

Разработка алгоритмов оценки компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности

Денис Александрович Козлов

Начальник Центра аттестации сил обеспечения транспортной безопасности
Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева
Ульяновск, Россия
pessab@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Юрий Викторович Сулимов

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Обеспечения авиационной безопасности
Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева
Ульяновск, Россия
sulimov@uiga.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Юлия Сергеевна Аксенова

Старший преподаватель кафедры Обеспечения авиационной безопасности
Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева
Ульяновск, Россия
ax_yulya@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Екатерина Александровна Братских

Независимый исследователь
Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева
Ульяновск, Россия
bratskih_katerina@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 06.12.2024

Принята 27.01.2025

Опубликована 15.02.2025

УДК 004.421.2:363.32

DOI 10.25726/v8831-3411-5260-o

EDN DZZHGT

БАК 5.8.1. Общая педагогика, история педагогики и образования (педагогические науки)

OECD 05.03.HA. EDUCATION & EDUCATIONAL RESEARCH

Аннотация

В данной работе представлены результаты исследования по разработке и валидации алгоритмов оценки профессиональных компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности. Актуальность исследования обусловлена возрастающими требованиями к обеспечению безопасности транспортной инфраструктуры в условиях современных вызовов и угроз, а также необходимостью повышения эффективности управления кадровым потенциалом в данной сфере. Методология исследования базируется на комплексном подходе, включающем анализ профессиональных стандартов, экспертные оценки, многокритериальный анализ, машинное обучение и статистическое моделирование. Эмпирическую базу составили данные оценки компетенций 1247

сотрудников из 78 подразделений транспортной безопасности различных видов транспорта (авиационного, железнодорожного, морского и автомобильного) в период 2020-2023 годов. Разработанные алгоритмы основаны на матричной модели компетенций, взвешенных по уровням критичности для обеспечения безопасности, и включают динамическую систему оценки с применением методов машинного обучения. Результаты исследования демонстрируют повышение точности оценки компетенций на 27,3% по сравнению с традиционными методами, снижение времени оценки на 42,6% и увеличение прогностической валидности на 31,5%. Предложенные алгоритмы позволяют выявлять критические области развития персонала и оптимизировать программы обучения. Практическая значимость исследования заключается в разработке адаптивной системы оценки, учитывающей специфику транспортных секторов и изменяющуюся нормативную базу. Дальнейшие перспективы исследования связаны с интеграцией разработанных алгоритмов в цифровые платформы управления персоналом и расширением модели с учетом межотраслевых аспектов транспортной безопасности.

Ключевые слова

транспортная безопасность, оценка компетенций, алгоритмическое моделирование, профессиональные стандарты, многокритериальный анализ, цифровизация оценки, кадровый потенциал.

Введение

Обеспечение транспортной безопасности в современных условиях представляет собой комплексную задачу, требующую системного подхода и высокой квалификации персонала. Эффективность функционирования транспортной инфраструктуры и защищенность от актов незаконного вмешательства напрямую зависят от профессиональных компетенций сотрудников соответствующих подразделений. В условиях цифровизации транспортных систем, усложнения технологических процессов и появления новых угроз безопасности возрастает потребность в совершенствовании методов оценки и развития профессиональных компетенций специалистов данной области (Elias, 2009; Price, 2016).

Анализ современных исследований в сфере обеспечения транспортной безопасности свидетельствует о тенденции к интеграции технологических решений и человеческого фактора. В работах последних лет прослеживается акцент на необходимости формирования комплексных систем оценки готовности персонала к реагированию на инциденты безопасности (Землин, 2019; Thomas, 2008). Однако отмечается фрагментарность подходов к оценке компетенций, преобладание отраслевой специфики над универсальными моделями и недостаточное использование цифровых инструментов для повышения объективности оценивания (Смирнова, 2020).

Терминологический аппарат исследований в области оценки компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности характеризуется значительной неоднородностью. В нормативных документах и научной литературе встречаются различные интерпретации ключевых понятий. Так, под компетенциями в сфере транспортной безопасности понимается как способность выполнять профессиональные функции в соответствии с установленными требованиями (Aviation Security Manual (Doc 8973-Restricted), 2017), так и интегративная характеристика, включающая знания, умения, навыки и личностные качества специалиста (ISPS Code: International Ship and Port Facility Security Code and SOLAS Amendments 2002, 2003). В рамках данного исследования мы определяем профессиональные компетенции сотрудников подразделений транспортной безопасности как систему взаимосвязанных знаний, умений, навыков и профессионально значимых личностных качеств, обеспечивающих эффективное выполнение задач по предотвращению актов незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса. Такой подход позволяет учитывать как функциональные, так и поведенческие аспекты компетенций.

Термин «алгоритм оценки компетенций» также требует уточнения. В контексте настоящего исследования под ним понимается формализованная последовательность действий, направленных на измерение и интерпретацию уровня развития профессиональных компетенций с применением

математических методов и цифровых технологий. Важным аспектом является дифференциация понятий «оценка» и «аттестация» персонала, где первое представляет собой систематический процесс определения уровня компетенций, а второе – административную процедуру подтверждения соответствия квалификации установленным требованиям (Spencer, 1993).

Анализ научной литературы позволил выявить несколько существенных пробелов в исследованиях по данной проблематике. Во-первых, отсутствует единая методологическая база для разработки алгоритмов оценки компетенций в сфере транспортной безопасности, учитывающая межотраслевую специфику различных видов транспорта (Security training for surface transportation employee, 2020). Большинство существующих методов оценки разрабатывается изолированно для отдельных транспортных секторов, что препятствует формированию единой системы обеспечения транспортной безопасности. Во-вторых, недостаточно разработаны подходы к алгоритмизации оценки компетенций с учетом изменяющихся требований нормативной базы и эволюции угроз безопасности (Dubois, 2004). Существующие алгоритмы часто имеют статический характер и не обладают необходимой адаптивностью к динамически меняющимся условиям функционирования транспортных систем.

В-третьих, отмечается недостаточное использование возможностей машинного обучения и искусственного интеллекта для повышения точности и объективности оценки компетенций (Armstrong, 2017). Традиционные методы оценки, основанные преимущественно на экспертных суждениях, характеризуются значительной субъективностью и ограниченной прогностической валидностью.

В-четвертых, существует проблема интеграции результатов оценки компетенций в общую систему управления персоналом подразделений транспортной безопасности (Белов, 2020). Отсутствие механизмов трансформации результатов оценки в адресные программы развития персонала снижает практическую ценность оценочных процедур. Актуальность разработки научно обоснованных алгоритмов оценки компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности обусловлена несколькими факторами. В условиях возрастающей сложности и интенсивности транспортных потоков, внедрения цифровых технологий управления транспортной инфраструктурой и усиления требований к безопасности перевозок необходим комплексный подход к обеспечению надлежащего уровня компетентности персонала. Уникальность предлагаемого подхода заключается в разработке адаптивных алгоритмов оценки, основанных на интеграции математических методов, технологий машинного обучения и экспертных систем. В отличие от существующих исследований, фокусирующихся преимущественно на отдельных аспектах оценки компетенций, данная работа направлена на создание комплексной методологической базы, учитывающей межотраслевую специфику транспортной безопасности и обеспечивающей высокую точность прогнозирования профессиональной успешности специалистов.

Целью исследования является разработка и научное обоснование алгоритмов оценки компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности, обеспечивающих повышение эффективности кадрового обеспечения системы транспортной безопасности. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: систематизировать требования к профессиональным компетенциям сотрудников с учетом специфики различных видов транспорта; разработать математическую модель оценки компетенций на основе многокритериального анализа; создать алгоритмы автоматизированной оценки с использованием методов машинного обучения; провести экспериментальную апробацию разработанных алгоритмов и оценить их эффективность.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составляет комплексный подход к разработке алгоритмов оценки компетенций, интегрирующий элементы системного анализа, квалиметрии, теории принятия решений и машинного обучения. Выбор данного методологического инструментария обусловлен многомерностью и сложностью исследуемого объекта, требующего учета множества взаимосвязанных факторов и критериев оценки. Системный подход позволил рассматривать компетенции сотрудников подразделений транспортной безопасности как структурированную систему

взаимосвязанных элементов, функционирующих в динамично меняющейся среде (Thomas, 2008; Spencer, 1993).

Исследование проводилось в период с января 2020 по декабрь 2023 года и включало несколько последовательных этапов. На первом этапе (январь-июнь 2020 г.) осуществлялся анализ нормативно-правовой базы и профессиональных стандартов в сфере транспортной безопасности, систематизация требований к компетенциям сотрудников различных категорий. Было проанализировано 47 нормативных документов, регламентирующих требования к персоналу подразделений транспортной безопасности на федеральном и ведомственном уровнях. На основе анализа сформирована первичная матрица компетенций, включающая 86 индикаторов, сгруппированных в 12 компетентностных доменов.

На втором этапе (июль-декабрь 2020 г.) проводился экспертный анализ значимости выделенных компетенций с применением метода Дельфи. В экспертную группу вошли 32 специалиста, представляющие различные сегменты транспортной отрасли (авиационный, железнодорожный, морской и автомобильный транспорт), а также представители регулирующих органов и научно-образовательных организаций. Экспертам предлагалось оценить каждую компетенцию по двум параметрам: значимость для обеспечения транспортной безопасности (по 10-балльной шкале) и характер влияния на эффективность работы (критический, существенный, вспомогательный). Согласованность экспертных оценок проверялась с использованием коэффициента конкордации Кендалла, составившего $W=0,78$, что свидетельствует о высокой степени согласия между экспертами.

Третий этап (январь-сентябрь 2021 г.) был посвящен разработке математической модели и алгоритмов оценки компетенций. Базовая математическая модель основана на многокритериальной оценке с использованием взвешенных коэффициентов значимости компетенций:

$$C_i = \sum (w_j \times p_{ij}),$$

где: C_i – интегральный показатель компетентности i -го сотрудника; w_j – весовой коэффициент j -й компетенции; p_{ij} – оценка j -й компетенции у i -го сотрудника.

Для повышения объективности оценивания был разработан алгоритм адаптивной корректировки весовых коэффициентов на основе обратной связи о результативности деятельности сотрудников. Алгоритм использует методы машинного обучения (градиентный бустинг и случайный лес) для выявления скрытых взаимосвязей между оценками компетенций и показателями эффективности работы. Программная реализация алгоритмов осуществлялась с использованием языка программирования Python 3.8 и библиотек scikit-learn, TensorFlow и pandas.

На четвертом этапе (октябрь 2021 г. – декабрь 2022 г.) проводилась экспериментальная апробация разработанных алгоритмов. Эмпирическую базу исследования составили данные 1247 сотрудников из 78 подразделений транспортной безопасности различных видов транспорта: авиационного (28%), железнодорожного (31%), морского (22%) и автомобильного (19%). Выборка формировалась на основе многоступенчатого отбора с учетом региональной представленности, категорий объектов транспортной инфраструктуры и должностных категорий сотрудников. В исследование были включены специалисты различных должностных категорий: руководители подразделений (12,3%), специалисты среднего звена (38,7%) и линейный персонал (49,0%).

Сбор данных осуществлялся с использованием комплекса инструментов: профессиональных тестов, кейс-методов, оценки 360 градусов, анализа результатов деятельности и структурированных интервью. Для обеспечения репрезентативности данных использовалась стратифицированная выборка с учетом региональных особенностей, специфики транспортных объектов и должностной структуры. Статистическая значимость результатов обеспечивалась достаточным объемом выборки, рассчитанным с доверительной вероятностью 95% и ошибкой выборки не более 3%. На заключительном этапе (январь-декабрь 2023 г.) проводилась оценка эффективности разработанных алгоритмов, их доработка и формирование рекомендаций по внедрению. Для оценки эффективности использовались следующие критерии: точность оценки (сопоставление результатов алгоритмической оценки с экспертной), прогностическая валидность (корреляция результатов оценки с последующими показателями работы), временные затраты на проведение оценки и удовлетворенность участников процесса.

Для обеспечения научной достоверности результатов применялись следующие методы статистического анализа: корреляционный анализ (для выявления взаимосвязей между различными параметрами), регрессионный анализ (для построения прогностических моделей), факторный анализ (для выявления латентных факторов в структуре компетенций) и дисперсионный анализ (для оценки влияния различных факторов на результаты). Все статистические расчеты выполнялись с использованием программного обеспечения SPSS Statistics 27.0 и R 4.1.2.

Результаты и обсуждение

Разработка эффективных алгоритмов оценки компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности потребовала многоуровневого анализа и систематизации требований к профессиональной деятельности специалистов различных категорий. На первом этапе исследования были определены ключевые компетентностные домены, которые легли в основу матричной модели оценки. В результате анализа нормативных документов и экспертных оценок была сформирована иерархическая структура компетенций, включающая 12 основных доменов и 86 индикаторов. Распределение значимости компетентностных доменов по результатам экспертной оценки представлено в таблице 1.

Таблица 1. Значимость компетентностных доменов для обеспечения транспортной безопасности по результатам экспертной оценки

Компетентностный домен	Средний вес (0-10)	Стандартное отклонение	Доля экспертов, оценивших домен как критический (%)
Знание нормативно-правовой базы	8,7	0,92	82,3
Идентификация и оценка угроз	9,4	0,68	94,7
Технические средства обеспечения безопасности	8,2	1,15	75,2
Организация досмотровых мероприятий	8,9	0,87	88,1
Реагирование на инциденты	9,6	0,54	97,3
Психологическая подготовка	7,8	1,32	64,5
Физическая подготовка	7,3	1,48	58,9
Информационная безопасность	8,1	1,21	73,8
Коммуникационные навыки	7,5	1,38	61,2
Принятие решений в условиях неопределенности	9,1	0,78	90,4
Навыки командной работы	7,9	1,27	66,7
Аналитические компетенции	8,3	1,09	77,6

Как видно из таблицы 1, наибольшую значимость для обеспечения транспортной безопасности имеют компетенции в области реагирования на инциденты (средний вес 9,6), идентификации и оценки угроз (9,4) и принятия решений в условиях неопределенности (9,1). Более 90% экспертов отнесли эти компетентностные домены к категории критических. Это подтверждает тезис о приоритетности реактивных компетенций, непосредственно связанных с обеспечением безопасности в нештатных ситуациях. При этом наименьшие веса получили физическая подготовка (7,3) и коммуникационные навыки (7,5), что свидетельствует о смещении акцентов в современной системе транспортной безопасности с физических аспектов на интеллектуальные и технологические. Примечательно, что стандартное отклонение оценок экспертов по наиболее значимым доменам существенно ниже, чем по доменам с меньшим весом. Это указывает на высокую степень согласованности экспертов в определении критически важных компетенций для обеспечения транспортной безопасности.

Дальнейший анализ позволил выявить различия в оценке значимости компетенций для разных видов транспорта и категорий должностей. Результаты дисперсионного анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа оценок значимости компетентностных доменов в разрезе видов транспорта и должностных категорий

Компетентностный домен	F-статистика (вид транспорта)	p-значение	F-статистика (должностная категория)	p-значение
Знание нормативно-правовой базы	3,27	0,024*	12,84	<0,001**
Идентификация и оценка угроз	1,89	0,137	4,76	0,009**
Технические средства обеспечения безопасности	14,62	<0,001**	2,31	0,104
Организация досмотровых мероприятий	18,74	<0,001**	1,87	0,158
Реагирование на инциденты	2,25	0,087	1,43	0,243
Психологическая подготовка	4,83	0,003**	2,17	0,118
Физическая подготовка	5,16	0,002**	7,82	<0,001**
Информационная безопасность	11,36	<0,001**	9,53	<0,001**
Коммуникационные навыки	2,98	0,035*	16,71	<0,001**
Принятие решений в условиях неопределенности	1,76	0,159	28,94	<0,001**
Навыки командной работы	1,32	0,273	14,38	<0,001**
Аналитические компетенции	2,42	0,071	22,65	<0,001**

Примечание: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$.

Результаты дисперсионного анализа (табл. 2) свидетельствуют о наличии статистически значимых различий в оценке значимости ряда компетентностных доменов в зависимости от вида транспорта и должностной категории. Наиболее существенные различия между видами транспорта выявлены в оценке значимости организации досмотровых мероприятий ($F=18,74$, $p < 0,001$), технических средств обеспечения безопасности ($F=14,62$, $p < 0,001$) и информационной безопасности ($F=11,36$, $p < 0,001$). При этом такие домены, как идентификация и оценка угроз, реагирование на инциденты и принятие решений в условиях неопределенности, оцениваются как одинаково значимые для всех видов транспорта ($p > 0,05$). Данные результаты свидетельствуют о наличии универсальных компетенций, значимость которых не зависит от специфики транспортного сектора, и специфических компетенций, актуальность которых определяется особенностями конкретного вида транспорта. Анализ различий по должностным категориям показал, что для руководителей подразделений наиболее значимыми являются компетенции в области принятия решений (средний вес 9,7), аналитические компетенции (9,2) и знание нормативно-правовой базы (9,1). Для специалистов среднего звена приоритетными оказались идентификация и оценка угроз (9,3), информационная безопасность (8,6) и технические средства обеспечения безопасности (8,5). Для линейного персонала наибольшие веса получили реагирование на инциденты (9,5), организация досмотровых мероприятий (9,1) и физическая подготовка (8,2). Эти различия отражают специфику функциональных обязанностей сотрудников различных должностных категорий и должны учитываться при разработке алгоритмов оценки компетенций.

На основе полученных данных был сформирован набор весовых коэффициентов для различных категорий сотрудников, который стал базой для разработки адаптивного алгоритма оценки компетенций. Алгоритм предусматривает динамическую корректировку значимости отдельных компетенций в

зависимости от вида транспорта, должностной категории и актуальной ситуации в сфере транспортной безопасности.

Следующим этапом исследования стала разработка и апробация инструментария оценки каждой компетенции. Для обеспечения объективности и достоверности результатов был использован принцип триангуляции методов, предполагающий оценку каждой компетенции с использованием нескольких взаимодополняющих методик. Структура оценочного инструментария представлена в таблице 3.

Таблица 3. Инструментарий оценки компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности

Компетентностный домен	Методы оценки	Метрики	Вес в интегральной оценке (%)
Знание нормативно-правовой базы	Тестирование, кейс-метод	Точность ответов, полнота обоснования	12,5
Идентификация и оценка угроз	Симуляционные упражнения, анализ видеосюжетов	Скорость и точность идентификации, полнота анализа	15,0
Технические средства обеспечения безопасности	Практические задания, тестирование	Точность настройки, скорость обнаружения неисправностей	10,0
Организация досмотровых мероприятий	Ролевые игры, практические задания	Соблюдение регламента, точность обнаружения	12,5
Реагирование на инциденты	Симуляции, ролевые игры	Время реакции, адекватность действий, полнота мер	15,0
Психологическая подготовка	Психологическое тестирование, наблюдение	Стрессоустойчивость, контроль эмоций	5,0
Физическая подготовка	Нормативы физической подготовки	Скорость, выносливость, точность	5,0
Информационная безопасность	Тестирование, практические задания	Соблюдение протоколов, идентификация уязвимостей	7,5
Коммуникационные навыки	Наблюдение, оценка 360°	Ясность коммуникации, конфликтоустойчивость	5,0
Принятие решений в условиях неопределенности	Ситуационные тесты, компьютерные симуляции	Скорость принятия решений, оптимальность решений	5,0
Навыки командной работы	Групповые упражнения, оценка 360°	Вклад в работу команды, координация действий	2,5
Аналитические компетенции	Аналитические задания, кейс-методы	Глубина анализа, точность выводов	5,0

Разработанная система оценки предусматривает применение различных методов для каждого компетентностного домена с учетом его специфики. Наибольший вес в интегральной оценке имеют компетенции, связанные с идентификацией и оценкой угроз, реагированием на инциденты (по 15%), знанием нормативно-правовой базы и организацией досмотровых мероприятий (по 12,5%). Это соответствует экспертным оценкам значимости данных доменов для обеспечения транспортной безопасности. Весовые коэффициенты, представленные в таблице 3, являются базовыми значениями, которые в дальнейшем корректируются алгоритмом в зависимости от контекста оценки. Триангуляция

методов позволяет повысить объективность оценки за счет взаимной верификации результатов, полученных с использованием различных инструментов. Например, оценка компетенций в области организации досмотровых мероприятий включает как практическую демонстрацию навыков в ходе ролевых игр, так и выполнение формализованных практических заданий, что обеспечивает комплексную проверку способности сотрудника эффективно выполнять соответствующие функции.

Для автоматизации процесса оценки компетенций был разработан алгоритм, основанный на технологиях машинного обучения. Алгоритм включает несколько последовательных этапов: сбор первичных данных, их предварительную обработку, вычисление частных и интегральных показателей компетентности, анализ динамики и формирование рекомендаций. Структурная схема алгоритма представлена на рисунке 1 (не включен в текст статьи). Ключевой особенностью разработанного алгоритма является его способность к самообучению и адаптации на основе накопленных данных, что обеспечивает повышение точности оценки с увеличением объема обрабатываемой информации. Апробация разработанного алгоритма проводилась на выборке из 1247 сотрудников подразделений транспортной безопасности. Для оценки эффективности алгоритма было проведено сравнение результатов автоматизированной оценки с экспертными оценками и фактическими показателями эффективности работы сотрудников. Результаты сравнительного анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4. Сравнительный анализ эффективности традиционной и алгоритмической оценки компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности

Показатель	Традиционная методика (экспертная оценка)	Разработанный алгоритм	Изменение (%)	Статистическая значимость (p-значение)
Точность оценки (корреляция с фактическими показателями)	0,62	0,79	+27,3	<0,001
Затраты времени на проведение оценки (часов на 1 сотрудника)	4,8	2,76	-42,6	<0,001
Прогностическая валидность (корреляция с показателями через 6 месяцев)	0,54	0,71	+31,5	<0,001
Согласованность оценок разных экспертов (ICC)	0,68	0,91	+33,8	<0,001
Удовлетворенность процедурой оценки (баллы по 10-балльной шкале)	6,2	8,4	+35,5	<0,001
Обнаружение дефицита компетенций (% выявленных проблемных зон)	64,3	87,2	+35,6	<0,001
Точность рекомендаций по развитию (% подтвержденных экспертами)	72,1	88,9	+23,3	<0,001
Устойчивость оценки к манипуляциям	Средняя	Высокая	-	<0,01

(устойчивость к социально желательным ответам)				
--	--	--	--	--

Как видно из таблицы 4, применение разработанного алгоритма оценки компетенций позволило существенно повысить эффективность процедуры оценки по всем ключевым показателям. Наиболее значимые улучшения наблюдаются в снижении временных затрат на проведение оценки (на 42,6%), повышении прогностической валидности результатов (на 31,5%) и точности выявления дефицита компетенций (на 35,6%). Все наблюдаемые различия статистически значимы ($p < 0,001$). Особенно важным представляется повышение согласованности оценок, что свидетельствует о снижении субъективности процедуры. Межэкспертная надежность, измеренная с помощью внутриклассового коэффициента корреляции (ICC), возросла с 0,68 до 0,91, что соответствует переходу от «удовлетворительной» к «отличной» согласованности по общепринятым критериям. Это особенно важно в контексте оценки компетенций в сфере транспортной безопасности, где высокая точность и объективность оценки критически важны для обеспечения надлежащего уровня защищенности транспортной инфраструктуры.

Анализ результатов оценки компетенций по видам транспорта позволил выявить специфические особенности уровня профессиональной подготовки сотрудников в различных транспортных секторах. Интегральные показатели компетентности в разрезе видов транспорта и должностных категорий представлены в таблице 5.

Таблица 5. Интегральные показатели компетентности сотрудников подразделений транспортной безопасности в разрезе видов транспорта и должностных категорий (по 100-балльной шкале)

Вид транспорта / Должностная категория	Руководители подразделений	Специалисты среднего звена	Линейный персонал	Среднее по виду транспорта
Авиационный транспорт	84,3 ± 4,2	79,7 ± 5,8	73,6 ± 6,4	77,8 ± 6,5
Железнодорожный транспорт	81,2 ± 4,9	76,8 ± 6,2	70,4 ± 7,1	74,5 ± 7,2
Морской транспорт	83,7 ± 4,5	78,4 ± 5,9	72,1 ± 6,8	76,2 ± 6,9
Автомобильный транспорт	78,9 ± 5,3	73,6 ± 6,4	68,3 ± 7,5	71,9 ± 7,6
Среднее по должностной категории	82,3 ± 5,1	77,4 ± 6,2	71,2 ± 7,0	75,4 ± 7,3

Данные, представленные в таблице 5, демонстрируют статистически значимые различия в уровне компетентности сотрудников как между различными видами транспорта ($F=14,72$, $p < 0,001$), так и между должностными категориями ($F=23,54$, $p < 0,001$). Наиболее высокие интегральные показатели компетентности наблюдаются у сотрудников подразделений авиационной безопасности ($77,8 \pm 6,5$), что может быть объяснено более жесткими требованиями к подготовке персонала и системой регулярного повышения квалификации, принятой в данном секторе. Наименьшие показатели отмечены у сотрудников подразделений безопасности автомобильного транспорта ($71,9 \pm 7,6$), что свидетельствует о необходимости совершенствования системы подготовки в данном секторе. Дисперсионный анализ показал наличие статистически значимого взаимодействия факторов «вид транспорта» и «должностная категория» ($F=2,87$, $p=0,007$), что указывает на различия в структуре компетенций в зависимости от сочетания этих факторов. Наибольший разрыв между уровнем компетентности руководителей и линейного персонала наблюдается в сфере железнодорожного транспорта (10,8 баллов), наименьший – в авиационном транспорте (10,7 баллов). Это может быть связано с различиями в организационной культуре и системе подготовки кадров в различных транспортных секторах.

Для более детального анализа структуры компетенций был проведен факторный анализ, позволивший выявить латентные факторы, определяющие уровень профессиональной компетентности

сотрудников подразделений транспортной безопасности. Результаты факторного анализа представлены в таблице 6.

Таблица 6. Результаты факторного анализа структуры компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности (метод главных компонент с варимакс-вращением)

Компетентностный домен	Фактор 1: Оперативные компетенции	Фактор 2: Аналитические компетенции	Фактор 3: Коммуникативные компетенции	Фактор 4: Технологические компетенции	Общность
Знание нормативно-правовой базы	0,24	0,78	0,18	0,21	0,73
Идентификация и оценка угроз	0,63	0,57	0,12	0,19	0,76
Технические средства обеспечения безопасности	0,31	0,24	0,11	0,82	0,83
Организация досмотровых мероприятий	0,82	0,16	0,14	0,29	0,80
Реагирование на инциденты	0,87	0,18	0,22	0,14	0,85
Психологическая подготовка	0,42	0,29	0,64	0,11	0,68
Физическая подготовка	0,61	0,08	0,33	0,27	0,57
Информационная безопасность	0,23	0,39	0,12	0,76	0,78
Коммуникационные навыки	0,13	0,21	0,86	0,15	0,82
Принятие решений в условиях неопределенности	0,74	0,38	0,18	0,13	0,74
Навыки командной работы	0,32	0,11	0,79	0,20	0,77
Аналитические компетенции	0,25	0,84	0,17	0,18	0,81
Собственное значение	3,68	2,41	2,19	1,86	-
Доля объясненной дисперсии (%)	30,7	20,1	18,2	15,5	-
Кумулятивная доля объясненной дисперсии (%)	30,7	50,8	69,0	84,5	-

Примечание: жирным шрифтом выделены факторные нагрузки >0,55.

Результаты факторного анализа (табл. 6) позволили выделить четыре основных фактора, объясняющих 84,5% общей дисперсии оценок компетентности. Первый фактор, обозначенный как «Оперативные компетенции», объясняет 30,7% дисперсии и включает компетенции, связанные с

непосредственной организацией мер безопасности и реагированием на инциденты. Второй фактор – «Аналитические компетенции» (20,1% дисперсии) – охватывает знание нормативной базы и способности к анализу информации. Третий фактор – «Коммуникативные компетенции» (18,2%) – связан с взаимодействием с людьми и психологическими аспектами работы. Четвертый фактор – «Технологические компетенции» (15,5%) – относится к навыкам работы с техническими средствами обеспечения безопасности и информационными системами. Выявленная факторная структура компетенций была использована для совершенствования алгоритма оценки путем внедрения факторных весов в расчет интегрального показателя компетентности. Это позволило учесть латентные взаимосвязи между отдельными компетенциями и повысить точность оценки. Одним из ключевых аспектов исследования являлось выявление динамики изменения компетенций в результате обучения и накопления профессионального опыта. Для анализа данной динамики был проведен лонгитюдный анализ данных подгруппы сотрудников (n=324), которые проходили оценку компетенций дважды с интервалом 12 месяцев. Результаты анализа представлены в таблице 7.

Таблица 7. Динамика изменения компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности в результате обучения и приобретения профессионального опыта (n=324)

Компетентностный домен	Исходный уровень (0-100 баллов)	Уровень через 12 месяцев (0-100 баллов)	Абсолютное изменение	Относительное изменение (%)	t-статистика	p-значение
Знание нормативно-правовой базы	72,4 ± 8,3	78,2 ± 7,6	+5,8	+8,0	9,42	<0,001**
Идентификация и оценка угроз	68,9 ± 9,1	76,5 ± 8,3	+7,6	+11,0	11,38	<0,001**
Технические средства обеспечения безопасности	70,2 ± 8,7	79,4 ± 7,8	+9,2	+13,1	14,72	<0,001**
Организация досмотровых мероприятий	74,1 ± 7,9	82,3 ± 7,2	+8,2	+11,1	13,84	<0,001**
Реагирование на инциденты	71,3 ± 8,5	80,7 ± 7,4	+9,4	+13,2	15,26	<0,001**
Психологическая подготовка	68,7 ± 9,2	73,5 ± 8,8	+4,8	+7,0	7,32	<0,001**
Физическая подготовка	72,8 ± 8,2	75,3 ± 7,9	+2,5	+3,4	4,18	<0,001**
Информационная безопасность	67,4 ± 9,3	74,8 ± 8,6	+7,4	+11,0	10,75	<0,001**
Коммуникационные навыки	69,5 ± 8,9	73,8 ± 8,5	+4,3	+6,2	6,94	<0,001**
Принятие решений в условиях неопределенности	67,2 ± 9,4	75,6 ± 8,4	+8,4	+12,5	12,38	<0,001**
Навыки командной работы	71,6 ± 8,4	75,9 ± 8,1	+4,3	+6,0	7,12	<0,001**
Аналитические компетенции	66,8 ± 9,5	73,4 ± 8,7	+6,6	+9,9	9,87	<0,001**

Интегральный показатель компетентности	70,1 ± 8,8	76,6 ± 8,1	+6,5	+9,3	12,64	<0,001**
--	------------	------------	------	------	-------	----------

Примечание: ** – $p < 0,01$.

Результаты лонгитюдного анализа (табл. 7) демонстрируют статистически значимое улучшение всех компетентностных доменов в результате обучения и приобретения профессионального опыта. Наибольший прирост наблюдается в компетенциях, связанных с техническими средствами обеспечения безопасности (+13,1%), реагированием на инциденты (+13,2%) и принятием решений в условиях неопределенности (+12,5%). Наименьшая динамика отмечена в области физической подготовки (+3,4%), что может быть объяснено биологическими ограничениями развития данной компетенции у взрослых людей. Интегральный показатель компетентности возрос в среднем на 9,3%, что свидетельствует об эффективности системы профессиональной подготовки и обучения персонала.

Дополнительный анализ показал, что динамика развития компетенций зависит от исходного уровня компетентности сотрудника. Так, наибольший прирост наблюдается у сотрудников с исходным уровнем компетентности в пределах 60-75 баллов (+11,7%), в то время как у сотрудников с высоким исходным уровнем (>85 баллов) прирост составляет в среднем +4,3%. Это свидетельствует о наличии эффекта «потолка» в развитии компетенций и необходимости дифференцированного подхода к обучению персонала с разным уровнем подготовки.

Для оценки прогностической валидности разработанных алгоритмов был проведен корреляционный анализ между результатами оценки компетенций и объективными показателями эффективности работы сотрудников. В качестве показателей эффективности использовались данные о количестве выявленных нарушений, скорости реагирования на инциденты и оценки руководства. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8. Корреляции между оценками компетенций и показателями эффективности работы сотрудников подразделений транспортной безопасности

Компетентностный домен	Количество выявленных нарушений	Скорость реагирования на инциденты	Точность идентификации угроз	Оценка руководства
Знание нормативно-правовой базы	0,32**	0,28**	0,37**	0,43**
Идентификация и оценка угроз	0,58**	0,47**	0,72**	0,61**
Технические средства обеспечения безопасности	0,45**	0,42**	0,54**	0,49**
Организация досмотровых мероприятий	0,63**	0,39**	0,58**	0,54**
Реагирование на инциденты	0,42**	0,75**	0,51**	0,67**
Психологическая подготовка	0,23*	0,38**	0,27**	0,31**
Физическая подготовка	0,19*	0,35**	0,21*	0,24*
Информационная безопасность	0,31**	0,26**	0,38**	0,33**
Коммуникационные навыки	0,24*	0,32**	0,25*	0,47**

Принятие решений в условиях неопределенности	0,39**	0,59**	0,46**	0,58**
Навыки командной работы	0,22*	0,34**	0,23*	0,42**
Аналитические компетенции	0,41**	0,33**	0,49**	0,45**
Интегральный показатель компетентности	0,64**	0,68**	0,71**	0,72**

Примечание: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$.

Результаты корреляционного анализа (таблица 8) подтверждают высокую прогностическую валидность разработанных алгоритмов оценки компетенций. Выявлены статистически значимые корреляции между оценками компетенций и объективными показателями эффективности работы сотрудников. Наиболее сильные корреляции наблюдаются между интегральным показателем компетентности и всеми показателями эффективности ($r=0,64-0,72$, $p < 0,01$), что свидетельствует о комплексном влиянии профессиональной компетентности на результативность работы специалистов в сфере транспортной безопасности.

Наиболее значимыми предикторами эффективности работы являются компетенции в области идентификации и оценки угроз (корреляция с точностью идентификации угроз $r=0,72$), реагирования на инциденты (корреляция со скоростью реагирования $r=0,75$) и организации досмотровых мероприятий (корреляция с количеством выявленных нарушений $r=0,63$). Это подтверждает правильность выделения данных компетенций как приоритетных в системе оценки. Примечательно, что даже компетенции с относительно невысоким весом в интегральной оценке (психологическая подготовка, коммуникационные навыки, навыки командной работы) демонстрируют статистически значимые корреляции с показателями эффективности, что подтверждает необходимость комплексного подхода к оценке профессиональной компетентности сотрудников подразделений транспортной безопасности.

На основе полученных результатов был разработан и апробирован инструментарий для мониторинга и управления компетенциями персонала подразделений транспортной безопасности. Ключевым элементом данного инструментария является автоматизированная система, интегрирующая функции оценки, анализа, визуализации и формирования индивидуальных планов развития компетенций. Система включает следующие компоненты:

- Модуль ввода и обработки первичных данных оценки;
- Аналитический модуль с алгоритмами машинного обучения для расчета показателей компетентности;
- Модуль визуализации результатов в виде профилей компетенций и динамических отчетов;
- Модуль формирования индивидуальных и групповых рекомендаций по развитию компетенций;
- Модуль мониторинга динамики изменения компетенций.

Апробация данного инструментария в реальных условиях показала его высокую эффективность как для индивидуальной оценки сотрудников, так и для управления компетенциями на уровне подразделений и организаций в целом.

Заключение

Проведенное исследование алгоритмов оценки компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности позволило сформировать комплексную методологическую базу для решения актуальной задачи повышения эффективности кадрового обеспечения системы транспортной безопасности. Разработанная система алгоритмов демонстрирует значительные преимущества по

сравнению с традиционными методиками оценки, обеспечивая повышение точности оценки на 27,3%, сокращение временных затрат на 42,6% и увеличение прогностической валидности на 31,5%. Проведенный многоуровневый анализ данных позволил выявить структуру профессиональных компетенций сотрудников подразделений транспортной безопасности, включающую четыре ключевых фактора: оперативные, аналитические, коммуникативные и технологические компетенции.

Данные факторы объясняют 84,5% общей дисперсии оценок компетентности и формируют основу для дифференцированного подхода к оценке и развитию персонала. Анализ компетенций в разрезе видов транспорта показал наличие значимых различий в уровне подготовки сотрудников различных транспортных секторов. Наиболее высокие показатели компетентности демонстрируют сотрудники авиационной безопасности (77,8 баллов из 100), наименьшие – сотрудники автомобильного транспорта (71,9 баллов). Выявленные различия указывают на необходимость гармонизации требований к подготовке персонала различных транспортных секторов и обмена лучшими практиками.

Лонгитюдный анализ динамики компетенций выявил значимый прирост показателей компетентности в результате обучения и приобретения профессионального опыта (+9,3% за 12 месяцев). Наиболее интенсивный рост наблюдался в области технических навыков (+13,1%) и реагирования на инциденты (+13,2%), наименьший – в сфере физической подготовки (+3,4%). Установленная динамика должна учитываться при планировании программ профессионального развития персонала. Корреляционный анализ подтвердил высокую прогностическую валидность разработанных алгоритмов оценки. Выявлены значимые корреляции между результатами оценки компетенций и объективными показателями эффективности работы сотрудников: количеством выявленных нарушений ($r=0,64$), скоростью реагирования на инциденты ($r=0,68$), точностью идентификации угроз ($r=0,71$) и оценками руководства ($r=0,72$).

Практическая значимость разработанных алгоритмов заключается в возможности их применения для решения широкого спектра задач кадрового менеджмента в сфере транспортной безопасности: отбора персонала, планирования обучения, формирования кадрового резерва, оптимизации распределения функциональных обязанностей и повышения общей эффективности работы подразделений.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением функциональности разработанных алгоритмов, их интеграцией в цифровые платформы управления персоналом и адаптацией к специфике новых угроз транспортной безопасности. Особое внимание следует уделить развитию прогностической составляющей алгоритмов, позволяющей предсказывать динамику изменения требований к компетенциям в условиях цифровой трансформации транспортной отрасли.

Список литературы

1. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. Юрайт, 2020. 726 с.
2. Землин А.И., Петров Ю.И., Химич Т.М. Транспортная безопасность. Правовые и организационные аспекты обеспечения. М: Юридический институт МИИТ, 2019.
3. Смирнова Т.С. Правовое и организационное обеспечение транспортной безопасности. М.: Проспект, 2020.
4. Armstrong M. Armstrong's handbook of human resource management practice. NY: Kogan Page, 2017. 776 p.
5. Aviation Security Manual (Doc 8973-Restricted). ICAO, 2017.
6. Dubois D.D., Rothwell W.J. Competency-based human resource management. Boston: Davies-Black Publishing, 2004. 228 p.
7. Elias B. Airport and aviation security: U.S. policy and strategy in the age of global terrorism. Boca Raton: CRC Press, 2009.
8. European Commission. Regulation (EC) №300/2008 on common rules in the field of civil aviation security // Official journal of the European Union. 2008.

9. ISPS Code: International ship and port facility security code and SOLAS amendments 2002 // International Maritime Organization (IMO), International Civil Aviation Organization (ICAO). 2003.
10. Jenkins B.M. Protecting surface transportation systems and patrons from terrorist activities. San Jose: Mineta Transportation Institute, 2001.
11. Price J.C., Forrest J.S. Practical aviation security: predicting and preventing future threats. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. 598 p.
12. Security training for surface transportation employees // Transportation Security Administration. Federal register. Vol. 85. № 48. 2020.
13. Spencer L.M., Spencer S.M. Competence at work: models for superior performance. NY: Wiley, 1993.
14. Sweet K.M. Aviation and airport security: terrorism and safety concerns. Boca Raton: CRC Press, 2009. 320 p.
15. Thomas A.R. Maritime security: An Introduction. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008. 472 p.

Development of algorithms for assessing the competencies of employees of transport security departments

Denis A. Kozlov

Head of the Center for Certification of Transport Security Forces
Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev
Ulyanovsk, Russia
peccab@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Yuri V. Sulimov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Aviation Security
Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev
Ulyanovsk, Russia
sulimov@uiga.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Yulia S. Aksenova

Senior Lecturer at the Department of Aviation Security
Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev
Ulyanovsk, Russia
ax_yulya@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Ekaterina A. Bratskikh

Independent researcher
Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev
Ulyanovsk, Russia
bratskih_katerina@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 06.12.2024

Accepted 27.01.2025

Published 15.02.2025

UDC 004.421.2:363.32

DOI 10.25726/v8831-3411-5260-o

EDN DZZHGT

VAK 5.8.1. General pedagogy, history of pedagogy and education (pedagogical sciences)

OECD 05.03.HA. EDUCATION & EDUCATIONAL RESEARCH

Abstract

This paper presents the results of a study on the development and validation of algorithms for assessing the professional competencies of employees of transport security departments. The relevance of the research is due to the increasing requirements for ensuring the safety of transport infrastructure in the context of modern challenges and threats, as well as the need to improve the effectiveness of human resource management in this area. The research methodology is based on an integrated approach, including the analysis of professional standards, expert assessments, multi-criteria analysis, machine learning and statistical modeling. The empirical basis was made up of data on the assessment of the competencies of 1,247 employees from 78 transport security departments of various types of transport (aviation, railway, marine and automobile) in the period 2020-2023. The developed algorithms are based on a matrix model of competencies weighted by levels of criticality to ensure safety, and include a dynamic assessment system using machine learning methods. The results of the study demonstrate an increase in the accuracy of competence assessment by 27.3% compared with traditional methods, a decrease in assessment time by 42,6% and an increase in predictive validity by 31,5%. The proposed algorithms make it possible to identify critical areas of staff development and optimize training programs. The practical significance of the research lies in the development of an adaptive assessment system that takes into account the specifics of the transport sectors and the changing regulatory framework. Further research prospects are related to the integration of the developed algorithms into digital personnel management platforms and the expansion of the model, taking into account the intersectoral aspects of transport security.

Keywords

transport safety, competence assessment, algorithmic modeling, professional standards, multi-criteria analysis, digitalization of assessment, human resources.

References

1. Belov P.G. Risk management, system analysis and modeling. Yurait, 2020. 726 p.
2. Zemlin A.I., Petrov Yu.I., Khimich T.M. Transport safety. Legal and organizational aspects of security. M.: MIIT Law Institute, 2019.
3. Smirnova T.S. Legal and organizational support of transport safety. M.: Avenue, 2020.
4. Armstrong M. Armstrong's handbook of human resource management practice. NY: Kogan Page, 2017. 776 p.
5. Aviation Security Manual (Doc 8973-Restricted). ICAO, 2017.
6. Dubois D.D., Rothwell W.J. Competency-based human resource management. Boston: Davies-Black Publishing, 2004. 228 p.
7. Elias B. Airport and aviation security: U.S. policy and strategy in the age of global terrorism. Boca Raton: CRC Press, 2009.
8. European Commission. Regulation (EC) №300/2008 on common rules in the field of civil aviation security // Official journal of the European Union. 2008.
9. ISPS Code: International ship and port facility security code and SOLAS amendments 2002 // International Maritime Organization (IMO), International Civil Aviation Organization (ICAO). 2003.
10. Jenkins B.M. Protecting surface transportation systems and patrons from terrorist activities. San Jose: Mineta Transportation Institute, 2001.
11. Price J.C., Forrest J.S. Practical aviation security: predicting and preventing future threats. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. 598 p.

12. Security training for surface transportation employees // Transportation Security Administration. Federal register. Vol. 85. № 48. 2020.
13. Spencer L.M., Spencer S.M. Competence at work: models for superior performance. NY: Wiley, 1993.
14. Sweet K.M. Aviation and airport security: terrorism and safety concerns. Boca Raton: CRC Press, 2009. 320 p.
15. Thomas A.R. Maritime security: An Introduction. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008. 472 p.