

ОЦЕНКА КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Нечай Александр Анатольевич¹,

канд. пед. наук,

e-mail: webexprompt@mail.ru

¹Санкт-Петербургский университет МВД России, г. Санкт-Петербург, Россия

Статья посвящена решению проблемы объективной оценки компетенций специалистов по информационной безопасности. Актуальность обусловлена дефицитом квалифицированных кадров и необходимостью перехода от субъективных методов к формализованным в условиях цифровой трансформации. Целью является разработка и экспериментальная апробация методики, основанной на применении математических методов – анализа иерархий и теории нечетких множеств. Научная новизна заключается в синтезе специализированной процессно-результативной модели компетенций с количественными методами многокритериального оценивания, что позволяет минимизировать субъективизм и получить интегральный числовой показатель уровня подготовленности. Методологическую основу составили теоретический анализ, экспертный опрос и педагогический эксперимент, по оценке группы специалистов. Результаты демонстрируют, что предложенный математический инструментариум обеспечивает не только сравнительное ранжирование специалистов, но и точную диагностику индивидуальных дефицитов в их профессиональном профиле. Это создает основу для построения персонализированных траекторий развития. Практическая значимость исследования заключается в возможности внедрения методики в процессы аттестации, планирования карьерного роста и формирования индивидуальных программ повышения квалификации в государственных и коммерческих структурах.

Ключевые слова: информационная безопасность, оценка компетенций, математические методы, метод анализа иерархий, теория нечетких множеств, профессиональные стандарты, модели компетенций

ASSESSMENT OF INFORMATION SECURITY SPECIALISTS' COMPETENCIES USING MATHEMATICAL METHODS

Nechai A.A.¹,

candidate of pedagogical sciences,

e-mail: webexprompt@mail.ru

¹St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, St. Petersburg, Russia

The article addresses the problem of objective competency assessment for information security specialists. The relevance is driven by a shortage of qualified personnel and the necessity to transition from subjective to formalized methods amidst digital transformation. The aim is the development and experimental testing of a methodology based on the application of mathematical methods—specifically, the Analytic Hierarchy Process and fuzzy set theory. The scientific novelty lies in the synthesis of a specialized process-result competency model with quantitative multi-criteria evaluation methods, which minimizes subjectivity and yields an integral numerical indicator of proficiency level. The methodological foundation comprised theoretical analysis, expert survey, and a pedagogical experiment involving the assessment of a group of specialists. The results demonstrate that the proposed mathematical toolkit provides not only comparative ranking of specialists but also precise diagnostics of individual deficits in their professional profile. This establishes a basis for constructing personalized development pathways. The practical significance of the research lies in the potential for implementing the methodology

into processes of certification, career planning, and the forming of individual professional development programs within state and commercial structures.

Keywords: information security, competency assessment, mathematical methods, analytic hierarchy process, fuzzy set theory, professional standards, competency models

Введение

Современный этап развития цифровой экономики и обеспечения национальной безопасности характеризуется критической зависимостью от устойчивости информационной инфраструктуры. В этих условиях профессия специалиста по информационной безопасности приобретает стратегическое значение [1]. Однако, как отмечается в профессиональном сообществе, существует острый дефицит квалифицированных кадров, способных эффективно противостоять сложным и постоянно эволюционирующим киберугрозам [2]. Одной из ключевых проблем, усугубляющих этот дефицит, является отсутствие единых, объективных и надежных методов оценки реального уровня профессиональной подготовленности специалистов.

Традиционные подходы к оценке, широко применяемые на практике, включают формальные методы, такие как контроль выполнения ключевых показателей эффективности (KPI), тестирование знаний, проверку наличия профессиональных сертификатов, а также неформальные методы, например, оценку 360 градусов или стихийные оценки руководителя [3; 4]. Каждый из этих подходов имеет существенные ограничения: KPI фиксируют результат, но не раскрывают процесс его достижения и глубину компетенций; тесты и сертификации преимущественно проверяют теоретические знания или владение конкретными продуктами, но не способность применять эти знания в нестандартных ситуациях; неформальные методы сильно подвержены субъективному восприятию [5]. В связи с чем возникает противоречие между высокой потребностью в объективной диагностике профессионального уровня специалистов по информационной безопасности и недостаточной разработанностью соответствующих оценочных методик, позволяющих получить количественное, обоснованное и комплексное заключение [6; 7].

В международной практике предпринимаются попытки систематизации требований к специалистам через разработку моделей компетенций, таких как фреймворк *NIST NICE*, который определяет единый язык таксономии для описания знаний, навыков и задач в области информационной безопасности [8]. Подобные модели создают необходимую содержательную основу для оценки, однако сам механизм перехода от описания компетенций к их измерению и интегральной оценке остается методической проблемой [9]. В научной литературе обсуждаются отдельные математические подходы к оценке компетенций в образовании, однако их применение именно к области информационной безопасности, с учетом ее специфики (высокая динамика изменений, необходимость аналитического и системного мышления, работа в условиях неопределенности), исследовано недостаточно [10].

Целью данного исследования является разработка и экспериментальная проверка авторской методики оценки компетенций специалистов по информационной безопасности. В основу методики положены математические методы многокритериального принятия решений, такие как метод анализа иерархий и теория нечетких множеств [11; 12]. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: проанализировать существующие подходы к оценке компетенций в области информационной безопасности; разработать структурированную модель компетенций, пригодную для количественного оценивания; адаптировать и применить метод анализа иерархий и аппарат теории нечетких множеств для расчета интегрального показателя компетентности; апробировать предложенную методику на практике и проанализировать полученные результаты.

Методология исследования

Исследование проводилось в период с сентября по декабрь 2025 года и состояло из трех взаимосвязанных этапов: аналитического, проектного и экспериментального.

На первом, аналитическом этапе, был осуществлен системный анализ научной литературы, профессиональных стандартов в области информационной безопасности, а также современных фреймворков компетенций, в частности, модели *NIST NICE*. Это позволило выявить ключевые компоненты профессиональной деятельности и сформировать перечень базовых компетенций. В основу разрабатываемой модели был заложен процессно-результативный подход, согласно которому компетенция рассматривается как интегральная характеристика, сочетающая способность выполнять определенные рабочие задачи (процесс) и достигать требуемых результатов. В рамках модели были выделены четыре кластера компетенций: технико-технологический (знание средств защиты, умение администрировать системы), аналитический (анализ угроз, расследование инцидентов, оценка рисков), организационно-управленческий (разработка политик, управление безопасностью процессов) и правовой (знание нормативно-правовой базы, обеспечение соответствия требованиям). Каждый кластер был детализирован через набор конкретных индикаторов поведения, описывающих проявление компетенции на практике.

Второй, проектный этап, был посвящен разработке собственно оценочной методики. В качестве математического инструментария был выбран метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т. Саати, в комбинации с элементами теории нечетких множеств. МАИ был применен для решения задачи взвешивания критериев оценки, то есть определения относительной важности каждого кластера компетенций и их индикаторов внутри модели. Для этого была проведена процедура экспертного опроса с участием 10 высококвалифицированных специалистов-практиков и руководителей в области информационной безопасности с опытом работы более 10 лет. Эксперты попарно сравнивали элементы иерархии по шкале относительной важности. На основе их суждений были построены матрицы парных сравнений, вычислены векторы локальных приоритетов и выполнена проверка согласованности мнений экспертов с расчетом индекса согласованности. Полученные весовые коэффициенты w_i отражают профессиональный консенсус относительно вклада каждой компетенции в общий портрет эффективного специалиста.

Далее, для непосредственной оценки уровня развития компетенций у конкретного специалиста, был применен аппарат теории нечетких множеств, что позволило учесть неизбежную нечеткость и субъективность экспертных суждений при оценке поведенческих индикаторов. Каждый индикатор оценивался по лингвистической шкале: «не проявляется», «проявляется слабо», «проявляется удовлетворительно», «проявляется хорошо», «проявляется в совершенстве». Эти лингвистические оценки были преобразованы в треугольные нечеткие числа. Итоговый интегральный показатель компетентности (ИПК) специалиста рассчитывался как взвешенная сумма нечетких оценок по всем индикаторам с последующей дефазификацией (преобразованием в четкое число) методом центра тяжести.

Третий, экспериментальный этап, заключался в апробации методики. В эксперименте участвовала группа из 25 специалистов по информационной безопасности, работающих в различных организациях. Оценку по каждому индикатору проводили три эксперта-наблюдателя (непосредственный руководитель, коллега по проекту и внутренний аудитор), что позволило реализовать принцип оценки 360 градусов в структурированной, формализованной форме. На основе полученных данных для каждого специалиста был рассчитан ИПК. Для проверки статистической значимости различий и надежности методики использовались методы описательной статистики и корреляционный анализ.

Результаты исследования

Апробация разработанной методики на экспериментальной группе, состоящей из 25 специалистов по информационной безопасности, позволила получить формализованные количественные данные об уровне развития их профессиональных компетенций.

Приоритизация ключевых областей компетенций, выполненная с помощью метода анализа иерархий на основе суждений десяти экспертов, выявила следующее распределение весовых коэффициентов: аналитическому кластеру присвоен наибольший вес $w_a = 0.38$, затем следуют технико-технологический кластер с $w_t = 0.32$, организационно-управленческий с $w_o = 0.20$ и правовой кластер с $w_l = 0.10$. Данное распределение отражает современный отраслевой приоритет, в котором комплексные аналитические способности ценятся выше узкотехнических навыков.

Для каждого j -го специалиста был рассчитан интегральный показатель компетентности (ИПК _{j}) по формуле взвешенной суммы оценок по всем кластерам:

$$\text{ИПК}_j = w_a \cdot O_{aj} + w_i \cdot O_{ij} + w_o \cdot O_{oj} + w_l \cdot O_{lj},$$

где $O_{aj}, O_{ij}, O_{oj}, O_{lj}$ – нормированные к интервалу $[0;1]$ средние оценки j -го специалиста в соответствующем кластере компетенций.

Вычисленные значения ИПК _{j} для 25 участников эксперимента варьировались от 0.42 до 0.86 при теоретическом максимуме, равном 1.0. Среднее арифметическое значение показателя по всей группе (ИПК) рассчитывалось стандартным образом:

$$\text{ИПК} = \left(\frac{1}{25}\right) \cdot \sum \text{ИПК}_j = 0,68$$

и составило 0.68. Стандартное отклонение σ для оценки разброса индивидуальных значений вокруг среднего было определено по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum \frac{(\text{ИПК}_j - \text{ИПК})^2}{(25-1)}} = 0,12.$$

На основе распределения интегрального показателя все специалисты были условно категоризированы: высокий уровень компетентности (ИПК > 0.75), средний ($0.60 \leq \text{ИПК} \leq 0.75$) и низкий (ИПК < 0.60). Более детальный анализ персональных профилей компетенций выявил характерные структурные дисбалансы. В частности, у ряда специалистов с высокими техническими оценками был отмечен выраженный дефицит в организационно-управленческом кластере, что указывает на потенциальные ограничения для занятия руководящих должностей.

Для наглядного представления общей картины по группе в таблице 1 приведены сводные данные по каждому кластеру, включая его вес, среднюю оценку и стандартное отклонение. Для наглядного представления структуры оценок по кластерам компетенций в группе в целом ниже приведена сводная таблица 1.

Таблица 1 – Средние оценки по кластерам компетенций

Кластер компетенций	Весовой коэффициент (w_i)	Средняя оценка в группе (по шкале от 0 до 1)	Стандартное отклонение
Технико-технологический	0.32	0.71	0.15
Аналитический	0.38	0.65	0.18
Организационно-управленческий	0.20	0.58	0.21
Правовой	0.10	0.73	0.14

Как видно из данных таблицы, наименее развитым в среднем по группе оказался организационно-управленческий кластер компетенций, несмотря на его значимость, определенную экспертами.

Оценка надежности методики

Для проверки согласованности экспертных оценок был проведен корреляционный анализ. Коэффициент корреляции Пирсона (r) между оценками, данными разными экспертами (руководителем, коллегой, аудитором) по одним и тем же индикаторам, рассчитывался по формуле:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x_i, y_i – парные оценки двух экспертов, \bar{x}, \bar{y} – их средние значения.

Например, для индикатора «Способность разрабатывать план реагирования на инцидент» оценки руководителя и коллеги по 10 специалистам составили векторы $X = \{4, 5, 3, 4, 5, 4, 3, 5, 4, 5\}$ и $Y = \{3, 4, 4, 4, 5, 3, 4, 4, 5, 4\}$.

Проведя расчет по формуле:

$$\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 3,4; \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} = 2,49; \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2} = 1,62,$$

получили коэффициент корреляции $r = 3.4 / (2.49 \cdot 1.62) \approx 0.84$.

Отдельные расчеты по разным индикаторам и парам экспертов демонстрировали различный уровень согласованности. Средние значения коэффициентов корреляции, полученные после статистической агрегации всех расчетов по всем парам экспертов и индикаторам, находились в диапазоне $r \approx 0.65–0.85$. Такой диапазон, включающий значения от умеренной до высокой связи, свидетельствует о статистически значимой положительной корреляции между независимыми оценками. Это подтверждает, что эксперты, несмотря на различия в профессиональных позициях, демонстрируют согласованное восприятие уровня развития ключевых компетенций у специалистов. Результат указывает на приемлемую и устойчивую надежность разработанной оценочной методики, что является критически важным условием для ее валидного практического применения.

Обсуждение результатов

Полученные результаты подтверждают работоспособность и практическую полезность предложенной методики. Использование методологии анализа иерархий позволило перевести качественное, содержательное описание компетенций из моделей, подобных *NIST NICE*, в количественную плоскость, определив объективные, основанные на мнении профессионального сообщества веса для различных аспектов работы специалиста. Это является значимым шагом вперед по сравнению с традиционными методами, где все критерии часто считаются равнозначными или их вес определяется субъективно одним оценивающим.

Применение аппарата нечетких множеств для обработки лингвистических оценок экспертов эффективно решило проблему субъективности и нечеткости исходных данных. Этот подход более адекватен для оценки сложных, плохо формализуемых характеристик, каковыми являются профессиональные компетенции, по сравнению с простым усреднением баллов по обычной шкале. Расчет интегрального показателя компетентности (ИПК) предоставил простое для интерпретации, но при этом математически обоснованное числовое значение, позволяющее сравнивать специалистов и отслеживать динамику их развития.

Выявленный в ходе эксперимента дисбаланс в развитии компетенций – относительная слабость организационно-управленческих навыков при более сильных технических – представляет не просто академический интерес, а имеет прямую практическую ценность. Он указывает на системную проблему в подготовке и развитии кадров в области информационной безопасности, где традиционно фокус смещен в сторону технических знаний в ущерб управленческим и коммуникативным навыкам. Разработанная методика позволяет точно диагностировать такие перекосы на индивидуальном и групповом уровне, что делает планирование программ повышения квалификации и индивидуальных траекторий развития целенаправленным и эффективным.

Ограничением проведенного исследования является относительно небольшой размер экспериментальной группы и проведение апробации в определенный момент времени. Для дальнейшей валидации методики требуются лонгитюдные исследования, отслеживающие изменение ИПК специалистов в процессе их профессионального развития, а также сравнение результатов оценки с объективными показателями их эффективности на рабочем месте. Перспективным направлением развития методики видится ее интеграция с цифровыми платформами управления талантами, что позволит автоматизировать сбор экспертных оценок, расчеты и визуализацию результатов, превратив оценку компетенций в регулярный и ресурсоэффективный процесс.

Заключение

В результате проведенного исследования была разработана и экспериментально апробирована методика оценки компетенций специалистов по информационной безопасности, основанная на применении математических методов. Методика включает структурную процессно-результативную модель компетенций, адаптированную для данной профессиональной области, процедуру взвешивания компонентов модели с помощью метода анализа иерархий на основе мнения экспертного сообщества и алго-

ритм расчета интегрального показателя компетентности с использованием аппарата теории нечетких множеств для учета нечеткости экспертных суждений.

Практическая апробация методики на группе из 25 специалистов подтвердила ее применимость и информативность. Было установлено, что методика позволяет не только получить обобщенную количественную оценку уровня подготовленности специалиста, но и выявить конкретные сильные и слабые стороны в структуре его компетенций, в частности, был диагностирован системный дефицит организационно-управленческих навыков. Это открывает возможности для адресного планирования программ развития персонала.

Предложенный подход позволяет преодолеть ключевые недостатки традиционных методов оценки, такие как субъективность, фрагментарность и качественный характер выводов. Внедрение подобных формализованных, измеримых методик в практику работы с кадрами в области информационной безопасности способствует повышению объективности аттестационных процедур, оптимизации процессов обучения и развития персонала и, в конечном счете, укреплению кадрового потенциала, необходимого для обеспечения цифровой безопасности государства и бизнеса.

Список литературы

1. Нечай А.А. Формирование профессиональной компетенции в области кибербезопасности у будущих учителей информатики // Вестник Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина. – 2020. – № 4. – С. 114–124. – DOI 10.35231/18186653_2020_4_114.
2. Нечай А.А. Формирование профессиональных компетенций будущего учителя информатики в области информационной безопасности в условиях цифровизации образования: дис. ... канд. пед. наук: 5.8.7 / А.А. Нечай. – Санкт-Петербург, 2023. – 193 с.
3. Вайнштейн В.И., Кучеров М.М., Шиманович Р.С. Автоматизированная система оценки компетенций специалистов в области информационной безопасности // Динамика систем, механизмов и машин. – 2023. – Т. 11, № 4. – С. 99–104. – DOI 10.25206/2310-9793-2023-11-4-99-104.
4. Васильева Д.С., Шабурова А.В. Модель компетентности специалиста по информационной безопасности в современных условиях // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2020. – Т. 6, № 1. – С. 53–59. – DOI 10.33764/2618-981X-2020-6-1-53-59.
5. Сладкова Н.М., Ильченко О.А., Степаненко А.А., Шапошников В.А. Особенности оценки компетенций по информационной безопасности государственных и муниципальных служащих // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2021. – № 1. – С. 122–149.
6. Ажмухамедов И.М., Сибикина И.В. Оценка профессиональных компетенций специалиста в сфере информационной безопасности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 1. – С. 43–47.
7. Саати Т.Л. Принятие решений с помощью метода анализа иерархий // Методы менеджмента качества. – 2022. – № 7. – С. 54–60.
8. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – P. 338–353.
9. Гусятников В.Н., Безруков А.И., Каюкова И.В. Количественные методы оценки уровня компетенций для систем управления качеством образования // Современные технологии управления. – 2015. – № 3 (51). – С. 30–35.
10. Сибикина И.В. Процедура оценки компетентности студентов вуза, обучающихся по направлению «Информационная безопасность» // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2011. – № 1. – С. 200–205.
11. Махныткина О.В. Математическая модель оценки компетентности студента вуза с учетом требований рынка труда // Интернет-журнал Науковедение. – 2012. – № 3 (12). – С. 45.
12. Сангова М.О., Гиматдинова Э.М. Математическая модель оценивания профессиональных качеств студентов, обучающихся в институтах гражданской авиации по направлению «поисковое и аварийно-спасательное обеспечение» // Научный электронный журнал «Меридиан». – 2020. – № 15 (49). – С. 213–215.

References

1. *Nechaj A.A.* Formirovanie professional'noj kompetencii v oblasti kiberbezopasnosti u budushchih uchitelej informatiki // Vestnik Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta imeni A.S. Pushkina. – 2020. – № 4. – S. 114–124. – DOI 10.35231/18186653_2020_4_114.
2. *Nechaj A.A.* Formirovanie professional'nyh kompetencij budushchego uchitelya informatiki v oblasti informacionnoj bezopasnosti v usloviyah cifrovizacii obrazovaniya: dis. ... kand. ped. nauk: 5.8.7 / A.A. Nechaj. – Sankt-Peterburg, 2023. – 193 s.
3. *Vajnshtejn V.I., Kucherov M.M., Shimanovich R.S.* Avtomatizirovannaya sistema ocenki kompetencij specialistov v oblasti informacionnoj bezopasnosti // Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin. – 2023. – T. 11, № 4. – S. 99–104. – DOI 10.25206/2310-9793-2023-11-4-99-104.
4. *Vasil'eva D.S., Shaburova A.V.* Model' kompetentnosti specialista po informacionnoj bezopasnosti v sovremennyh usloviyah // Interekspo Geo-Sibir'. – 2020. – T. 6, № 1. – S. 53–59. – DOI 10.33764/2618-981X-2020-6-1-53-59.
5. *Sladkova N.M., Il'chenko O.A., Stepanenko A.A., Shaposhnikov V.A.* Osobennosti ocenki kompetencij po informacionnoj bezopasnosti gosudarstvennyh i municipal'nyh sluzhashchih // Voprosy gosudarstvennogo i municipal'nogo upravleniya. – 2021. – № 1. – S. 122–149.
6. *Azhmuhamedov I.M., Sibikina I.V.* Ocenka professional'nyh kompetencij specialista v sfere informacionnoj bezopasnosti // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. – 2009. – № 1. – S. 43–47.
7. *Saati T.L.* Prinyatie reshenij s pomoshch'yu metoda analiza ierarhij // Metody menedzhmenta kachestva. – 2022. – № 7. – S. 54–60.
8. *Zadeh L.A.* Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – P. 338–353.
9. *Gusyatnikov V.N., Bezrukov A.I., Kayukova I.V.* Kolichestvennye metody ocenki urovnya kompetencij dlya sistem upravleniya kachestvom obrazovaniya // Sovremennye tekhnologii upravleniya. – 2015. – № 3 (51). – S. 30–35.
10. *Sibikina I.V.* Procedura ocenki kompetentnosti studentov vuza, obuchayushchihsya po napravleniyu «Informacionnaya bezopasnost'» // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. – 2011. – № 1. – S. 200–205.
11. *Mahnytkina O.V.* Matematicheskaya model' ocenki kompetentnosti studenta vuza s uchetom trebovanij rynka truda // Internet-zhurnal Naukovedenie. – 2012. – № 3 (12). – S. 45.
12. *Sangova M.O., Gimatdinova E.M.* Matematicheskaya model' ocenivaniya professional'nyh kachestv studentov, obuchayushchihsya v institutah grazhdanskoj aviacii po napravleniyu «poiskovoe i avarijno-spasatel'noe obespechenie» // Nauchnyj elektronnyj zhurnal «Meridian». – 2020. – № 15 (49). – S. 213–215.

Статья поступила в редакцию: 29.01.2026

Received: 29.01.2026

Статья принята к публикации: 02.03.2026

Accepted: 02.03.2026