РАЗРАБОТКА И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Лубенцов А.В.[1]

Ключевые слова: *сложная информационная система, декомпозиция, интервальные оценки, синтез, оценка эффективности, каскадный метод анализа иерархий.*

Аннотация

Постановка проблемы. Архитектура современных сложных информационных систем (СИС) характеризуется высокой степенью сложности и многокомпонентности. Получение параметров эффективности функционирования СИС является актуальной и нетривиальной задачей. В современной инженерии недостаточно разработаны методики решения вопросов оценки эффективности СИС.

Цель работы. В настоящей работе исследуется проблема оценки эффективности работы сложных информационных систем с точки зрения обеспечения их безопасности. Эта задача интерпретируется как процесс формирования многомерных решений, основанный на анализе многопараметрических данных путем декомпозиции СИС и введения интервальных оценок.

Метод исследования. Предлагается синтез и применение нелинейной модели для оценки эффективности сложной информационной системы. В модели используется интервальная форма представления данных, позволяющая учесть неопределенности, ошибки в исходных данных, погрешности измерений и субъективность экспертных оценок.

Результаты. В рамках исследования был осуществлён системный анализ комплексных оценок информационной безопасности. Предложенная методология базируется на разделении функциональной структуры СИС на составные элементы с последующим упрощением до базовых модулей. Разработан инновационный подход, включающий формирование ключевых правил путем интеграции интервальных характеристик оценки кластеров и оценки суммарной эффективности.

Практическое значение. Полученные результаты и аналитические выводы служат основой для построения стратегий развития всей ИС (информационной системы) и её компонентов. Применен авторский каскадный метод анализа иерархий, обеспечивающий снижение влияния человеческого фактора в процессе ранжирования критериев. Это способствует значительному повышению объективности оценок эффективности как отдельных подсистем, так и всей системы безопасности информации.

Таким образом, внедрённые инновации существенно улучшают точность и надёжность процессов оценивания в сфере информационной безопасности.

DOI: 10.24412/1994-1404-2025-1-130-140

Введение

Современное ускоренное развитие многофункциональных сложных информационных систем (СИС) провоцирует рост угроз их безопасности из-за возрастающей сложности архитектур. Проблемы в любом элементе системы способны вызвать цепную реакцию нарушений, приводя к критическому снижению общей производительности. Поддержание надёжной работы систем сводится к непрерывному обеспечению стабильности каждого компонента оборудования и программного обеспечения. Для этого требуется регулярное комплексное тестирование с последующим глубоким анализом результатов, включающее оценку эффективности каждой части системы.

В рамках инженерии системных решений такие испытания неизменно выявляют как структурные (систематические), так и случайно возникающие ошибки. Ключевая цель — существенное сокращение этих неполадок через тщательную оценку эффективности каждого компонента системы. Важной задачей становится проведение точной, обоснованной экспертизы функционирования всей ИТ-системы и её отдельных частей для обеспечения их безупречности в эксплуатации.

[1] ***Лубенцов Александр Витальевич,*** *кандидат географических наук, доцент, Воронежский институт ФСИН России, г. Воронеж, Российская Федерация. ORCID: 0000-0003-0239-4843, SPIN-код: 6530-4715.*

E-mail: lubensov@mail.ru

Эта актуальная проблема требует системного подхода к решению: необходима разработка методик оценки, повышение квалификации специалистов по тестированию и внедрение передовых технологий анализа данных.

Анализ существующих моделей

Анализ рассматриваемых моделей указывает на разнообразие подходов к оценке эффективности сложных систем, основанных на методиках моделирования, математического анализа и применения экспертных систем.

В работе [1] представлена математическая модель для оценки эффективности протоколов взаимодействия цифровых радиосетей стандартов APCO-25 и DRR. Результаты вычислительных экспериментов демонстрируют потенциал модели, однако остаются вопросы по установлению весов иерархии критериев в рамках такого подхода.

Исследование [2] посвящено разработке интегрированных правил определения эффективности структур поддержки безопасности информационных потоков в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП). На фоне отсутствия официальных стандартов оценки систем обнаружения вторжений (СОВ) авторы предлагают для таких систем практическую реализацию на примере предприятия Иркутской области. В рамках исследования были выработаны рекомендации по модернизации существующих решений.

В исследовании [3] предложено сравнение информационных систем по уровню их эффективности через анализ и расчет энтропии, связанной с временными параметрами обработки данных. Построена иерархическая модель информационных потоков и проведен анализ радиолокационных структур. Авторы отмечают, что эффективность системы зависит от технической сложности, а также от временных затрат на обработку информации. На основе проведенного анализа сделан вывод, что сетевые структуры превосходят иерархические по обобщенному показателю информационной энтропии. Предлагается использовать энтропию как критерий оценки свойств информационных систем, хотя эффективность этого подхода чувствительна к характеристикам потока данных.

Работа [4] фокусируется на применении элементов имитационного моделирования для оценки эффективности систем защиты от кибератак. Для анализа используются практические примеры, включая СОВ. Здесь особое внимание уделено многофакторным задачам, возникающим при отражении кибератак, а также значимостью учета большого числа переменных, влияющих на результат.

Особое внимание уделяется термину «эффективность», который в зарубежной литературе часто трактуется как “performance”, подразумевающий и производительность, и результативность, что может вызывать терминологическую путаницу. В ряде международных исследований применяются принципы анализа на основе «базовых правил» (BRB) [5].

Методы, основанные на использовании экспертных систем, получили широкое распространение в последние годы [6, 7]. Одним из подходов является использование случайных графов с экспоненциальным временным разделением для оценки сетевых параметров, применимых как для независимых, так и автокоррелированных сетей. Разработанная модель BRB позволяет учитывать неопределенность и неточности данных, а также используется для задач оценки надежности, диагностики неисправностей и производительности. Примером является созданная на базе BRB модель оценки безопасности сложных систем, обладающая интерпретируемостью результатов.

Практическое функционирование СИС осложняется высоким уровнем неопределенности среды и влиянием различных помех. Такие факторы делают невозможным полное оперирование исключительно данными о предыдущей работе системы, экспертными знаниями или изолированными моделями функционирования. Для обеспечения достоверной оценки требуется интеграция всех доступных видов информации. Точная числовая оценка не всегда способна учитывать тонкие динамические изменения в сложной среде функционирования. Это особенно актуально в условиях шумового воздействия на систему [8, 9, 10].

Оценка же эффективности СВС может представляться как классификационная задача, где оценка проводится на основе анализа характеристик и результатов тестирования системы в реальной операционной среде. Таким образом, процесс оценки трансформируется в задачу многокритериального выбора решений при интервальной неопределенности.

Структура и принципы работы СИС представляют собой сложную систему [11, 12]. Подходы, основанные на «базовых правилах», представляют перспективный инструмент для качественной обработки информации и повышения точности оценки эффективности таких систем.

Разработка модели оценочных индексов

В системе с гибридной структурой, где множество параметров и сложные взаимосвязи определяют поведение, специфические модели, основанные на базовых правилах, являются наиболее подходящими инструментами для её моделирования и анализа. Это обусловлено тем, что:

1) разнообразие элементов и их взаимодействие требуют детальной формализации процессов на микроуровне,

2) сложные коэффициенты корреляций и зависимости между компонентами нуждаются в точном описании через правила.

Модель позволяет агрегировать измеряемые показатели нижнего уровня, чтобы получить итоговую

оценку функционирования системы в целом. Этот процесс может показаться простым и линейным, но при этом зачастую упускается из виду состояние отдельных подсистем или оборудования внутри системы. Между тем для эффективной диагностики и оценки требуется учитывать их текущее рабочее состояние. При обнаружении несоответствий требованиям нормальной работы отдельных подсистем, принятие решений сводится к следующим шагам.

- Проведение диагностики для выявления конкретных причин нарушений.
- Рассмотрение вариантов устранения проблемы.
- Замена неисправных компонентов для обеспечения их соответствия техническим стандартам.
- Перенастройка параметров и конфигураций подсистем для оптимизации их работы.
- Проведение комплексного технического обслуживания с целью восстановления и поддержания работоспособности.

Эти меры направлены на восстановление целостности и эффективности функционирования всей системы, обеспечивая её стабильность и надежность.

Модель на основе базовых правил для оценки сложных систем с неопределёнными данными

В представленной работе рассмотрена методология оценки эффективности комплекса средств безопасности СИС путем применения подхода, основанного на базовых правилах в условиях неопределённых данных. Этот метод позволяет интегрировать разнородные данные и анализировать эффективность работы отдельных подсистем в рамках общей системы. Результаты такой оценки могут быть использованы для проведения системного анализа, что позволит лицам, принимающим решения, вырабатывать оптимальные стратегии эксплуатации и управления СИС. Предлагаемая структура метода включает три ключевых этапа (рис. 1).

Рис. 1. Поэтапная модель оценки эффективности сложных систем

Синтез оценочных индексов представляет собой начальный этап разработанной модели. На втором этапе применяется метод формирования базовых правил с нечеткими элементами, которые учитывают неопределенность исходных данных. Завершающим этапом становится определение порядка важности критериев, позволяющих корректировать стратегии эксплуатации и управления.

Синтез системы индексов для модели оценки эффективности сложных систем

Создание индексов для анализа эффективности комплексных систем является ключевым инструментом, который позволяет лучше понять и оценить работу различных элементов системы. Этот процесс основывается на необходимости разделения системы на несколько независимых подсистем, что продиктовано ее структурными особенностями и принципами функционирования. Когда подсистемы варьируются по сложности, их можно дополнительно разбить на более мелкие составляющие, что создает возможность получения объективных показателей для этих элементов. На основе данной многоуровневой структуры создается система индексной оценки. В процессе анализа применяется методика «снизу вверх», при которой результаты оценки нижних уровней становятся основой для разработки и обоснования индексов на более высоких

уровнях. В результате общий индекс для всей системы формируется поэтапно, объединяя данные со всех уровней. Структурная схема показателей оценки представлена на рис. 2.

Однако в реальных условиях системы зачастую имеют более сложную природную организацию, и их невозможно просто разделить на независимые блоки. Между индексами различных уровней может существовать взаимное влияние, которое усложняет процесс оценки. Методика, описанная в данной работе, применима только к таким системам, которые можно условно кластеризовать (см. рис. 2).

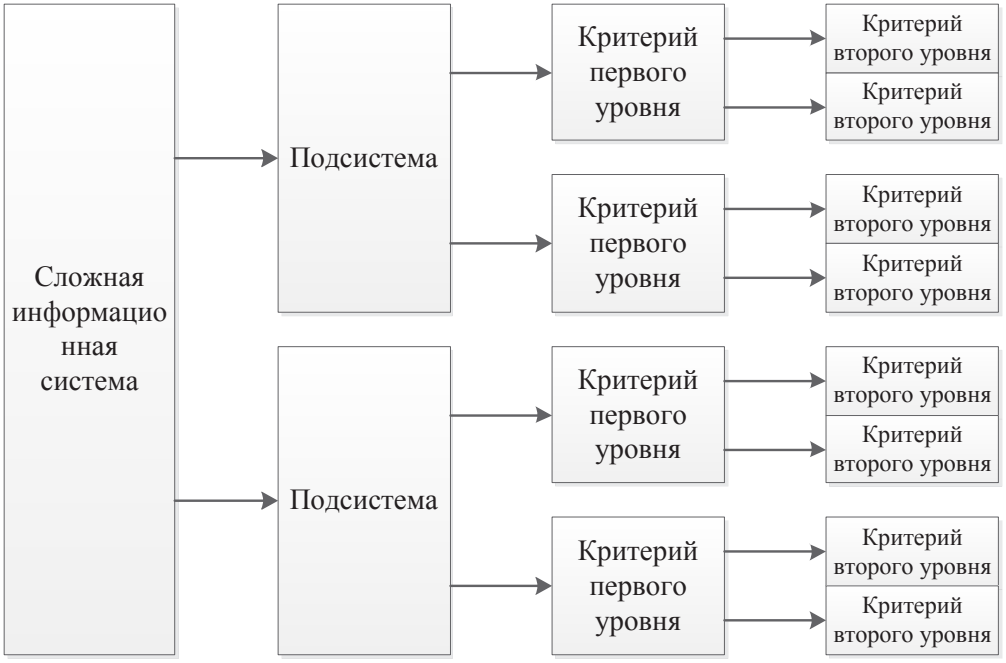

Рис. 2. Декомпозиция сложной системы для получения критериев эффективности на каждом уровне

Если же система не поддаётся разделению на несколько независимых частей, следует учитывать зависимость между блоками. В этом случае предлагаемый метод оценки необходимо дополнить моделью, учитывающей взаимовлияние между компонентами, что позволит учесть комплексную природу системы при формировании итоговых индексов.

В проведённых исследованиях, как отмечается в источнике [7], был предложен индекс, отражающий взаимосвязь элементов системы в рамках критериев. Этот показатель позволяет оценивать связи между различными составляющими системы, что играет центральную роль в понимании их взаимодействия. Для вычисления индекса взаимозависимости используются функции предельного и совместного правдоподобия, что даёт возможность учитывать вероятностный характер большинства критериев, основанных на этих функциях. Таким образом, индекс взаимозависимости может быть эффективно использован в рамках модели байесовской процедуры (БП), что особенно актуально в условиях неопределенности. На рис. 3 представлена трехуровневая структура системы, демонстрирующая процесс моделирования. На верхнем уровне располагается эффективность объекта оценки, которая является итоговым результатом анализа. Средний уровень посвящён расчету промежуточных индексов для различных подсистем, что позволяет детализировать оценку и выявить слабые места в каждой подсистеме. Нижний уровень, в свою очередь, представляет собой измеряемый оценочный индекс, который служит основой для дальнейших расчетов и выводов [13, 14, 15].

Измерение нижних индексов, доступное на данном уровне, влияет на осуществление обработки данных для расчета промежуточного индекса. В рамках данной модели вес обозначается как l_i, показатель эффективности параметров среди нижних индексов обозначен как p_i, а степень достоверности $b_{n,i}$ вычисляется посредством преобразования входных данных в n-ую оценку, где n может принимать значения от 1 до N. Например, степень достоверности $b_{n,1}(r_1)$ для промежуточного индекса r_1 вычисляется за счет объединения параметров k_1 и k_2. Аналогично, параметры k_3 и k_4 комбинируются для получения оценки $b_{n,2}(r_2)$ для промежуточного индекса r_2.

Важно отметить, что такая структура оценки позволяет не только выявить текущие показатели эффективности, но и проанализировать динамику изменений в системе. Например, при изменении условий функционирования одной из подсистем можно будет быстро оценить, как это повлияет на общую эффективность системы. Это особенно актуально для сложных систем, где взаимодействие между компонентами может быть

непредсказуемым. Кроме того, использование подхода, основанного на вероятностных моделях, позволяет учитывать неопределенности и вариации в данных, что делает результаты более надежными и применимыми в практических условиях. Например, в области управления проектами, где множество факторов могут влиять на итоговый результат, такой подход позволяет более точно предсказывать результаты и принимать обоснованные решения. Таким образом, синтез индексов для оценки эффективности сложных систем является многоуровневым и гибким инструментом, который может быть адаптирован под различные области применения. Это позволяет не только проводить глубокий анализ текущего состояния системы, но и разрабатывать стратегии для ее оптимизации и улучшения. В конечном итоге применение таких методов может значительно повысить эффективность работы сложных систем и обеспечить их устойчивое развитие в условиях меняющейся среды.

Рис. 3. Схема расчета индексов на каждом уровне трехслойной сложной системы

После получения значений $b_{n,1}(r_1)$ и $b_{n,2}(r_2)$ следует объединить эти промежуточные индексы для формирования окончательной оценки объекта W. Промежуточные индексы выражаются в форме степени достоверности, на основании которой необходимо установить соответствующие весовые коэффициенты и уровень надежности. Предполагаем, что максимальное значение суммарного веса составляет 1, а минимальное значение задаётся наибольшей величиной среди отдельных критериев. Итоговый вес рассчитывается следующим образом:

$$l_{k(E)} = (\max(l_i), 1) \quad (1)$$

Общая достоверность является функцией общего веса, которая рассчитывается как

$$p_{k(\mathrm{E})}(l_{k(E)}) = \frac{1 - r_{G(Q),k(E)}(1 + l_{k(E)})}{1 - r_{G(Q),k(E)}}, \quad (2)$$

где E — количество критериев; $r_{G(Q),k(E)}$ — критерий остаточной достоверности, не попавший ни в один класс. Тогда общая достоверность определяется как

$$p_{k(\mathrm{E})}(l_{k(E)}) \in [p_{k(\mathrm{E})}(1), p_{k(\mathrm{E})}(\max(\omega_i))] \quad (3)$$

На основании уравнений (2) и (3) исходные массы вероятности, связанные с промежуточными индексами, объединяются для расчета итогового показателя верхнего уровня.

Поскольку достоверность и вес представлены неточными значениями, стандартный метод построения БП неприменим для расчета итоговой степени достоверности $b_{n,1}(W)$. В качестве метода получения результатов этой проблемы необходимо реализовать подход БП с вычислением неопределенных характеристик.

Использование базовых правил с комбинацией нескольких интервальных структур

Применение базовых принципов в сочетании с несколькими интервальными структурами часто оказывается полезным инструментом в инженерной практике. Дело в том, что точное определение ряда индексов на практике зачастую затруднено. В ходе тестирования неизбежно возникают разнообразные ошибки, которые влекут за собой статистическую погрешность полученных данных.

Необходимо также учесть, что непосредственное измерение некоторых показателей затруднено и требует привлечения экспертных оценок. При этом объективные факторы часто препятствуют лицам, принимающим решения, в предоставлении точных количественных оценок, что приводит к дополнительной субъективной неопределенности.

Представление данных в интервальном формате обладает неоспоримыми преимуществами перед точечным методом.

Во-первых, интервальный подход обеспечивает более достоверное и обоснованное отражение неопределенной информации, в отличие от точечных значе-

ний. Во-вторых, использование интервалов позволяет передать бóльший объем данных с бóльшей точностью.

Следовательно, применение интервальных значений может существенно снизить вероятность ошибок. Поскольку интервал включает весь спектр возможных значений, такой подход особенно полезен для практических применений. В рамках метода базовых принципов (БП) интервальные параметры заменяют точечные значения при оценке производительности системы, что более точно отражает реальные инженерные условия.

Для оценки достоверности по методу БП предположим наличие двух независимых критериев, обозначенных как k_1 и k_2, а также оценочных баллов H_1 и H_2 соответственно.

Основные значения промежуточных индексов или вероятностей могут быть получены в следующем виде:

$$r_{n,i} = l_n b_{n,i} \quad (4)$$

$$r_{H,i} = 1 - l`_i \sum_{n=1}^{N} b_{n,i} \quad (5)$$

$$\bar{r}_{H,i} = 1 - l`_i \quad (6)$$

$$r`_{H,i} = l`_i \left(1 - \sum_{n=1}^{N} b_{n,i}\right) \quad (7)$$

Здесь $\bar{r}_{H,i}$ представляет основные значения вероятностей, генерируемые относительной важностью критериев, $r`_{H,i}$ — основные значения вероятности, вызванные неполнотой оценки; $r_{H,i}$ — результирующие значения вероятности после агрегирования и $r_{H,i} + r`_{H,i} = r_{H,i}$. Взаимосвязь между ключевыми значениями вероятности и уровнем достоверности соответствует описанным выше уравнениям.

Интервальные значения базовых вероятностей равны:

$$r_{n,i} = r_i(H_n) \in [r^-_{n,i}, r^+_{n,i}] = [l^-_i b_{n,i}, l^+_i b_{n,i}], \quad (8)$$

где n = 1,2,…N; i = 1,2,…E

$$r_{H,i} = 1 - l`_i \sum_{n=1}^{N} b_{n,i}, \text{ где i} = 1,2,\ldots\text{E} \quad (9)$$

$$\bar{r}_{H,i} = \bar{r}_i(H) = (1 - l`_i) \in [1 - l^+_i, 1 - l^-_i], \quad (10)$$

где i = 1,2,…E

$$r`_{n,i} = r`_i(H_n) \in [r^-_{n,i}, r^+_{n,i}] = [l^-_i b_{n,i}, l^+_i b_{n,i}], \quad (11)$$

где i = 1,2,…E

Постулируем, что сумма вероятностей (критериев) определяется:

$$\sum_{n=1}^{N} r_{n,i} + \overline{r_{H,i}} + r`_{H,i} = 1$$

Оценочные баллы могут быть переведены в базовые вероятностные значения. После этого становится возможным использование интервальных значений вероятностей для объединения нескольких вероятностных данных посредством метода БП.

Рекурсивный процесс объединения вероятностей базовых интервалов

Объединение суммы компонентов критериев с применением метода БП происходит следующим образом:

$$r_{n,k(E)} = D_{k(E)}(r_{n,k(E-1)} r_{n,E} + r_{n,k(E-1)} r_{H,E} + r_{H,k(E-1)} r_{n,E}) \quad (12)$$

$$\bar{r}_{H,k(E)} = D_{k(E)}(\bar{r}_{H,k(E-1)} \bar{r}_{H,E}) \quad (13)$$

$$r`_{H,k(E)} = D_{k(E)}(r`_{H,k(E-1)} \bar{r}_{H,E} + \bar{r}_{H,k(E-1)} r`_{H,E} + r`_{H,k(E-1)} r`_{H,E}) \quad (14)$$

$$r_{H,k(E)} = \bar{r}_{H,k(E)} + r`_{H,k(E)} \quad (15)$$

$$D_{k(E)} = \left(1 - \sum_{t=1}^{2} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq t}}^{2} r_{t,k(E-1)} r_{j,E}\right)^{-1} \quad (16)$$

Для достижения оптимального диапазона значений рекомендуется усовершенствовать методику комбинированной оценки критериев. В случае необходимости объединения нескольких параметров целесообразно использовать поэтапный подход. На первом этапе интегрируются первый и второй критерии, затем результат их объединения последовательно комбинируется с третьим критерием, и процесс продолжается аналогичным образом для всех остальных. Завершив этот процесс, можно приступить к комплексной оптимизации, которая позволит определить верхние и нижние границы интервала финального итогового значения.

Опираясь на проведённые вычисления, устанавливаются уровни надёжности для каждого из соответствующих классов.

Стóит отметить, что при раздельной оптимизации каждого компонента критериев и использовании оптимального интервала для последующего вычисления могут возникать некорректные результаты. В контексте задачи ограниченной оптимизации найденные решения, подходящие для каждой отдельной части, являются локально оптимальными, но не всегда обеспечивают глобальную оптимизацию. Поэтому для достижения глобального оптимума необходимо учитывать все ограничения и комбинированные процессы в рамках единой модели общей оптимизации объекта. Это позволяет гарантировать получение действительно глобального оптимального результата.

Использование каскадного метода анализа иерархий для ранжирования и отбора наиболее значимых критериев СИС

Применение каскадного метода анализа иерархий для отбора наиболее значимых критериев представляет собой важный этап в разработке эффективных решений. В сложных системах, таких как СИС, где каждая подсистема вносит свой вклад, критериев оценки может быть великое множество. Для достижения боль-

шей точности и достоверности среди них необходимо выделить наиболее релевантные. Эту задачу предполагается решать с использованием каскадного метода анализа иерархий (КМАИ).

Одним из ключевых недостатков метода анализа иерархий (МАИ) является значительный уровень субъективности, связанный с участием лиц, принимающих решения (ЛПР). Для минимизации этого воздействия предлагается модернизировать подход: разделить метод на две составляющие — субъективную и объективную. В первой части осуществляется выбор критериев, предлагаемых решений и их ранжирование, что в бóльшей степени зависит от мнения ЛПР. Во второй части выполняются расчеты нормированных векторов приоритетов (НВП) и матриц, устраняя человеческий фактор.

Для повышения объективности процесса принятия решений предлагается использовать каскадный вариант МАИ.

Суть данного подхода заключается в формировании трех независимых групп участников: экспертов, руководителей объекта и конечных пользователей, которые будут непосредственно взаимодействовать с системой после ее внедрения. Участники каждой группы совместно определяют критерии оценки и возможные решения. Далее каждая группа ранжирует критерии и решения в соответствии со своими приоритетами, формируя индивидуальные матрицы предпочтений. На основе этих матриц для каждой группы рассчитываются три набора нормализованных весовых приоритетов (НВП): для критериев и предлагаемых решений.

На следующем этапе рассчитывается итоговый нормированный вектор приоритетов на основе данных каждой группы. Это достигается путем нормирования НВП критериев с учетом средних значений по всем группам. Такой подход позволяет учесть точку зрения каждой категории участников, выровнять влияние субъективной оценки и повысить общий уровень объективности процесса. Результатом применения данного подхода становится минимизация ошибок, связанных с субъективными предположениями при разработке критериев оценки и процесса принятия решений, что особенно важно в условиях сложных систем [9].

Выводы

В ходе проведенного исследования был осуществлён системный анализ существующих подходов к оценке эффективности различных СИС.

Результаты анализа показали, что в инженерной практике непрерывный контроль эффективности таких систем является критически важным фактором для своевременного планирования их модернизации и разработки мер по минимизации рисков.

Для создания нового метода оценки эффективности сложных систем, на примере СИС было обосновано представление данной системы в виде многоуровневой и многокомпонентной структуры. Предложенная методология опирается на создание многоуровневой системы оценочных индексов, учитывающей не только структуру системы, но и фундаментальные принципы ее функционирования. На этой основе формируются базовые правила оценки.

Для минимизации влияния ошибок, информационных помех и неточностей экспертного анализа предлагается использовать пороговые значения интервалов для определения достоверности и весовых коэффициентов параметров, что совпадает с практическими результатами инженерных исследований.

Представленный в работе системный анализ таких параметров, как чувствительность, достоверность, весовые коэффициенты критериев в модели, разработанной на базе основных правил, позволил определить эффективность ключевых подсистем и компонентов, а также выявить факторы, оказывающие наибольшее влияние на итоговые результаты оценки. Результаты исследования могут послужить основой для формирования стратегий технического обслуживания и модернизации системы, что обеспечит её стабильную работу, повысит общий уровень эффективности и расширит функциональный потенциал. На основании проведённых расчётов также устанавливаются уровни точности, соответствующие заданным классам. Элементы предложенной методики неоднократно обсуждались на различных технических конференциях [16—31].

В перспективе планируется разработка модели оптимизации предлагаемого метода, включая анализ взаимозависимости критериев, что позволит обеспечить более точные и надежные результаты.

Литература

1. Пьянков О.В., Попов А.В. Математическая модель оценки эффективности протокола взаимодействия систем цифровой радиосвязи // Вестник ВИ МВД России. 2021. № 4.
2. Голдобина А.С., Исаева Ю.А., Никулин Д.М. Оценка эффективности систем обнаружения вторжения в информационной системе управления производством оборонно-промышленного комплекса // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2020. № 1.
3. Пальгуев Д.А. Сравнительная оценка эффективности информационных систем иерархической и сетевой структуры на основе энтропийного подхода // РТС. 2020. № 1 (37).
4. Жуков М.М., Баркалов Ю.М., Телков А.Ю. Методологический подход к имитационному моделированию при исследовании практической эффективности систем защиты от сетевых кибератак // Вестник ВИ МВД России. 2022. № 1.

5. Zhou ZJ, Hu GY, Hu CH, et al. A survey of belief rule-base expertsystem. IEEE Trans Syst Ran Cybernet: Systers 2019.
6. Feng ZC, Zhou ZJ, Hu CH, et al. A safety assessment model based on belief rule base with new optimization method. Reliab Eng Syst Saf 2020.
7. Yang JB, Xu DL. Evidential reasoning rule for evidence combination. Artif Intell 2013;205:1—29.
8. Путято М.М., Макарян А.С., Черкасов А.Н., Кучер В.А. Оценка функционирования SIEM-систем на основе комплекса критериев эффективности // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. 2024. Вып. 1 (336). С. 36—42. DOI: 10.53598/2410-3225-2024-1-336-36-42 .
9. Дидрих В.Е., Шелковников М.А., Юдаков Д.С., Митрофанова С.В. Оценка средней информационной эффективности декаметровых систем связи в режиме частотно-адаптивной радиолинии // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2024. № 32.
10. Кочкаров А.А., Сомов Д.С., Крапчатов А. Повышение эффективности систем мониторинга сложных технических и информационно-управляющих систем. Метод структурно-интегрированных индикаторов // Вестник РГГУ. Серия «Экономика. Управление. Право». 2011. № 4 (66).
11. Lubentsov A.V., Bobrov V.N., Desytov D.B., Noev A.N. The advantage of the method of hierarchy analysis, the statistical methods of decision support. Journal of Physics: Conference Series. 17—19.12.2018, ВГУ. Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики». DOI: 10.1088/1742-6596/1203/1/012079 .
12. Лубенцов А.В. Использование каскадного метода анализа иерархий для оценки эффективности комплексной системы безопасности // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2022. № 4. С. 123—136.
13. Лубенцов А.В., Душкин А.В. Комплексные системы безопасности: системный анализ, архитектура, управление жизненным циклом. Воронеж : Научная книга, 2022. 254 с.
14. 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 .
15. 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.
16. Лубенцов А.В., Куфаева О.Ю., Кобзистый С.Ю. Системный анализ методов ранжирования систем безопасности с анализом их эффективности // Молодежь и системная модернизация страны : сборник научных статей 6-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых, 20—21 мая 2021 г. Т. 2. С. 431—434. ISBN 978-5-9908449-7-3.
17. Лубенцов А.В., Кобзистый С.Ю. Системный анализ параметров сложной системы с применением каскадного метода анализа иерархий // ВИ ФСИН РФ. Труды международной конференции «Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы». 2023. Т. 1. С. 187—191.
18. Лубенцов А.В., Кобзистый С.Ю. Моделирование оценки эффективности производительности контроллеров СКУД // ВИ ФСИН РФ. Труды международной конференции «Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы. 2023. Т. 1. С. 191—195.
19. Лубенцов А.В. Синтез интервальных оценок для построения модели оценки эффективности сложных систем // ВИ ФСИН РФ. Труды международной конференции «Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы». 2023. Т. 1. С. 171—175.
20. Лубенцов А.В., Пузанкова А.И. Анализ основных моделей противодействия информационным атакам типа DoS и DDoS // В сб.: Радиолокация, навигация, связь. Сборник трудов XXX Международной научно-технической конференции. В 5 т. Воронеж, 2024. С. 112—120.
21. Лубенцов А.В., Власова А.И. Анализ методов защиты данных в интеллектуальных системах // IV научно-педагогические чтения молодых ученых им. проф. С.В. Познышева : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции курсантов и студентов. Воронеж : Воронежский институт ФСИН России, 2024.
22. Лубенцов А.В., Лямчева А.В. Особенности защиты информации при организации видеоконференцсвязи в уголовно-исполнительной системе // IV научно-педагогические чтения молодых ученых им. проф. С.В. Познышева : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции курсантов и студентов. Воронеж : Воронежский институт ФСИН России, 2024.
23. Лубенцов А.В., Миронова А.А. Безопасность систем баз данных в учреждениях пенитенциарной системы // IV научно-педагогические чтения молодых ученых им. проф. С.В. Познышева : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции курсантов и студентов. Воронеж : Воронежский институт ФСИН России, 2024.
24. Лубенцов А.В., Папилова В.Г. Информационная безопасность в системах охранного видеонаблюдения на объектах ФСИН // IV научно-педагогические чтения молодых ученых им. проф. С.В. Познышева : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции курсантов и студентов. Воронеж : Воронежский институт ФСИН России, 2024.

25. Лубенцов А.В., Пузанкова А.И. Анализ системных различий и классификация по различным основаниям DoS и DDoS атак // IV научно-педагогические чтения молодых ученых им. проф. С.В. Познышева : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции курсантов и студентов. Воронеж : Воронежский институт ФСИН России, 2024.
26. Лубенцов А.В., Борщева Д.О. Вейвлет-анализ в системах видеонаблюдения: повышение точности обнаружения нарушений в УИС // ВИ ФСИН РФ. Труды международной конференции «Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы». 2024. Т. 1.
27. Лубенцов А.В., Власова А.И. Анализ обеспечения информационной безопасности в спутниковых сетях связи // ВИ ФСИН РФ. Труды международной конференции «Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы». 2024. Т. 1.
28. Лубенцов А.В., Гавриленко А.И. Методы повышения эффективности информационной безопасности // ВИ ФСИН РФ. Труды международной конференции «Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы». 2024. Т. 1.
29. Лубенцов А.В., Попова Д.А. Модель противодействия атакам вида MITM // ВИ ФСИН РФ. Труды международной конференции «Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы». 2024. Т. 1.
30. Лубенцов А.В., Новокщенов С.В. Анализ преимуществ IP-камер перед телевизионными в процессе защиты информации // ВИ ФСИН РФ. Труды международной конференции «Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы». 2024. Т. 1.
31. Лубенцов А.В. Анализ применения моделей искусственного интеллекта в системе видеонаблюдения на объектах УИС // Всероссийская научно-практическая конференция «Информатизация и техническое обеспечение уголовно-исполнительной системы Российской Федерации: проблемы, решения и перспективы развития». НИИ ИТ ФСИН РФ, Тверь. Октябрь 2024.

SECTION:
INFORMATION AND AUTOMATED SYSTEMS AND NETWORKS

THE DEVELOPMENT AND SYSTEM ANALYSIS OF A METHOD FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF INFORMATION SECURITY OF A COMPLEX SYSTEM

Aleksandr Lubentsov, *Ph.D. (Geography), Associate Professor at the Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-0239-4843, SPIN code: 6530-4715.*
E-mail: lubensov@mail.ru

Keywords: *synthesis, decomposition, information security system, interval estimates, efficiency, efficiency assessment, cascade hierarchy analysis method.*

Abstract

Problem statement: the architecture of modern complex information systems (SIS) is characterized by a high degree of complexity and multicomponence. Obtaining the parameters of the effectiveness of the system is an urgent and non-trivial task. In modern engineering, methods for solving the issues of evaluating the efficiency of the system have not been sufficiently developed.

Purpose of the work: this paper examines the problem of evaluating the effectiveness of complex information systems in terms of ensuring their security. This task is interpreted as a process of forming multidimensional solutions based on the analysis of multiparametric data by decomposing the system and introducing interval estimates.

Methods used in the study: the synthesis and application of a nonlinear model for evaluating the effectiveness of a complex information system is proposed. The model uses an interval form of data representation, which allows taking into account uncertainties, errors in the source data, measurement errors and the subjectivity of expert assessments.

Study findings: as part of the study, a systematic analysis of comprehensive information security assessments was carried out. The proposed methodology is based on the division of the functional structure of the system into its component elements, followed by simplification to basic modules. An innovative approach has been developed that includes the formation of key rules by integrating interval characteristics of cluster assessment and assessment of overall efficiency.

Practical significance. The obtained results and analytical conclusions serve as the basis for building development strategies for the entire IP (information system) and its components. The author's cascade hierarchy analysis method has been applied, which reduces the influence of the human factor in the criteria ranking process. This contributes to a significant increase in the objectivity of assessments of the efficiency of both individual subsystems and the entire information security system.

Thus, the implemented innovations significantly improve the accuracy and reliability of assessment processes in the field of information security.

References

1. P'iankov O.V., Popov A.V. Matematicheskaia model' otsenki effektivnosti protokola vzaimodeistviia sistem tsifrovoi radiosviazi. Vestnik VI MVD Rossii. 2021. No. 4.
2. Goldobina A.S., Isaeva Iu.A., Nikulin D.M. Otsenka effektivnosti sistem obnaruzheniia vtorzheniia v informatsionnoi sisteme upravleniia proizvodstvom oboronno-promyshlennogo kompleksa. Interekspo Geo-Sibir'. 2020. No. 1.
3. Pal'guev D.A. Sravnitel'naia otsenka effektivnosti informatsionnykh sistem ierarkhicheskoi i setevoi struktury na osnove entropiinogo podkhoda. RTS. 2020. No. 1 (37).
4. Zhukov M.M., Barkalov Iu.M., Telkov A.Iu. Metodologicheskii podkhod k imitatsionnomu modelirovaniiu pri issledovanii prakticheskoi effektivnosti sistem zashchity ot setevykh kiberatak. Vestnik VI MVD Rossii. 2022. No. 1.
5. Zhou ZJ, Hu GY, Hu CH, et al. A survey of belief rule-base expertsystem. IEEE Trans Syst Ran Cybernet: Systers 2019.
6. Feng ZC, Zhou ZJ, Hu CH, et al. A safety assessment model based on belief rule base with new optimization method. Reliab Eng Syst Saf 2020.
7. Yang JB, Xu DL. Evidential reasoning rule for evidence combination. Artif Intell 2013;205:1–29.
8. Putiato M.M., Makarian A.S., Cherkasov A.N., Kucher V.A. Otsenka funktsionirovaniia SIEM-sistem na osnove kompleksa kriteriev effektivnosti. Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. 2024. Vyp. 1 (336). Pp. 36–42. DOI: 10.53598/2410-3225-2024-1-336-36-42 .
9. Didrikh V.E., Shelkovnikov M.A., Iudakov D.S., Mitrofanova S.V. Otsenka srednei informatsionnoi effektivnosti dekametrovykh sistem sviazi v rezhime chastotno-adaptivnoi radiolinii. Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriia i praktika. 2024. No. 32.
10. Kochkarov A.A., Somov D.S., Krapchatov A. Povyshenie effektivnosti sistem monitoringa slozhnykh tekhnicheskikh i informatsionno-upravliaiushchikh sistem. Metod strukturno-integrirovannykh indikatorov. Vestnik RGGU. Seriia "Ekonomika. Upravlenie. Pravo". 2011. No. 4 (66).
11. Lubentsov A.V., Bobrov V.N., Desytov D.B., Noev A.N. The advantage of the method of hierarchy analysis, the statistical methods of decision support. Journal of Physics: Conference Series. 17–19.12.2018, VGU. Mezhdunarodnaia nauchno-tekhnicheskaia konferentsiia "Aktual'nye problemy prikladnoi matematiki, informatiki i mekhaniki". DOI: 10.1088/1742-6596/1203/1/012079 .
12. Lubentsov A.V. Ispol'zovanie kaskadnogo metoda analiza ierarkhii dlia otsenki effektivnosti kompleksnoi sistemy bezopasnosti. Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii. 2022. No. 4. Pp. 123–136.
13. Lubentsov A.V., Dushkin A.V. Kompleksnye sistemy bezopasnosti: sistemnyi analiz, arkhitektura, upravlenie zhiznennym tsiklom. Voronezh : Nauchnaia kniga, 2022. 254 pp.
14. Lubentsov A.V. Sistemnyi analiz modeli polucheniia kharakteristik effektivnosti kompleksnoi sistemy bezopasnosti. Modelirovanie, optimizatsiia i informatsionnye tekhnologii, 2023;11 (1) ss. 1-8, UDK 007.51, 303.732, DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.030 .
15. Lubentsov A.V. Sintez metoda otsenki effektivnosti sistemy informatsionnoi bezopasnosti. Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Elektronika. 2024. T. 29. No. 1. Pp. 118–129. DOI: 10.24151/1561-5405-2024-29-1-118-129 . EDN: UJNZBJ.
16. Lubentsov A.V., Kufaeva O.Iu., Kobzistyi S.Iu. Sistemnyi analiz metodov ranzhirovaniia sistem bezopasnosti s analizom ikh effektivnosti. Molodezh' i sistemnaia modernizatsiia strany : sbornik nauchnykh statei 6-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh, 20–21 maia 2021 g. T. 2. Pp. 431–434. ISBN 978-5-9908449-7-3.
17. Lubentsov A.V., Kobzistyi S.Iu. Sistemnyi analiz parametrov slozhnoi sistemy s primeneniem kaskadnogo metoda analiza ierarkhii. VI FSIN RF. Trudy mezhdunarodnoi konferentsii "Tekhnika i bezopasnost' ob"ektov ugolovno-ispolnitel'noi sistemy". 2023. T. 1. Pp. 187–191.
18. Lubentsov A.V., Kobzistyi S.Iu. Modelirovanie otsenki effektivnosti proizvoditel'nosti kontrollerov SKUD. VI FSIN RF. Trudy mezhdunarodnoi konferentsii "Tekhnika i bezopasnost' ob"ektov ugolovno-ispolnitel'noi sistemy. 2023. T. 1. Pp. 191–195.
19. Lubentsov A.V. Sintez interval'nykh otsenok dlia postroeniia modeli otsenki effektivnosti slozhnykh sistem. VI FSIN RF. Trudy mezhdunarodnoi konferentsii "Tekhnika i bezopasnost' ob"ektov ugolovno-ispolnitel'noi sistemy". 2023. T. 1. Pp. 171–175.

20. Lubentsov A.V., Puzankova A.I. Analiz osnovnykh modelei protivodeistviia informatsionnym atakam tipa DoS i DDoS. V sb.: Radiolokatsiia, navigatsiia, sviaz'. Sbornik trudov XXX Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. V 5 t. Voronezh, 2024. Pp. 112–120.
21. Lubentsov A.V., Vlasova A.I. Analiz metodov zashchity dannykh v intellektual'nykh sistemakh. IV nauchno-pedagogicheskie chteniia molodykh uchenykh im. prof. S.V. Poznysheva : sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii kursantov i studentov. Voronezh : Voronezhskii institut FSIN Rossii, 2024.
22. Lubentsov A.V., Liamcheva A.V. Osobennosti zashchity informatsii pri organizatsii videokonferentssviazi v ugolovno-ispolnitel'noi sisteme. IV nauchno-pedagogicheskie chteniia molodykh uchenykh im. prof. S.V. Poznysheva : sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii kursantov i studentov. Voronezh : Voronezhskii institut FSIN Rossii, 2024.
23. Lubentsov A.V., Mironova A.A. Bezopasnost' sistem baz dannykh v uchrezhdeniiakh penitentsiarnoi sistemy. IV nauchno-pedagogicheskie chteniia molodykh uchenykh im. prof. S.V. Poznysheva : sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii kursantov i studentov. Voronezh : Voronezhskii institut FSIN Rossii, 2024.
24. Lubentsov A.V., Papilova V.G. Informatsionnaia bezopasnost' v sistemakh okhrannogo videonabliudeniia na ob"ektakh FSIN. IV nauchno-pedagogicheskie chteniia molodykh uchenykh im. prof. S.V. Poznysheva : sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii kursantov i studentov. Voronezh : Voronezhskii institut FSIN Rossii, 2024.
25. Lubentsov A.V., Puzankova A.I. Analiz sistemnykh razlichii i klassifikatsiia po razlichnym osnovaniiam DoS i DDoS atak. IV nauchno-pedagogicheskie chteniia molodykh uchenykh im. prof. S.V. Poznysheva : sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii kursantov i studentov. Voronezh : Voronezhskii institut FSIN Rossii, 2024.
26. Lubentsov A.V., Borshcheva D.O. Veivlet-analiz v sistemakh videonabliudeniia: povyshenie tochnosti obnaruzheniia narushenii v UIS. VI FSIN RF. Trudy mezhdunarodnoi konferentsii "Tekhnika i bezopasnost' ob"ektov ugolovno-ispolnitel'noi sistemy". 2024. T. 1.
27. Lubentsov A.V., Vlasova A.I. Analiz obespecheniia informatsionnoi bezopasnosti v sputnikovykh setiakh sviazi. VI FSIN RF. Trudy mezhdunarodnoi konferentsii "Tekhnika i bezopasnost' ob"ektov ugolovno-ispolnitel'noi sistemy". 2024. T. 1.
28. Lubentsov A.V., Gavrilenko A.I. Metody povysheniia effektivnosti informatsionnoi bezopasnosti. VI FSIN RF. Trudy mezhdunarodnoi konferentsii "Tekhnika i bezopasnost' ob"ektov ugolovno-ispolnitel'noi sistemy". 2024. T. 1.
29. Lubentsov A.V., Popova D.A. Model' protivodeistviia atakam vida MITM. VI FSIN RF. Trudy mezhdunarodnoi konferentsii "Tekhnika i bezopasnost' ob"ektov ugolovno-ispolnitel'noi sistemy". 2024. T. 1.
30. Lubentsov A.V., Novokshchenov S.V. Analiz preimushchestv IP-kamer pered televizionnymi v protsesse zashchity informatsii. VI FSIN RF. Trudy mezhdunarodnoi konferentsii "Tekhnika i bezopasnost' ob"ektov ugolovno-ispolnitel'noi sistemy". 2024. T. 1.
31. Lubentsov A.V. Analiz primeneniia modelei iskusstvennogo intellekta v sisteme videonabliudeniia na ob"ektakh UIS. Vserossiiskaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia "Informatizatsiia i tekhnicheskoe obespechenie ugolovno-ispolnitel'noi sistemy Rossiiskoi Federatsii: problemy, resheniia i perspektivy razvitiia". NII IT FSIN RF, Tver'. Oktiabr' 2024.