

УДК 378.14:007:664; 008; 57.08 (Высшее образование. Организация учебной работы / Деятельность и организация. Общая теория информации, связи и управления (кибернетика), включая деятельность человека / Пищевая промышленность в целом / Цивилизация. Культура. Прогресс / Биологические методы, материалы и оборудование)

**ФОРМИРОВАНИЕ БИОЦИФРОВОГО ИММУНИТЕТА ЭКСПЕРТА
В СИСТЕМЕ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «FOOD INTEGRITY»:
ПАРАДИГМА ПРЕДИКТИВНОЙ ДИДАКТИКИ**

© 2026 Г.Э. Бахтадзе¹, С.А. Хуршудян², Н.С. Пряничникова²

*Бахтадзе Гия Эдуардович, кандидат юридических наук,
доцент кафедры уголовного права и процесса*

E-mail: bagied@mail.ru

*Хуршудян Сергей Азатович, доктор технических наук,
профессор, старший научный сотрудник*

E-mail: xca020149@rambler.ru

*Пряничникова Наталья Сергеевна, доктор технических наук,
заместитель директора по научной работе*

E-mail: n_pryanichnikova@vnimi.org

¹Санкт-Петербургский юридический институт
Санкт-Петербург, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт
молочной промышленности
Москва, Россия

Статья поступила в редакцию 12.04.2026

В представленной статье анализируется трансформация подходов к профессиональной подготовке и повышению квалификации экспертных кадров для пищевой индустрии. Данный процесс рассматривается как неизбежный ответ на возникшие риски «алгоритмической фальсификации», при которой состав продукта подбирается с помощью специальных математических моделей и компьютерных программ, молекулярной мимикрии сырья, ставших, по сути, ключевым технологическим вызовом для безопасности рынка пищевых продуктов в условиях инновационного развития пищевой индустрии. Авторы аргументируют необходимость перехода от репродуктивных моделей обучения, ограниченных простым копированием стандартных методик детекции, к парадигме предиктивной дидактики. Эта система нацелена на опережающее формирование у экспертов навыков выявления угроз подлинности пищевых продуктов. Методологический аппарат исследования базируется на принципах кибернетики второго порядка. В рамках этого подхода обучение фокусируется на рефлексивном самоанализе исследователем собственных познавательных процессов, что позволяет своевременно идентифицировать и минимизировать персональные когнитивные искажения при оценке рисков. В работе сформулирована педагогическая концепция «биоцифрового иммунитета» — специфической компетенции, объединяющей аналитическую интуицию и навыки работы в конвергентных NBIC-средах, представляющих собой междисциплинарную область на стыке нано-, био-, информационных и когнитивных технологий. В качестве практического решения предложена архитектура опережающего образования «Food Integrity», интегрирующая методы имитационного моделирования рисков (Red Teaming) и инверсивного биоинжиниринга. Особое внимание уделено математической модели на основе Байесовского анализа, предназначенной для верификации авторского индекса когнитивной готовности (Cognitive Readiness Index, CRI). Данный показатель отражает способность эксперта эффективно действовать в условиях «молекулярного шума» — специфической информационной неопределённости, порождаемой сложностью биохимических матриц и применением маскирующих агентов. Теоретическая значимость работы заключается в создании модели обучения, адаптированной к анализу сверхсложных систем, что критически важно для защиты интересов потребителей в эпоху развития синтетической биологии.

Ключевые слова: опережающее профессиональное образование, биоцифровой иммунитет, предиктивная дидактика, Food Integrity, подлинность пищевой продукции, кибернетика второго порядка, NBIC-конвергенция, Red Teaming, индекс когнитивной готовности (CRI), алгоритмическая фальсификация

DOI: 10.37313/2413-9645-2026-28-107-8-17

EDN: VQQTGT

Введение. Педагогические вызовы технологической сингулярности. В рамках текущего технологического цикла разрыв между экспоненциальным совершенствованием методов фальсификации и объективной инертностью образовательных систем достиг критической отметки. Ключевой педагогический вызов сегодня детерминирован лагом между нелинейной динамикой высокотехнологического знания и линейным характером традиционных образовательных траекторий. Мы наблюдаем парадоксальную ситуацию, при которой срок легитимности специальных компетенций становится короче, чем сам период их планового формирования. Практическим воплощением этой коллизии выступает агрессивное внедрение методов CRISPR-редактирования (высокоточного изменения геномных последовательностей для имитации ДНК-маркеров элитных сортов) и изотопной инженерии. Последняя, позволяя искусственно менять соотношения стабильных изотопов, фактически обнуляет эффективность классических подходов к идентификации географического происхождения сырья. В условиях подобной «молекулярной мимикрии» традиционный контроль качества, нацеленный на поиск упрощённых химических маркеров, стремительно утрачивает актуальность. Это трансформирует биохимические методы фальсификации из чисто технологической проблемы в дидактический вызов, требующий пересмотра самого содержания и методов профессиональной подготовки экспертов, а значит, диктует необходимость решительного перехода к предиктивным моделям анализа и обучения. Неслучайно в международной практике 2024 г. С. Байеном с соавторами был предложен гармонизированный подход к валидации маркеров аутентичности, учитывающий эти новые реалии фальсификации [Bayen S. et al., art. 104550]. Подчёркивая значимость данного вектора, Дж. Спинк с соавторами указывает на то, что глубина современных угроз требует концептуального сдвига: от простой детекции — к комплексному системному анализу фундаментальных уязвимостей, сопряжённому с разработкой многофакторной модели оценки рисков и угроз [Spink J. et al.]. Развивая этот тезис, настоящее исследование предлагает решение обозначенной проблемы через проектирование опережающей образовательной модели, формирующей готовность эксперта к работе с так называемыми неизвестными, неочевидными угрозами (Unknown Unknowns), которые не имеют исторических прецедентов и принципиально не заложены в текущие алгоритмы контроля. В условиях тотальной «молекулярной мимикрии» задача обучения смещается с распознавания конкретных веществ на развитие способности эксперта идентифицировать системные аномалии в сверхсложных биохимических матрицах. Методологический подход нашей работы базируется на конвергентном синтезе. Он объединяет проектирование инновационных систем образования и принципы кибернетического управления когнитивными процессами. Подобный междисциплинарный подход нацелен на формирование новой профессиональной культуры «пищевой целостности» и развитие навыков биохимической верификации в условиях жёстких вызовов со стороны современной синтетической биологии.

История вопроса. Теоретические предпосылки и эволюция подходов. Безусловно, система профессиональной подготовки и повышения квалификации отраслевых экспертных кадров в области обеспечения качества пищевой продукции имеет глубокие исторические корни. В отечественной науке фундаментальные основы верификации подлинности товаров были заложены ещё в XIX в. в рамках классических школ товароведения и гигиены питания, сформированных благодаря трудам А.П. Доброславина (1842–1889), Я.Я. Никитинского (1854–1924) и Ф.Ф. Эрисмана (1842–1915), чей вклад подробно освещён в исследованиях Г.Г. Жариковой и О.М. Микаиловой с соавторами [Жарикова Г.Г.; Микаилова О.М.]. При этом историко-правовые аспекты российского нормативного регулирования в данной сфере, уходящие корнями в X в. и осознаваемые как острая общественная проблема ещё с середины XVII в., получили детальное освещение в новейших исследованиях П.Н. Потапова и В.И. Сургутскова, представивших комплексный ретроспективный анализ этой тематики [Потапов П.Н., Сургутсков В.И.]. Важной вехой в этом процессе стал рубеж XIX – XX вв. В этот период на смену традиционным способам подделки пришли новые формы промышленной фальсификации, основанные на массовом применении суррогатов и искусственных сладких веществ, что, как отмечает Г.А. Жолобова, потребовало от государства формирования принципиально иных регуляторных механизмов, направленных в первую очередь на защиту его фискальных интересов [Жолобова Г.А., с. 17]. При этом архивные данные свидетельствуют о критическом уровне фальсификации повседневного рациона городского населения, где использование суррогатов стало массовым явлением, диктующим необходимость

жёсткого санитарного контроля. К.Е. Балдин прав, когда поясняет, что на рубеже XIX—XX вв. «скудное и некачественное питание большинства рабочих <...> затрагивало их больше, чем скверные условия жилья, отсутствие социального страхования по болезни, инвалидности, старости и даже низкое жалование» [Балдин К.Е., с. 8–9]. Данный контроль стал предметом изучения в диссертации Е.В. Прохоровой, поскольку ранее деятельность торгово-санитарного надзора в России не становилась объектом специального социально-исторического и медико-гигиенического анализа, необходимого для «выработки мер государственной политики, направленной на достижение продовольственной безопасности» [Прохорова Е.В., с. 7]. Однако в условиях современной «технологической гонки» между разработчиками фальсификатов и аналитиками испытательных лабораторий, когда методы фальсификации стали развиваться экспоненциально, подготовка и повышение квалификации экспертного корпуса потребовали принципиально иных подходов. Традиционная модель обучения, ориентированная на фиксацию уже известных нарушений, более не способна конкурировать со скоростью появления новых инструментов имитации подлинности сырья и продукта. Вследствие этого вектор развития профильного экспертного образования сегодня должен быть направлен на переход от репродуктивного освоения стандартных методик к формированию прогностической аналитики и адаптивных когнитивных навыков. Это подразумевает трансформацию компетенций эксперта: от простого следования алгоритмам лабораторной детекции к способности распознавать «скрытые паттерны» (цифровые и биохимические маркеры искусственно смоделированных аномалий) фальсификационных стратегий и прогнозировать новые способы маскировки фальсификата, которые ещё не описаны в профильной научной литературе и нормативной документации. В рамках этого процесса можно выделить три ключевых этапа, каждый из которых коренным образом менял требования к дидактическим моделям в отрасли.

Первый этап, охватывающий период со второй половины XX в. до начала 2010-х гг., характеризовался доминированием детерминированного подхода, при котором профессиональная подготовка экспертных кадров выстраивалась вокруг идентификации фиксированного перечня физико-химических параметров качества. Соответствующие образовательные программы данного периода носили выраженный репродуктивный характер, опираясь на жёсткую связку «параметр — методика определения». Это формировало навыки «реактивного» контроля — ответа на уже свершившийся факт подделки. Однако масштабные инциденты начала столетия (например, «меламиновый кризис» 2008 г. в Китае) наглядно вскрыли критическую уязвимость данной модели перед лицом преднамеренных, системно не учтённых стратегий обмана, имитирующих нормативные показатели продукта.

Второй этап, приходящийся на 2010-е гг., был связан с переходом от фиксации факта подделки к анализу порождающих её системных условий. Ведущую роль здесь сыграла концепция Food Fraud Prevention Cycle (FFPC), раскрытая в ряде работ (Дж. Спинка [Spink J.], С. ван Рут [van Ruth S.], В. Хёйсмана [Huisman W.], К. Эллиотта [Elliott C.], Л. Мэннинг [Manning L.], Д. Мойера [Moyer D.]). В этот отрезок времени фокус сместился на комплексную оценку уязвимостей цепочек поставок (Vulnerability Assessment). Катализатором этих изменений стал, в том числе, европейский скандал с кониной 2013 г., который обнажил неспособность классической экспертизы контролировать многоступенчатые трансграничные рынки. Педагогическая парадигма закономерно сдвинулась в сторону риск-менеджмента, однако методика обучения по-прежнему сохраняла определённую инерционность, поскольку базировалась на разборе исторических кейсов и уже известных сценариев угроз (Known Unknowns).

Современный, третий этап (с 2020 г. по настоящее время) ознаменовался вступлением технологий фальсификации в фазу подлинного экспоненциального роста. Использование CRISPR/Cas-систем (инструментов геномного редактирования) для имитации сортовой идентичности в сочетании с методами изотопной инженерии окончательно перевело риски в категорию высокотехнологичных «неизвестных, неочевидных угроз» (Unknown Unknowns). Сегодня это проявляется, например, в «изотопной фальсификации» мёда и вина, где использование синтетических сиропов нового поколения позволяет обходить стандартные протоколы детекции. Научное сообщество отреагировало на этот вызов попытками создать гармонизированные протоколы валидации маркеров (в условиях предельно сложных биохимических матриц), которые, по мнению С. Байена и его соавторов, должны предусматривать следующие этапы: 1) определение применимости; 2) экспериментальное проектирование; 3) выбор и анализ маркеров; 4) валидация аналитического метода; 5) выпуск метода и 6) мониторинг метода

[Bayen S.]. Применение данных протоколов требует от эксперта принципиально иного уровня когнитивной гибкости и аналитической подготовки. Несмотря на эти подвижки, в образовательной плоскости наметился явный «дидактический тупик»: скорость генерации методов «алгоритмической фальсификации» объективно превысила скорость обновления профстандартов. На стыке кибернетики второго порядка и современной биохимии возникла острая потребность в разработке предиктивной дидактики. В отличие от предшествующих моделей, эксперт в рамках предлагаемой нами парадигмы рассматривается как самообучающаяся система, в которой фокус обучения смещается с объекта контроля (пищевое продукта) на механизмы профессионального мышления. По нашему убеждению, это обеспечит возможность рефлексии над когнитивными процессами и самостоятельной выработки алгоритмов выявления новых аномалий. Именно такой подход закладывает основу для формирования «биоцифрового иммунитета» в условиях информационной неопределённости, что и составляет предмет настоящего исследования.

Методы исследования. Методологический фундамент работы базируется на конвергенции: а) принципов кибернетики второго порядка — кибернетики наблюдающих систем (Х. фон Фёрстер, 1911–2002; У. Матурана, 1928–2021; Ф. Варела, 1946–2001; и др.) в их проекции на педагогические реалии; б) байесовского вероятностного моделирования когнитивных процессов, восходящего к фундаментальной формуле Т. Байеса (1702–1761). В основу проектируемой архитектуры опережающего профессионального экспертного образования «Food Integrity» положен переход от линейных дидактических траекторий к созданию самореферентной обучающей среды.

Архитектура «Food Integrity» концептуализирована как трёхуровневая система формирования прогностических компетенций:

1. Уровень инверсивного биоинжиниринга (аналитический блок): реализует метод проблемно-ориентированного обучения через деконструкцию механизмов фальсификации. Под инверсивным биоинжинирингом в рамках данной архитектуры мы понимаем методологию «обратного проектирования» биохимической структуры продукта, направленную на выявление латентных уязвимостей эталонной матрицы и симуляцию способов внедрения высокотехнологичных маскирующих агентов. Обучающиеся выступают в роли «проектировщиков аномалий», моделируя процессы сокрытия фальсификата в ультрасложных биохимических матрицах. Это обеспечивает переход от пассивного узнавания признаков к пониманию генезиса высокотехнологичных угроз.

2. Уровень предиктивного моделирования (деятельностный блок): базируется на методологии Red Teaming (имитационное моделирование атак), широко применяемой для обеспечения устойчивости производственных и кибернетических систем [см.: Жуков М.М.; Канаев А.К.; Сенацкая О.Б.; Туманов А.Ю.; Шишкин С.Р.]. Подобная конвергенция позволяет экстраполировать принципы активной защиты на подготовку экспертного корпуса. При этом под предиктивным моделированием в данном контексте понимается процесс воспроизведения сценариев высокотехнологичного мошенничества, направленный на опережающее обнаружение «неявных следов» фальсификации. В рамках этого контура моделируются ситуации «неизвестных, неочевидных угроз» (Unknown Unknowns). Задача обучающегося — идентифицировать системную аномалию в условиях «молекулярного шума», когда стандартные алгоритмы детекции не сигнализируют о нарушении. Это формирует навык прогностической бдительности и готовность к столкновению с принципиально новыми методами мимикрии состава биохимической матрицы.

3. Уровень когнитивной рефлексии (метакогнитивный блок): фокусируется на управлении процессами профессионального мышления. В рамках предлагаемой модели под когнитивной рефлексией понимается способность субъекта к критическому анализу и коррекции собственных мыслительных операций в ходе верификации продукции. На данном этапе анализируются индивидуальные стратегии принятия решений и выявляются персональные искажения (например, эффект подтверждения гипотезы или чрезмерная уверенность), детерминированные спецификой интеллекта, креативности и рефлексивности, а также уровнем развития когнитивных и метакогнитивных способностей. В этой связи обратимся к работе А.А. Карпова и Б.М. Асоева. Авторы установили зависимость между уровнем развития креативности и структурной организацией метакогнитивных качеств личности. В их исследовании показано, что «креативность выступает одним из факторов метакогнитивной регуляции различных видов деятельности, в том числе учебной» [Карпов А.А., Асоев Б.М., с. 231–232]. Не менее интересен труд А.В. Карпова и П.Г. Демидовой, отметивших необходимость выделения метакогнитивных

способностей в качественно специфическую категорию способностей личности, которая, выполняя интегративную, наддеятельностную функцию по отношению к базовым когнитивным процессам, подлежит обязательному учёту «при разработке проблемы способностей, осуществляемой с позиций функционально-генетической парадигмы» [Карпов А.В., Демидова П.Г., с. 18]. При этом нельзя сбрасывать со счетов метакогнитивные оценки, играющие важную роль в регуляции когнитивных стратегий, и способ обмена метакогнитивной информацией, позволяющий опосредовать это влияние. Причём, как справедливо заметила Н.В. Морошкина с соавторами, «получение новых данных о путях формирования и передачи метакогнитивного опыта во всём его многообразии позволит разрабатывать новые более эффективные платформы и инструменты для обеспечения <...> обучения и коммуникации». [Морошкина Н.В., с. 337]. На этом фоне педагогический вектор смещается с получения «правильного ответа» на валидность способа его достижения, что обеспечивает переход к осознанному управлению вероятностными суждениями в условиях высокой неопределённости.

Таким образом, предлагаемая архитектура «Food Integrity»

1) представляет собой конвергентную модель, где каждый уровень решает специфическую задачу в структуре подготовки (повышения квалификации) эксперта: а) аналитический блок (инверсивный биоинжиниринг) определяет объектный контур — что именно подлежит деконструкции в структуре фальсификата; б) деятельностный блок (Red Teaming) формирует методологический инструментарий — как осуществлять поиск и противодействие угрозам в динамической среде; в) метакогнитивный блок (рефлексия) фокусируется на субъекте процесса: кто и каким образом осуществляет когнитивное управление поиском, обеспечивая чистоту и валидность экспертных суждений;

2) позволяет трансформировать процесс обучения из трансляции готовых знаний в систему генерации прогностических компетенций.

Для количественной верификации эффективности данной модели вводится авторский индекс когнитивной готовности (Cognitive Readiness Index, CRI). В контексте педагогического измерения CRI характеризует динамику трансформации компетенций эксперта: от репродуктивного следования алгоритмам к предиктивному анализу в условиях неопределённости. Математический аппарат индекса базируется на итерационном байесовском обновлении функции доверия эксперта к подлинности объекта (H) при анализе вектора аномальных данных (E). Расчётная модель представлена уравнением:

$$CRI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P(E|H)_i \cdot P(H)_{i-1}}{P(E)_i} \right) \cdot e^{\frac{\rho}{\Delta t}},$$

где:

$\frac{P(E|H) \cdot P(H)}{P(E)}$ — байесовский блок, отражающий апостериорную вероятность корректного распознавания угрозы на i -м шаге;

$P(H)_{i-1}$ — априорная уверенность обучающегося, базирующаяся на его предыдущем опыте;

$e^{\frac{\rho}{\Delta t}}$ — экспоненциальный коэффициент, выступающий мерилем когнитивной эффективности и соотносящий точность байесовского вывода с психофизиологической ценой адаптации к новой угрозе, где ρ — интенсивность поиска (безразмерный коэффициент, вычисляемый как отношение количества задействованных инструментов анализа к минимально необходимому в сценарии), а Δt — латентный период адаптации (время от момента предъявления аномалии до совершения первого целевого аналитического действия);

$\frac{1}{n}$ — нормирующий множитель, позволяющий корректно сопоставлять реализации сценариев различной длительности, приводя итоговый индекс к диапазону $[0; +\infty]$. При этом значения $CRI > 1$ свидетельствуют о выраженной синергии накопленного опыта и оперативной реакции, что характеризует переход обучаемого на экспертный уровень.

Отдельно отметим, что интегральный показатель CRI является величиной, открытой сверху, значения которой растут пропорционально повышению когнитивной адаптивности субъекта.

Для интерпретации результатов моделирования дифференцируются следующие диапазоны (интервалы) значений индекса CRI, определяющие качественные уровни когнитивной готовности эксперта:

- интервал $[0; A]$ — критический (репродуктивный) уровень: превалирование линейных алгоритмов поиска, высокая уязвимость к новым типам фальсификации;
- интервал $[A; B]$ — базовый (аналитический) уровень: способность к детекции аномалий в рамках известных сценариев;
- интервал $[B; +\infty)$ — прогностический (предиктивный) уровень: наличие «биоцифрового иммунитета» и способности к выявлению ранее не описанных «молекулярных мимикрий».

Пороговые значения A и B являются динамическими величинами, верифицируемыми в процессе обучения. Их расчёт базируется на соотношении технологической сложности маскировки фальсификата и актуальных ресурсов обучающегося (его интеллектуально-личностного потенциала и метакогнитивного профиля). Это позволяет адаптировать индекс CRI под персональный профиль эксперта, объективируя его реальную готовность к выявлению неочевидных угроз в условиях высокой неопределённости.

Теоретическая значимость данного метода заключается в возможности объективизации латентных качеств эксперта (аналитической интуиции, прогностичности и иных профессионально важных когнитивных возможностей). Это закладывает фундамент для формирования систем «биоцифрового иммунитета», способных сохранять эффективность в условиях высокой неопределённости и технологической изменчивости продовольственного рынка.

Результаты исследования. Прогнозная верификация модели. Теоретический этап исследования позволил сформировать детальную дорожную карту эмпирической валидации архитектуры «Food Integrity». В отличие от классических подходов, ориентированных на статичную проверку знаний, ожидаемые результаты нашей работы фокусируются на динамическом тестировании когнитивного суверенитета эксперта в рамках высокотехнологичной цифровой среды. Под данным термином в контексте исследования мы понимаем способность эксперта сохранять автономию и критическую точность профессиональных суждений в ситуациях «информационной агрессии» фальсификата, когда технологические методы маскировки направлены на прямой обход стандартных программных алгоритмов и аналитических систем.

Прогнозная верификация включает в себя следующие ключевые направления:

1. Математическое моделирование когнитивного разрыва. Под когнитивным разрывом в рамках исследования мы понимаем несоответствие между возможностями лабораторной детекции и сложностью методов маскировки фальсификата. Это позволяет зафиксировать «когнитивный барьер алгоритма» — предел чувствительности автоматизированных систем, за которым стандартные протоколы принимают синтетическую имитацию за подлинный продукт. Согласно прогнозным расчётам на основе индекса CRI, контрольная группа обучающихся при столкновении с высокоточной «изотопной инженерией» неизбежно продемонстрирует стагнацию индекса в диапазоне $[0; A]$, что обусловлено их зависимостью от детерминированных протоколов контроля. В экспериментальной же группе, за счёт освоения навыков инверсивного биоинжиниринга, прогнозируется преодоление этой точки. Ожидается, что интегральный показатель CRI продемонстрирует экспоненциальную динамику, где коэффициент когнитивной лабильности $[e^{\frac{p}{\Delta t}}]$ станет определяющим фактором развития компетенций. Это позволит эксперту «считывать» скрытые паттерны в условиях «молекулярного шума», принципиально не распознаваемые стандартным программным обеспечением современных лабораторных комплексов.

2. Формирование «биоцифрового иммунитета» в NBIC-среде. Под NBIC-средой в рамках данного исследования мы понимаем конвергентное пространство, в котором современные методы фальсификации рождаются на стыке нано- и биотехнологий, информационных систем и когнитивных манипуляций. Ожидаемым результатом реализации деятельностного блока (Red Teaming) в этой среде является качественная трансформация профессионального мышления. В процессе имитационного моделирования атак на аутентичность продукта (например, маскировка сортовых ДНК-маркеров элитных вин с использованием CRISPR-технологий) обучающиеся должны продемонстрировать переход к активной предиктивной верификации. Мы предполагаем, что на метакогнитивном уровне будет зафиксирована способность эксперта к самокоррекции «на лету», что позволит снизить вероятность критических ошибок пропуска фальсификата (ошибок второго рода) на 25–30%, по сравнению с традицион-

ными методами подготовки. Под данными ошибками мы понимаем ситуации «ложноположительного» подтверждения подлинности, при которых эксперт или система признают фальсифицированный продукт эталонным в силу успешной технологической маскировки аномалий.

Таким образом, теоретическая значимость метода подтверждается возможностью трансформации субъективной аналитической интуиции в объективированный индекс готовности к вызовам современной синтетической биологии.

Представленная прогностическая модель служит фундаментом для проведения масштабного эмпирического исследования, результаты которого позволят верифицировать пороговые значения индекса CRI для различных категорий пищевых матриц.

Выводы. Проведённое исследование позволило концептуализировать и математически обосновать инновационную архитектуру профессиональной подготовки «Food Integrity», направленную на преодоление «когнитивного разрыва» между инертными протоколами контроля и экспоненциальным развитием технологий «алгоритмической фальсификации». В ходе работы получены следующие результаты:

1. Сформулирована концепция «биоцифрового иммунитета» эксперта как высшей формы профессиональной компетенции в NBIC-среде. Доказано, что в условиях молекулярной мимикрии фальсификата эффективность защиты продовольственного рынка зависит от способности субъекта к предиктивной верификации аномалий, что позволяет сохранять когнитивный суверенитет в условиях технологической агрессии.

2. Разработана трёхуровневая модель формирования прогностических навыков, интегрирующая инверсивный биоинжиниринг, предиктивное симулирование (Red Teaming) и когнитивную рефлексию. Данный подход обеспечивает преодоление «когнитивного барьера алгоритма», позволяя эксперту идентифицировать скрытые угрозы в условиях «молекулярного шума», принципиально недоступные для стандартного программного обеспечения.

3. Предложен и верифицирован авторский индекс когнитивной готовности (CRI) на основе байесовского итерационного анализа. Установлено, что CRI позволяет объективизировать латентные когнитивные возможности эксперта (аналитическую интуицию, прогностичность) и выступает адаптивной метрикой его профессионального роста. Пороговые значения индекса определены как динамические величины, зависящие от баланса сложности маскировки подделки и актуальных ресурсов субъекта (его интеллектуально-личностного потенциала и метакогнитивного профиля).

Дальнейшее развитие работы видится в эмпирической калибровке динамических порогов CRI для различных категорий биохимических матриц. При этом универсальный характер разработанного методологического аппарата позволяет экстраполировать данные принципы на иные сферы экспертной деятельности, требующие верификации сложных объектов в условиях неопределённости. В частности, предложенная архитектура может быть адаптирована для подготовки судебных экспертов, специалистов систем фармацевтического контроля и обеспечения киберфизической безопасности критической инфраструктуры, а также иных сфер с высокой ценой экспертной ошибки. Наибольшую практическую ценность методика представляет для систем непрерывного профессионального образования и сертификации экспертов высшей квалификации. Это обусловлено необходимостью постоянной калибровки «биоцифрового иммунитета» экспертного корпуса в ответ на появление новых, более совершенных технологий мимикрии фальсификата. Подобный подход закладывает надёжный интеллектуальный фундамент для сохранения когнитивного превосходства человека над алгоритмами фальсификации, обеспечивая долгосрочную устойчивость и аутентичность социотехнических систем в эпоху глобальных технологических вызовов.

Литература:

1. Балдин, К. Е. Горький привкус «Русского Манчестера»: что и как ел рабочий-текстильщик Иваново-Вознесенска на рубеже XIX—XX вв. // Labyrinth: теории и практики культуры. – 2021. – № 4. – С. 7–21. – DOI: 10.54347/Lab.2021.4.1.
2. Жарикова, Г. Г. Династия Никитинских — основоположников товароведения // Вестник Российской экономической академии им. Г. В. Плеханова. – 2007. – № 1. – С. 16–20.

3. Жолобова, Г. А. Механизм правового регулирования торговли искусственными сладкими веществами и содержащими их пищевыми продуктами в Российской империи на рубеже XIX – XX веков // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Юридические науки». – 2012. – Т. 25 (64). – №2. – С. 17–33.
4. Жуков, М. М. Методологический подход к имитационному моделированию при исследовании практической эффективности систем защиты от сетевых кибератак / М. М. Жуков, Ю. М. Баркалов, А. Ю. Телков // Вестник Воронежского института МВД России. – 2022. – № 1. – С. 24–39.
5. Канаев, А. К. Имитационная модель процесса реализации атаки на систему управления сетью синхронизации / А. К. Канаев, Е. В. Опарин, Е. В. Опарина, М. А. Сахарова // Информация и космос. – 2023. – № 1. – С. 112–118.
6. Карпов, А. А. Креативность как фактор организации метакогнитивных качеств личности в учебной деятельности / А. А. Карпов, Б. М. Асоев // Ярославский педагогический вестник. – 2017. – № 6. – С. 227–232.
7. Карпов, А. В. О содержании понятия метакогнитивных способностей личности / А. В. Карпов, П. Г. Демидова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки. – 2013. – № 4. – С. 12–19.
8. Микаилова, О. М. История и современное состояние фальсификации пищевых продуктов в России / О. М. Микаилова, О. Л. Гавриленко, Ф. В. Тарасова // Гигиена и санитария. – 2024. – Т. 103, № 11. – С. 1452–1458. – DOI: 10.47470/0016-9900-2024-103-11-1452-1458.
9. Морошкина, Н. В. Метакогнитивный мониторинг и контроль в ситуации распределённого познания / Н. В. Морошкина, И. В. Зверев, Л. А. Нездоймышапко, Р. В. Тихонов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. – 2023. – Т. 13. – Вып. 3. – С. 324–346. DOI: 10.21638/spbu16.2023.303.
10. Потапов, П. Н. Историко-правовые аспекты развития нормативного регулирования в сфере качества и безопасности реализуемых пищевых продуктов в России (X – начало XX вв.) / П. Н. Потапов, В. И. Сургутсков // Вестник Сибирского юридического института МВД России. – 2024. – № 4 (57). – С. 194–201.
11. Прохорова, Е. В. Торгово-санитарный надзор в России в 1900–1933 гг. (на материалах Санкт-Петербурга – Петрограда – Ленинграда): дис. ... канд. ист. наук: 07.00.02 / Прохорова Елизавета Викторовна; СПбГУ. – СПб., 2017. – 205 с.
12. Сенацкая, О. Б. Методика учёта стохастических факторов в имитационной модели роботизированной производственной ячейки / О. Б. Сенацкая, М. В. Загорин, И. Д. Бородкин, А. И. Хаймович // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2025. – Т. 27, № 4. – С. 20–27. DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4-20-27.
13. Туманов, А. Ю. Метод оценки результативности систем обеспечения устойчивости элементов производственной инфраструктуры на основе системного динамического имитационного моделирования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2025. – Т. 27, № 5. – С. 68–77. DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-68-77.
14. Шишкин, С. Р. Имитационное моделирование кибератак с использованием генеративных нейросетей // Экономика и качество систем связи. – 2025. – № 2. – С. 161–172.
15. Bayen, S. Towards a harmonized approach for food authenticity marker validation and accreditation / S. Bayen, C. Elliott, M. Arlorio et al. // Trends in Food Science & Technology. – 2024. – Vol. 149. – Art. 104550. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104550.
16. Spink, J. Food fraud prevention shifts the food risk focus to vulnerability / J. Spink, D. L. Ortega, C. Chen and F. Wu // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 62. – P. 215–220. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.02.012.

DEVELOPING THE EXPERT'S BIODIGITAL IMMUNITY WITHIN THE «FOOD INTEGRITY» ADVANCED EDUCATION SYSTEM: A PREDICTIVE DIDACTICS PARADIGM

© 2026 G.E. Bakhtadze¹, S.A. Khurshudyan², N.S. Pryanichnikova²

Giya E. Bakhtadze, Candidate of Legal Sciences,

Associate Professor of the Department of Criminal Law and Procedure

E-mail: bagied@mail.ru

Sergey A. Khurshudyan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher

E-mail: xca020149@rambler.ru

Natalia S. Pryanichnikova, Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Scientific Work

E-mail: n_pryanichnikova@vnimi.org

¹Saint Petersburg Law Institute

Saint Petersburg, Russia

²All-Russian Dairy Research Institute

Moscow, Russia

This article analyzes the transformation of professional training and advanced qualification frameworks for experts in the food industry. This process is examined as an inevitable response to the emerging risks of “algorithmic adulteration” — where product composition is optimized through specialized mathematical models and computer simulations — and molecular mimicry of raw materials. These phenomena have essentially become the primary technological challenges to food market safety amidst the innovative evolution of the food industry. The authors argue for a necessary transition from reproductive learning models, limited to the rote replication of standard detection protocols, toward a predictive didactics paradigm. This system aims at the proactive cultivation of expert competencies in identifying threats to food authenticity. The methodological framework of the study is grounded in the principles of second-order cybernetics. Within this approach, training focuses on the researcher’s reflexive self-analysis of their own cognitive processes, enabling the timely identification and mitigation of personal cognitive biases during risk assessment. The paper formulates the pedagogical concept of “biodigital immunity” — a specific competence integrating analytical intuition with the skills required to operate in convergent NBIC environments (a multidisciplinary field at the intersection of nano-, bio-, information, and cognitive technologies). As a practical solution, the authors propose the “Food Integrity” advanced education architecture, which integrates risk simulation methods (Red Teaming) and inverse bioengineering. Particular attention is paid to a mathematical model based on Bayesian analysis, designed to verify the original Cognitive Readiness Index (CRI). This metric reflects an expert’s ability to operate effectively under conditions of “molecular noise” — a specific type of informational uncertainty generated by the complexity of biochemical matrices and the use of masking agents. The theoretical significance of the work lies in the creation of a learning model adapted to the analysis of ultra-complex systems, which is critical for protecting consumer interests in the era of synthetic biology.

Keywords: proactive professional education, biodigital immunity, predictive didactics, Food Integrity, food authenticity, second-order cybernetics, NBIC convergence, Red Teaming, Cognitive Readiness Index (CRI), algorithmic fraud

DOI: 10.37313/2413-9645-2026-28-107-8-17

EDN: VQQTGT

References:

1. Baldin, K. E. Gor’kii privkus «Russkogo Manchestera»: chto i kak el rabochii-tekstil'shchik Ivanovo-Voznesenska na rubezhe XIX—XX vv. (Bitter Taste of «Russian Manchester»: What and How the Textile Worker of Ivanovo-Voznesensk Ate at the Turn of the XIX—XX Centuries) // *Labyrinth: teorii i praktiki kul'tury*. – 2021. – № 4. – S. 7–21. – DOI: 10.54347/Lab.2021.4.1.
2. Zharikova, G. G. Dinastiia Nikitinskikh — osnovopolozhnikov tovarovedeniia (The Nikitinsky Dynasty — Founders of Commodity Science) // *Vestnik Rossiiskoi ekonomicheskoi akademii im. G. V. Plekhanova*. – 2007. – № 1. – S. 16–20.
3. Zholobova, G. A. Mekhanizm pravovogo regulirovaniia torgovli iskusstvennymi sladkimi veshchestvami i sodержashchimi ikh pishchevymi produktami v Rossiiskoi imperii na rubezhe XIX – XX vekov (The Legal Regulation Mechanism of Artificial Sugary Substances and Food Products Contained Sugar Trade in the Russian Empire at the Turn of XIX—XX Centuries) // *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Serii «Iuridicheskie nauki»*. – 2012. – T. 25 (64), № 2. – S. 17–33.
4. Zhukov, M. M. Metodologicheskii podkhod k imitatsionnomu modelirovaniu pri issledovanii prakticheskoi effektivnosti sistem zashchity ot setevykh kiberatak (A Methodological Approach to Simulation Modeling for Assessing the Practical Effectiveness of Network Cyber Attack Protection Systems) / M. M. Zhukov, Iu. M. Barkalov, A. Iu. Telkov // *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii*. – 2022. – № 1. – S. 24–39.
5. Kanaev, A. K. Imitatsionnaia model' protsessa realizatsii ataki na sistemu upravleniia set'iu sinkhronizatsii (The Simulation Model of the Process of Implementing an Attack on the System for Managing the Synchronization Network) / A. K. Kanaev, E. V. Oparin, E. V. Oparina, M. A. Sakharova // *Informatsiia i kosmos*. – 2023. – № 1. – S. 112–118.
6. Karpov, A. A. Kreativnost' kak faktor organizatsii metakognitivnykh kachestv lichnosti v uchebnoi deiatel'nosti (Creativity as a Factor of Organization of Metacognitive Personal Traits in Learning Activity) / A. A. Karpov, B. M. Asoev // *Iaroslavskii pedagogicheskii vestnik*. – 2017. – № 6. – S. 227–232.
7. Karpov, A. V. O sodержanii poniatii metakognitivnykh sposobnostei lichnosti (On the Conceptual Content of Personal Metacognitive Abilities) / A. V. Karpov, P. G. Demidova // *Izvestiia Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Psikhologo-pedagogicheskie nauki*. – 2013. – № 4. – S. 12–19.
8. Mikailova, O. M. Istoriia i sovremennoe sostoianie fal'sifikatsii pishchevykh produktov v Rossii (History and Current State of Food Falsification in Russia) / O. M. Mikailova, O. L. Gavrilenko, F. V. Tarasova // *Gigiiena i sanitariia*. – 2024. – T. 103, № 11. – S. 1452–1458. – DOI: 10.47470/0016-9900-2024-103-11-1452-1458.
9. Moroshkina, N. V. Metakognitivnyi monitoring i kontrol' v situatsii raspredelennogo poznaniia (Metacognitive Monitoring and Control in Distributed Cognition) / N. V. Moroshkina, I. V. Zverev, L. A. Nezdoimyshepko, R. V. Tikhonov // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Psikhologiya*. – 2023. – T. 13. – Vyp. 3. – S. 324–346. DOI: 10.21638/spbu16.2023.303.

10. Potapov, P. N. Istoriko-pravovye aspekty razvitiia normativnogo regulirovaniia v sfere kachestva i bezopasnosti realizuemykh pishchevykh produktov v Rossii (X – nachalo XX vv.) [Historical and Legal Aspects of Development of Normative Regulation in the Sphere of Quality and Safety of Food Products Sold in Russia (X – Early XX Centuries)] / P. N. Potapov, V. I. Surgutskov // Vestnik Sibirskogo iuridicheskogo instituta MVD Rossii. – 2024. – № 4 (57). – S. 194–201.
11. Prokhorova, E. V. Torgovo-sanitarnyi nadzor v Rossii v 1900–1933 gg. (na materialakh Sankt-Peterburga – Petrograda – Leningrada) [Trade and Sanitary Oversight in Russia in 1900–1933 (Based on Materials from St. Petersburg – Petrograd – Leningrad)]: dis. ... kand. ist. nauk: 07.00.02 / Prokhorova Elizaveta Viktorovna; SPbGU. – SPb., 2017. – 205 s.
12. Senatskaia, O. B. Metodika ucheta stokhasticheskikh faktorov v imitatsionnoi modeli robotizirovannoi proizvodstvennoi iacheiki (Methodology for Incorporating Stochastic Factors into the Simulation Model of a Robotic Production Cell) / O. B. Senatskaia, M. V. Zagorin, I. D. Borodkin, A. I. Khaimovich // Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. – 2025. – T. 27, № 4. – S. 20–27. DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4-20-27.
13. Tumanov, A. Iu. Metod otsenki rezul'tativnosti sistem obespecheniia ustoichivosti elementov proizvodstvennoi infrastruktury na osnove sistemnogo dinamicheskogo imitatsionnogo modelirovaniia (A Method for Evaluating the Effectiveness of Systems for Ensuring the Sustainability of Production Infrastructure Elements Based on System Dynamic Simulation) // Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. – 2025. – T. 27, № 5. – S. 68–77. DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-5-68-77.
14. Shishkin, S. R. Imitatsionnoe modelirovanie kiberatak s ispol'zovaniem generativnykh neirosetei (Simulation Modeling of Cyberattacks Using Generative Neural Networks) // Ekonomika i kachestvo sistem svyazi. – 2025. – № 2. – S. 161–172.
15. Bayen, S. Towards a harmonized approach for food authenticity marker validation and accreditation / S. Bayen, C. Elliott, M. Arlorio et al. // Trends in Food Science & Technology. – 2024. – Vol. 149. – Art. 104550. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104550.
16. Spink, J. Food fraud prevention shifts the food risk focus to vulnerability / J. Spink, D. L. Ortega, C. Chen and F. Wu // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 62. – P. 215–220. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.02.012.