяет прогнозировать вероятностный интервал для новой формулы на основе исходной совместной системы» [5].

В настоящее время субъективная вероятность играет важную роль в принятии решений в условиях неопределённости. Её применение встречается в различных областях, таких как анализ и обработка нечёткой информации, принятие решений на основе нечётких данных и разработка интеллектуальных систем. Для моделирования и решения задач, связанных с неопределённостью и нечёткостью, широко используется методология нечётких вычислений и оценка нечисловых экспертных оценок имеет большое значение.

Группа авторов следующей работы приводит сравнительный анализ точности интервальных оценок [6].

В указанной статье «рассмотрена методика сравнительного исследования точности оценок параметров в задачах конфлюэнтного и прикладного интервального анализов. С использованием технологии имитационного моделирования разработана компьютерная модель в предположениях интервального и конфлюэнтного анализа данных. В результате обработаны модельные данные с ошибками измерения всех переменных и произведен анализ полученных результатов исследования с точными значениями коэффициентов линейной модели. Актуальность темы

исследований состоит в том, что реальные базы данных содержат ошибки измерения или регистрации входных и выходных переменных моделируемых процессов. Однако широко используемый на практике статистический метод - регрессионный анализ данных - теоретически обоснован в предположении, что ошибки измерения входных переменных при формировании базы данных отсутствуют или много меньше ошибок измерения выходных переменных. Сравнимые методы анализа данных обоснованы для общего случая наличия ошибок измерения. Статистический метод конъюнктного анализа обоснован для нормальных ошибок измерения, дисперсии которых известны при моделировании процессов. Для интервального анализа данных необходимо знание только границ изменения этих ошибок. В данной работе модельные ошибки измерения приняты нормальными, а их интервальные значения оцениваются при заданной доверительной вероятности» [6]. Авторы предлагают интересную методику проверки правильности определения интервалов методом статистического (регрессионного) анализа.

В своей статье В. И. Вершинин [7] утверждает, что «Интервальные оценки - новый инструмент определения суммы однотипных органических соединений (фенолы в водах, антиоксиданты в винах и т.п.). В результате спектрофотометрического анализа ряда модельных смесей и реальных объектов выявлены основные преимущества ИО по сравнению с традиционным расчетом интегральных показателей состава. Ими являются: 1) метрологическая корректность, 2) наглядное представление неопределенности результата анализа; 3) независимость результата от индивидуального состава аналитов в единичной пробе. Главная проблема интервальных оценок - их высокая неопределенность в случае внутригрупповой селективности сигналов» [7]. Автором анализируются методы уменьшения неопределенности оценок.

В следующей работе [8] «описана технология применения вариационного принципа в задачах разработки и испытаний сложных технических систем. Путем варьирования функционала, включающего энтропию Шеннона и типовые ограничения на функцию плотности распределения определяющего параметра сложной технической системы, построены функции плотности распределения» [8]. Эта модель позволяет в процессе испытаний СТС опираться на интервальные оценки.

В работе [9] авторы строят логистическую модель и тоже опираются на интервальные оценки, доказывая нереальность использования точных параметров.

В статье [10] группа авторов оценивает «показателей эффективности при производстве зерна и зернобобовых культур на основе метода Монте-Карло» [10], и в результате «На основе приведенных исходных данных министерства сельского хозяйства Иркутской области и Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области, при моделировании получены точечные и интервальные оценки» [10].

Автор Санжапов Б. Х. в своей статье [11] «Поддержка принятия решений при обосновании программы развития сложной системы в условиях нечёткой информации» [11] предлагает модель обеспечения необходимой информацией лиц, принимающих решения, и тоже опирается на интервальные оценки при анализе нечеткой информации. У одного из авторов этой работы есть статья, в которой излагаются схожие взгляды [12].

В исследовании [13] Хайруллин Р. З. предлагает модели, созвучные с моделями, рассматриваемыми одним из авторов в статье [14].

Анализируя работу [15], посвященную контролю качества, авторы находят много тезисов, совпадающих с работами [16-17], в которых тоже приводится системный анализ оценки качества и эффективности СТС.

Интересную математическую модель предложил Гинис Л. А. [18]: «В статье описывается подход к моделированию и анализу функционирования сложных систем основанный на нечетких когнитивных картах. Предложена модель нечеткого импульсного процесса, основанная на нечетком пути. Приводятся описания решений отдельных задач когнитивного моделирования, выполненные с помощью инструментария нечетких орграфов 1-го рода» [18].

Проанализированные работы дают основание утверждать, что интервальные оценки данных широко и успешно применяются в современных исследованиях, особенно там, где используются нечеткие данные и сложноструктурированные СТС.

Синтез модели оценки параметров сложной технической системы методом интервальных оценок

Современные СТС характеризуются высокой степенью неопределенности и вариабельности параметров, что требует разработки эффективных методов их оценки. Традиционные методы, основанные на точечных оценках, часто оказываются недостаточно информативными при наличии значительных ошибок измерений, неполных данных или сложных взаимодействий внутри системы. В связи с этим особое значение приобретает использование интервальных оценок, позволяющих учитывать диапазон возможных значений параметров и обеспечивающих более надежную оценку.

1. Методика оценки параметров с использованием интервальных оценок представляет собой эффективный инструмент, позволяющий учитывать неопределенности и вариативность данных. Данный подход основывается на формировании интервалов, которые отражают диапазон возможных значений параметров, что способствует более точной интерпретации результатов исследования. Использование интервальных

оценок позволяет минимизировать влияние случайных ошибок и обеспечивает более надежные выводы в аналитических процессах. Важно отметить, что такая методика находит широкое применение в различных областях, включая экономику, социологию и инженерные науки, что подтверждает ее универсальность и практическую значимость. В ряде работ, например, [19] предложили определять индекс взаимозависимости элементов системы в пространстве критериев, чтобы проанализировать взаимосвязь между ними.

Понятие интервальных оценок.

Интервальные оценки представляют собой диапазоны значений, в которых с определенной вероятностью может находиться истинное значение параметра. В отличие от точечных оценок, которые дают одно значение, интервальная оценка включает верхнюю и нижнюю границы, что позволяет учитывать неопределенность, связанную с выборкой данных.

К примеру, если мы хотим оценить среднее значение роста населения в городе, точечная оценка может составлять 170 см. Однако, с учетом статистической вариации и ошибки выборки, разумнее будет представить интервал, например, от 168 см до 172 см. Это означает, что, согласно нашим данным, мы уверены, что истинное среднее значение роста находится в этом диапазоне.

Одним из основных понятий, связанных с интервальными оценками, является уровень доверия. Уровень доверия определяет, насколько вероятно нахождение истинного значения параметра в пределах интервала [20]. Обычно выбирается уровень доверия в 95% или 99%, что значит, что в 95% или 99% случаев, если мы будем очень много раз проводить исследование и создавать интервалы, истинное значение параметра будет лежать в этих интервалах.

Разработка методики оценки параметров сложных технических систем с применением интервальных оценок позволит обеспечить:

- ☐ учет неопределенности измерений и моделирования;
- ☐ повышение надежности оценки параметров;
- ☐ возможность оценки параметров при недостаточной или неточной информации.

Задачи включают:

- ☐ формализацию модели оценки;
- ☐ разработку алгоритмов вычисления интервалов;
- ☐ анализ эффективности предложенного метода.

СТС представляют собой совокупность взаимосвязанных элементов, параметры которых могут быть неопределенными. Модель системы часто задается уравнениями вида:

$$F(x, Q) = 0,$$

где:

- ☐ x — вектор наблюдаемых или измеряемых переменных;
- ☐ Q — вектор параметров системы, которые необходимо оценить.

Интервальные оценки позволяют представить параметры в виде интервалов:

$$Q = [Q', Q'']$$

где:

- ☐ Q' — нижняя граница интервала;
- ☐ Q'' — верхняя граница интервала.

Методика оценки параметров методом интервальных оценок.

Постановка задачи.

Это обеспечивает учет ошибок измерений, моделирования и неопределенности данных.

Задача сводится к определению интервалов $[Q', Q'']$, при которых модель системы удовлетворяет наблюдаемым данным с учетом ошибок.

Основные этапы синтеза методики

1. Сбор исходных данных: измерения, параметры модели, оценки ошибок.

2. Формулировка условий совместимости: для каждого измерения i :

$$F_i(x_i, Q) \in [F'_i, F''_i]$$

где диапазоны $[F'_i, F''_i]$ учитывают погрешности.

3. Построение системы интервалов: объединение условий для всех измерений, что приводит к системе неравенств:

$$AQ \leq b$$

где A — матрица коэффициентов, а b — вектор интервалов.

4. Решение интервальной системы: использование методов интервал-арифметики, например, метода ограничений или метода оптимизации с интервалами, для определения допустимых интервалов параметров.

Алгоритм вычисления интервалов

- - Инициализация интервалов $[Q'_0, Q''_0]$.
- - Итеративное уточнение интервалов с помощью методов интервал-арифметики, таких как:

- - Метод расширения интервалов;
- - Метод сужения интервалов;
- - Методы оптимизации интервалов.
- - Остановка при достижении заданной точности или при выполнении условий сходимости.

Методы вычисления интервальных оценок.

Существует несколько методов, используемых для вычисления интервальных оценок, среди которых наиболее популярными являются следующие:

1. Метод максимального правдоподобия.

Метод максимального правдоподобия основан на использовании функции правдоподобия для оценки параметров распределения. Этот метод позволяет находить оцениваемые параметры, которые максимизируют вероятность наблюдаемых данных.

Функция правдоподобия в этом контексте представляет собой вероятность наблюдения данных при условии, что параметры находятся в заданном диапазоне. Находя экстремумы этой функции, исследователь определяет границы интервальной оценки. Такой подход хорош в случаях, когда требуется высокая точность и строгий учет неопределенности.

2. Метод Бутстрэп.

Метод Бутстрэп — это ресэмплинг-метод, который позволяет создавать большие объемы выборок из исходных данных. Процесс включает многократное (например, 1000 раз) случайное извлечение подвыборок из имеющейся выборки с возвращением. Для каждой из подвыборок рассчитываются статистические параметры, и на основе полученных значений строятся интервалы.

Данная методика особенно полезна, когда исходное распределение неизвестно или когда размеры выборки малые. Это позволяет получить более надежные интервальные оценки за счет увеличения объема данных.

3. Параметрические методы.

Параметрические методы основываются на предположениях о форме распределения данных. Например, если известно, что данные следуют нормальному распределению, то можно использовать статистику Стьюдента для построения доверительного интервала для среднего значения.

При использовании параметрических методов важно предварительно проверить предположения о распределении данных. Неверные

предположения могут привести к неверным выводам и ошибочным интервалам.

Преимущества.

Лучшее представление неопределенности. Интервалы позволяют избежать чрезмерной уверенности в однозначных значениях, более адекватно отражая реальность, в которой всегда существуют колебания и вариации.

Гибкость в моделировании. Возможность использовать различные сценарии, основанные на интервалах, предоставляет возможность для комплексного анализа и прогнозирования.

Фундамент для принятия решений. Учет неопределенности создает более надежные базы для принятия проектных решений, уменьшая риски и улучшая качество проектирования.

Совместимость с статистическими методами. Интервальные оценки интегрируются с различными статистическими методами и анализом, что облегчает интерпретацию данных и делает выводы более обоснованными.

Поддержка обоснованных решений. Доверительные интервалы позволяют принимать более информированные решения. Вместо того чтобы полагаться на одно значение, исследователь может использовать весь диапазон вероятных значений.

Недостатки.

Трудность интерпретации. Понимание и интерпретация доверительных интервалов может быть сложной задачей для непрофессионалов, что может привести к недопониманию результатов исследования.

Чувствительность к выборке. Результаты могут значительно варьироваться в зависимости от того, какая выборка данных используется для расчета доверительного интервала. Неверно выбранная выборка может привести к неэффективным результатам.

Предположения о распределении. Для параметрических методов необходимы предположения о форме распределения. Если эти предположения окажутся неверными, результаты могут оказаться недействительными.

Потенциальная ошибка интервалов. Неправильный выбор границ интервала может привести к искажению данных и неверным выводам.

Не всегда надежные прогнозы. В некоторых сценариях, особенно когда источники неопределенности трудно отследить, интервальные оценки могут оказаться недостаточно эффективными.

Процесс оценки параметров методом интервальных оценок.

Чтобы успешно применить метод интервальных оценок, необходимо следовать четкому последовательному процессу.

1. Определение параметра.

Прежде всего, необходимо определить, какой параметр вы собираетесь оценивать. Это может быть среднее значение, стандартное отклонение, пропорция и т.д.

2. Сбор данных.

Следующим шагом является сбор необходимых данных. Это может включать в себя проведение опросов, экспериментальных исследований и использование уже существующих данных.

3. Выбор метода.

Определите, какой метод вы будете использовать для вычисления интервальной оценки. Это должно зависеть от ваших данных (их объема, характера распределения, и т.д.).

4. Вычисление интервала.

На этом этапе производится вычисление доверительного интервала для ваших данных. В зависимости от выбранного метода, это может потребовать разных математических расчетов и статистических методов.

5. Интерпретация результатов.

После вычисления интервала необходимо интерпретировать результаты. Необходимо определить, что значат полученные значения для вашего исследования, и в каком контексте они могут быть использованы.

6. Проверка предположений.

При использовании параметрических методов необходимо убедиться, что все предположения о распределении данных выполнены. Это критически важно для надежности результатов.

Практическое применение интервальных оценок в техническом моделировании

В технологии и инженерии интервал может использоваться в различных областях, включая механику, термодинамику, электронику и материаловедение. Применение интервальных оценок спроектировано таким образом, чтобы обеспечить более точное и надежное моделирование процессов. Рассмотрим несколько конкретных примеров.

1. Моделирование механических систем.

В механике интервальные оценки используются для определения свойств материалов и динамики движущихся объектов. Например, при расчетах машин или конструкций важно учитывать оптимальные значения прочности материалов. При создании моделей таких систем инженеры могут проверить, как будут себя вести конструкции при разных условиях, выбрав значения в пределах этого интервала. Это позволяет проводить эффективные стресс-тесты и моделировать поведение конструкции в условиях, приближенных к критическим [21].

2. Термодинамические процессы.

В термодинамике интервальные оценки ценны при проектировании систем, где необходимо учитывать колебания температуры и давления. Например, в системах отопления можно использовать интервалы для

предоставления диапазонов ожидаемых температур и давлений в зависимости от различных факторов, таких как погода или состояние устройства.

Такое моделирование помогает предсказать, как система будет себя вести в экстремальных условиях, и обеспечить ее надежность. При этом интервалы могут варьироваться в зависимости от сезонных факторов, материалов как конструктивных элементов, а также от системы управления, что дает возможность изучать множество сценариев.

3. Электронные системы и сигнализация.

В области электроники интервальные оценки обеспечивают лучшее понимание характеристик сигналов. Интервалы позволяют разработать надежные методы фильтрации и обработки сигналов, что особенно важно при проектировании датчиков и систем управления. Благодаря моделированию возможных диапазонов значения, инженеры могут минимизировать ошибку при работе с данными, получаемыми от различных источников.

4. Материаловедение и сплавы.

В материаловедении, особенно при разработке новых материалов или сплавов, интервальные оценки играют жизненно важную роль. Например, если известны пределы прочности жидкости или способности к коррозии, то интервалы позволят исследователям понять характеристики нового материала или сплава при различных условиях. Используя интервалы, можно проводить больше экспериментальных условий и параметров, приводя к более оптимизированным характеристикам материалов, которые могут иметь долговременную стойкость в работе.

Заключение

Методика оценки параметров методом интервальных оценок представляет собой мощный инструмент для статистического анализа. Она

позволяет учитывать неопределенности и взаимосвязи, связанные с выборкой данных, делая выводы более обоснованными. Рассмотренные методы и применения показывают, насколько обширно могут быть использованы интервальные оценки в разных областях исследования. Тем не менее, как и любая другая методология, интервальные оценки имеют свои ограничения и требуют осторожного подхода к интерпретации данных. Важно понимать, что правильно использованные интервалы могут существенно повысить качество исследования и помочь в принятии более точных и обоснованных решений. Предложенная методика использована авторами при синтезе рабочих моделей и вычислительных программ для оценки эффективности сложных технических систем на примере комплексных систем безопасности.

Литература

1. Лубенцов, А. В. Синтез модели комбинирования интервальных оценок для анализа эффективности сложных систем // Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Воронеж, 17–18 мая 2023 года. – Воронеж: ФКОУ Воронежский институт ФСИН России, Издательство «Строки», 2023. – С. 175-179. – EDN YDMPIY.
2. Лубенцов, А. В. Синтез интервальных оценок для построения модели оценки эффективности сложных систем // Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Воронеж, 17–18 мая 2023 года. – Воронеж: ФКОУ Воронежский институт ФСИН России, Издательство «Строки», 2023. – С. 171-175. – EDN LDAMNB.
3. Лубенцов А.В. Системный анализ применения метода интервальных оценок параметров сложной системы для оценки ее эффективности. // Динамика сложных систем - XXI век 2025г., №2, С. 48-65.

4. Пантелеев, Г. Д. Корженевский С. С., Куприянов Н. А. Подход к оптимизации контроля достоверности радиолокационных измерений на основе интервальной оценки с помощью доверительной вероятности // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2024. – № 3(63). – С. 6-14. – DOI: 10.25686/2306-2819.2024.3.6. – EDN WOCONM.

5. Дымонт Н. А. Проверка корректности интервальных экспертных оценок // МНСК-2024. Информационные технологии. Научный инжиниринг: Материалы 62-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 17 апреля – 2024 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2024. – С. 205. – EDN GWRRVJ.

6. Кумарбекулы С., Амирбек А. А., Амирбек К. А. Сравнительные оценки точности методов прикладного интервального и конфлюэнтного анализов // Актуальные проблемы прикладной информатики в образовании, экономике, государственном и муниципальном управлении: Сборник трудов Международной научной конференции, Барнаул, 23 ноября 2023 года. – Барнаул: Алтайский государственный университет, 2024. – С. 87-94. – EDN WDXCPN.

7. Вершинин, В. И. Интервальные оценки как новый инструмент группового анализа: преимущества и проблемы // Омские научные чтения: материалы VI Всероссийской научной конференции, Омск, 01–28 февраля 2024 года. – Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2024. – С. 390-398. – EDN NMHVSK.

8. Хайруллин, Р. З. Применение вариационного принципа в задачах разработки и испытаний сложных технических систем // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2025/9845.

9. Гончаренко С. Н., Алмунтафеки А.Ф.М. Моделировании параметров грузоперевозки на основе бенчмарк-анализа рынка транспортных компаний // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2024/9063.

10. Краковский, Ю. М., Гуляев А. С. Вычисление показателей эффективности при производстве зерна и зернобобовых культур на основе метода Монте-Карло // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6820.

11. Санжапов, Б. Х. Поддержка принятия решений при обосновании программы развития сложной системы в условиях нечёткой информации // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9169.

12. Лубенцов А.В., Синтез иерархической многоуровневой модели параметров для оценки эффективности системы защиты информации в условиях нечетких данных // «Известия высших учебных заведений. Электроника», МИЭТ, г. Москва, 2024. Т. 29. № 2. С. 236-248.

13. Хайруллин Р. З., Метод синтеза управления сложными техническими системами // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2025/10084

14. Лубенцов А.В. Кобзистый С.Ю., Разработка методов и алгоритмов принятия оптимальных решений в управлении комплексной системой безопасности // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия "Естественные и технические науки", 2023; №9 сс. 119-124.

15. Бахтинова, Ч. О. Чунаева М. Э., Автоматизация системы контроля качества при организации строительства особо опасных и технически сложных объектов в России // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7511.

16. Лубенцов А. В. Синтез метода оценки эффективности системы информационной безопасности // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2024. – Т. 29, № 1. – С. 118-129. – DOI 10.24151/1561-5405-2024-29-1-118-129. – EDN UJNZBJ.
17. Лубенцов А.В. Разработка и системный анализ метода оценки эффективности информационной безопасности сложной системы // Правовая информатика. – 2025. – № 1. – С.130-140.
18. Гинис Л. А., Развитие инструментария когнитивного моделирования для исследования сложных систем // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1806
19. Yang JB. Xu DL Evidential reasoning rule for evidence corbination // Artif Intell 2013; 205: 1-29. - URL: link.springer.cor/book/. DOI: 10.1007/978-3-319-03680-9
20. Osipov, N. I. Multimethod simulation modelling as a basis for correct assessment of interval regulation efficiency // 13 декабря 2023 года, 2024. – pp. 79-82. – EDN EFYBWB.
21. Лубенцов А.В. Системный анализ модели получения характеристик эффективности комплексной системы безопасности // Моделирование, оптимизация и информационные технологии, 2023;11 (1) сс. 1-8, УДК 007.51, 303.732, DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.030.

References

1. Lubencov, A. V. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Voronezh, 17 maja 2023 goda. Voronezh: FKOU Voronezhskij institut FSIN Rossii, Izdatel'stvo «Stroki», pp. 175-179. EDN YDMPIY.
2. Lubencov, A. V. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Voronezh, 17 maja 2023 goda. Voronezh: FKOU Voronezhskij institut FSIN Rossii, Izdatel'stvo «Stroki», pp. 171-175. EDN LDAMNB.
3. Lubencov A.V. Dinamika slozhnyh sistem - XXI vek 2025g, №2, pp. 48-65.

4. Panteleev, G. D. Korzhenevskij S. S., Kuprijanov N. A. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Serija: Radiotekhnicheskie i infokommunikacionnye sistemy. 2024. № 3(63). pp. 6-14. DOI: 10.25686/2306-2819.2024.3.6. EDN WOCONM.
 5. Dymont N. A. MNSK-2024. Informacionnye tehnologii. Nauchnyj inzhiniring: Materialy 62-j Mezhdunarodnoj nauchnoj studencheskoj konferencii, Novosibirsk, 17 aprelja 2024 goda. Novosibirsk: Novosibirskij nacional'nyj issledovatel'skij gosudarstvennyj universitet, 2024. p. 205. EDN GWRRVJ.
 6. Kumarbekuly S., Amirbek A. A., Amirbek K. A. Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Barnaul, 23 nojabrja 2023 goda. Barnaul: Altajskij gosudarstvennyj universitet, 2024. pp. 87-94. EDN WDXCPN.
 7. Vershinin, V. I. Omskie nauchnye chtenija: materialy VI Vserossijskoj nauchnoj konferencii, Omsk, 01 fevralja 2024 goda. Omsk: Omskij gosudarstvennyj universitet im. F.M. Dostoevskogo, 2024. pp. 390-398. EDN HMHVSK.
 8. Hajrullin, R. Z. Inzhenernyj vestnik Dona. 2025. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2025/9845.
 9. Goncharenko S. N., Almuntafeki A.F.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2024/9063.
 10. Krakovskij, Ju. M., Guljaev A. S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6820.
 11. Sanzhapov, B. H. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9169.
 12. Lubencov A.V., Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jelektronika, MIJeT, g. Moskva, 2024. T. 29. № 2. pp. 236-248.
 13. Hajrullin R. Z., Inzhenernyj vestnik Dona. 2025. № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2025/10084
-



14. Lubencov A.V. Kobzistyj S.Ju., Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Serija "Estestvennye i tehicheskie nauki", 2023, №9. pp. 119-124.

15. Bahtinova, Ch. O. Chunaeva M. Je., Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7511.

16. Lubencov A. V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jelektronika. 2024. T. 29, № 1. pp. 118-129. DOI 10.24151/1561-5405-2024-29-1-118-129. EDN UJNZBJ.

17. Lubencov A.V. Pravovaja informatika. 2025. №1. Pp.130-140.

18. Ginis L. A., Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1806

19. Yang JB. Xu DL Artif Intell 2013; 205: 1-29. URL: link.springer.com/book/. DOI: 10.1007/978-3-319-03680-9

20. Osipov, N. I. 13 dekabrja 2023 goda, 2024. pp. 79-82. EDN EFYBWB.

21. Lubencov A.V. Modelirovanie, optimizacija i informacionnye tehnologii, 2023; 11 (1) pp. 1-8, UDK 007.51, 303.732, DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.030.

Дата поступления: 1.09.2025

Дата публикации: 26.10.2025