

УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

MANAGEMENT OF ORGANIZATIONAL SYSTEMS BASED ON INTELLIGENT INFORMATION TECHNOLOGIES: METHODS AND ALGORITHMS FOR SOLVING MANAGEMENT PROBLEMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

S. Aksenov

Summary. The article discusses modern approaches to improving automated information management systems of organizations using artificial intelligence technologies, neuroinformatics and hybrid expert systems. The importance of implementing intelligent components, such as knowledge processing systems, artificial neural networks, and combined technologies, is emphasized to solve complex management tasks, including assessing the state of an organization, predicting results, identifying patterns, and extracting knowledge from data. Special attention is paid to the role of neural network technologies in modeling, analyzing and predicting time series, as well as their application to support decision-making in conditions of uncertainty, risk and a dynamically changing environment.

Keywords: management of organizational systems, artificial intelligence, neural networks, hybrid expert systems, forecasting, decision support, management automation.

Аксенов Сергей Геннадьевич

д-р э.н., профессор,

ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий
beregpyla@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к совершенствованию автоматизированных информационных систем управления организациями с использованием технологий искусственного интеллекта, нейроинформатики и гибридных экспертных систем. Подчеркивается важность внедрения интеллектуальных компонентов, таких как системы обработки знаний, искусственные нейронные сети и комбинированные технологии, для решения сложных управленческих задач, включая оценку состояния организации, прогнозирование результатов, выявление закономерностей и извлечение знаний из данных. Особое внимание уделяется роли нейросетевых технологий в моделировании, анализе и прогнозировании временных рядов, а также их применению для поддержки принятия решений в условиях неопределенности, риска и динамически меняющейся среды.

Ключевые слова: управление организационными системами, искусственный интеллект, нейронные сети, гибридные экспертные системы, прогнозирование, поддержка принятия решений, автоматизация управления.

Создание автоматизированных информационных систем для управления организациями остается важной и актуальной задачей. Был накоплен значительный опыт как в теоретических, так и в практических аспектах разработки информационных систем для различных функций, включая производство, управление финансами, интегрированный учет и финансовый анализ, маркетинг, продажи и дистрибуцию готовой продукции. Кроме того, был достигнут значительный прогресс в разработке информационных систем, предназначенных для управления социальными институтами, такими как университеты. В данной статье рассматриваются стратегии, используемые для улучшения этих систем, с целью их переквалификации в информационные и консультационные системы. Важно подчеркнуть, что эти области особенно актуальны из-за нескольких факторов, включая современное состояние информаци-

онных технологий, инструментов искусственного интеллекта и нейроинформатики.

Компании сталкиваются со сложными взаимодействиями с внешними организациями. Ключевые задачи организационного менеджмента включают оценку состояния организации, выявление закономерностей, прогнозирование результатов и разработку стратегий. Для решения этих задач рекомендуется использовать экспертные системы и интеллектуальное программное обеспечение. Поэтому для поддержки более эффективного принятия решений предлагается усилить комплексную автоматизацию с помощью современных информационных технологий, математического моделирования, искусственного интеллекта, нейроинформатики и гибридных экспертных систем [1, 3, 5].

Системы поддержки принятия решений разрабатываются с использованием интерактивных экспертных систем, которые оценивают состояние бизнеса. Это предполагает внедрение интеллектуальных компонентов в информационные системы — программного обеспечения, использующего искусственный интеллект, обработку знаний, нейронные сети и комбинированные технологии для решения сложных, менее формализованных задач. Примеры таких задач включают оценку ситуаций, диагностику проблем, прогнозирование результатов, выявление закономерностей, группировку данных и извлечение знаний.

Общая задача поддержки принятия решений в интеллектуальной системе может быть выражена следующим образом:

$$Z = \langle X, K, K_z, P, R, F \rangle$$

В этой модели: X представляет собой набор исходных входных показателей, которые описывают состояние бизнеса и его деятельность; K — набор контрольных показателей, используемых для оценки того, насколько хорошо достигаются цели на различных уровнях управления; K_z означает экспертные мнения пользователей (менеджеров) на различных уровнях относительно критериев для достижения целей, достижение целей; P — набор рассчитываемых показателей эффективности для бизнеса на разных уровнях управления; R — набор формул и алгоритмов, используемых для преобразования входных показателей (X) и существующих показателей эффективности (P); а F — это функция, которая преобразует показатели эффективности (P) в набор соответствующих им критериев оценки (K).

Поскольку процесс сопоставления входных данных (X) с критериями оценки может быть детерминированным, вероятностным или неопределенным, системы принятия решений соответственно классифицируются как работающие в условиях определенности, риска или неопределенности. Следовательно, способ, которым функции F и R преобразуют информацию в критериальные оценки, может варьироваться в зависимости от выбранной модели. Здесь зависимости R представляют собой математические модели, используемые для расчета экономических показателей. Преобразования F используются для получения функциональных оценок производственного и финансового состояния компании. Как упоминалось ранее, эти задачи нелегко формализовать, поэтому модели, использующие системы обработки знаний, нейронные сети или их комбинацию, наиболее эффективны для их описания [1, 2, 3]. Входные данные (X) могут быть как дискретными, так и непрерывными, а также детерминированными или стохастическими.

Для решения описанных задач оптимизации на начальном этапе необходимо определить модели преоб-

разования $K^u = F^u(P^u, K^{u-1}, K^{u-2})$. Эти модели определяют структуру интеллектуальных гибридных блоков, предназначенных для оценки состояния объекта на разных уровнях $I^1, I^2, \dots, I^U$. Эти блоки представляют собой иерархические гибридные экспертные системы, которые включают в себя различные методы представления знаний. Каждый интеллектуальный блок включает в себя компоненты как для оценки, так и для прогнозирования конкретного критерия K . Компонент прогнозирования повышает точность общей оценки, отражая действия менеджера, который при анализе деятельности учитывает прошлое, настоящее и будущее. Такой подход позволяет максимально эффективно использовать управленческий опыт и приводит к более реалистичной оценке. Эмпирические исследования с использованием реальных корпоративных данных подтверждают эти утверждения.

Решение любой задачи, даже менее структурированной, включает в себя различные этапы: структурирование, формализацию и уточнение. Цель этапа структурирования — создать четкий ациклический график, представляющий решение задачи. Для облегчения этого была создана автоматизированная система структурирования задач.

Этап формализации включает в себя определение задач в узлах графа взаимосвязей. Система гибко использует различные методы формализации, такие как интерпретаторы формул, экспертные системы, и искусственные нейронные сети. Для выбора подходящего метода формализации разработана система, основанная на критериях, включающих наличие формальной методологии, необходимость переобучения, важность прогнозов и уровень объяснений. Система является расширяемой, позволяя интегрировать новые методы. Для автоматизации выбора методов формализации узлов разработана экспертная система.

Из различных рассмотренных методов формализации более подробно будут рассмотрены искусственные нейронные сети. Справочник выделяет их ключевые преимущества для использования в информационных системах, включая возможности параллельной обработки, способность к автоматическому самообучению, надежность и устойчивость к помехам и повреждениям, регуляризующие характеристики моделей нейронных сетей, а также возможность как моделировать, так и выбирать входные параметры, которые наиболее существенно влияют на оценку.

Нейронные сети могут применяться для моделирования, прогнозирования и анализа данных. В имитационном моделировании нейронные сети помогают разрабатывать эффективные стратегии моделирования и выбирать подходящие алгоритмы в компонентах принятия решений, повышая реалистичность и точность.

Например, они выбирают оптимальный алгоритм транспортировки в моделях продаж, график загрузки оборудования в производственных моделях и варианты приобретения запасов в моделях финансового рынка. Они также оценивают эффективность бизнеса и моделируют потоки данных и процессы.

Нейронные сети полезны для прогнозирования временных рядов, таких как финансовые показатели и спрос на продукцию, путем анализа рыночных тенденций с использованием данных компании. Данные для обучения включают исторические значения и качественные факторы. Нейронное прогнозирование включает в себя погружение, извлечение признаков, обучение, адаптивное прогнозирование и принятие решений, что обеспечивает улучшенную адаптивность и регуляризацию по сравнению с традиционными методами. Использование «консультаций» с несколькими нейронными сетями еще больше повышает точность прогноза. Эксперименты с реальными данными подтверждают преимущества нейросетевых технологий в прогнозировании финансовых показателей и спроса на продукцию.

Адаптивное прогнозирование корректирует значения индикаторов по мере поступления новых данных посредством автоматической переподготовки нейронной сети, что делает прогнозы более согласованными. Для краткосрочного прогнозирования рекомендуется ежедневная переподготовка с использованием режима скользящей выборки, при котором нейронная сеть переобучается с учетом последних данных перед каждым новым тестированием. Это легко реализуется в реальных информационных системах благодаря непрерывной обработке и обновлению данных, что позволяет оперативно обучать нейронную сеть.

Для выявления причин внезапных изменений числовых значений полезно использовать знания экспертов в соответствующем секторе экономики. Технические методы анализа данных, наряду с экспертными системами, построенными на системах обработки знаний, и методами качественной экспертной оценки, эффективны в решении этой проблемы. Это можно сделать в интерактивном режиме со специалистом или группой специалистов, использующих методы экспертной оценки для анализа результатов экспертизы. В качестве альтернативы, при полностью автоматизированном подходе, эффективными оказываются экспертные системы, основанные на логических и лингвистических моделях.

Для прогнозирования временных рядов может потребоваться сглаживание исходных данных. Была разработана система оценки, использующая дисперсионные и эвристические методы, и экспертная система анализирует эти результаты, чтобы определить, необходима ли фильтрация данных. При необходимости она выбирает

соответствующий метод сглаживания и параметры. Эта автоматизированная система отличается гибкостью и объединяет различные методы сглаживания. Предварительно обработанные данные затем используются для обучения или тестирования нейронных сетей. Эксперименты подтверждают эффективность этих адаптивных методов прогнозирования временных рядов в реальных экономических условиях.

Автоматизированная система прогнозирования, как показано на рисунке 1, использует несколько ключевых компонентов: выборку данных, предварительную обработку и интерпретацию данных, нейронную сеть, технический анализ и заключительный этап прогнозирования. Этап предварительной обработки также включает в себя модули для эвристического анализа, удаления выбросов, заполнения пробелов, фильтрации данных и погружения в данные.

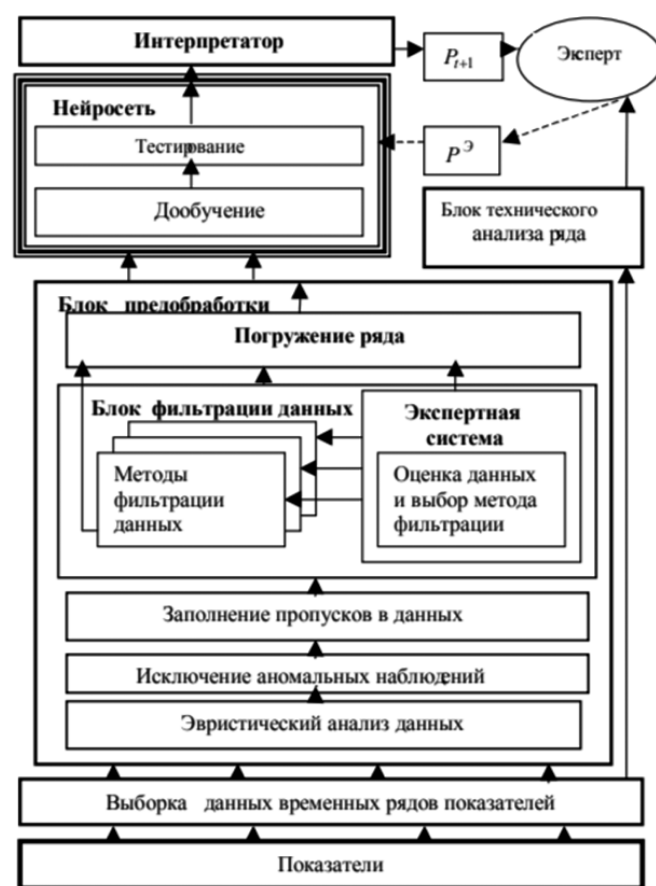


Рис. 1. Структура автоматизированной информационной системы прогнозирования показателей

Интернет-технологии помогают бизнесу собирать информацию о клиентах, поставщиках и рынках. Из-за большого объема данных автоматическое извлечение знаний становится критически важным. Нейронные сети, включая самоорганизующиеся карты Кохонена, эффективно анализируют и классифицируют данные по ха-

рактикам (цены, качество, местоположение). Эти методы визуализируют результаты, выявляя кластеры компаний и помогая определять риски и возможности. Предварительно обученные нейронные сети поддерживают принятие решений, упрощая взаимодействие с клиентами и поставщиками.

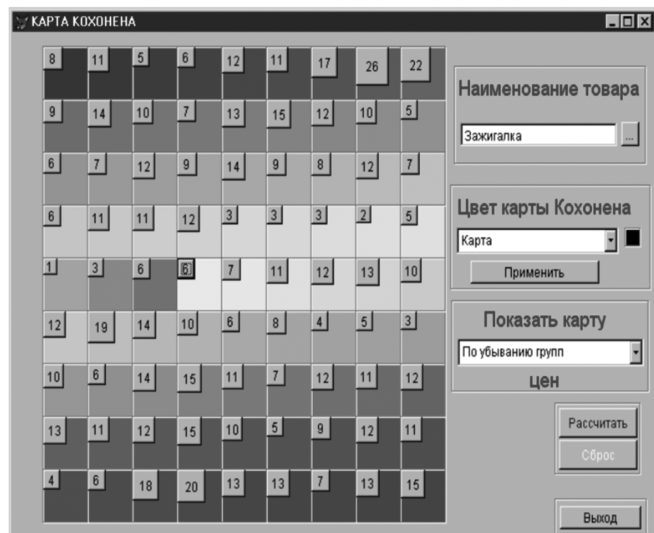


Рис. 2. Карта Кохонена с кластерами данных предприятий

В усовершенствованных системах управления информацией организации компоненты нейронных сетей интегрированы в гибридные экспертные системы для оценки и прогнозирования состояния управляемого объекта. Включение нейронных сетей в эти системы изменяет процессы разработки и эксплуатации, а также содержание каждого этапа жизненного цикла. На этапе проектирования теперь требуется обучение блоков нейронной сети, в то время как в процессе эксплуатации требуется непрерывная переподготовка. Возросшая сложность разработки информационных систем подчеркивает необходимость в инструментах автоматизированного проектирования.

Теперь мы рассмотрим структуру и функции нейронного симулятора как компонента системы автоматизированного проектирования, используемой для разработки аналитических информационных систем. В рамках этих информационных систем нейрокомпьютер выступает в качестве интеллектуального элемента, включающего менеджер (модуль управления), интерфейсы ввода и вывода, препроцессор, задачник, интерпретатор и нейронный симулятор. Сам этот нейронный симулятор состоит из сети, преподавателя, контрастного вещества, блока оценки и конструктора (как показано на рис. 3).

Была разработана технология проектирования компонентов нейронной сети, включающая в себя ключевые этапы: предварительную обработку данных, выбор параметров, обучение и оценку модели, которые при

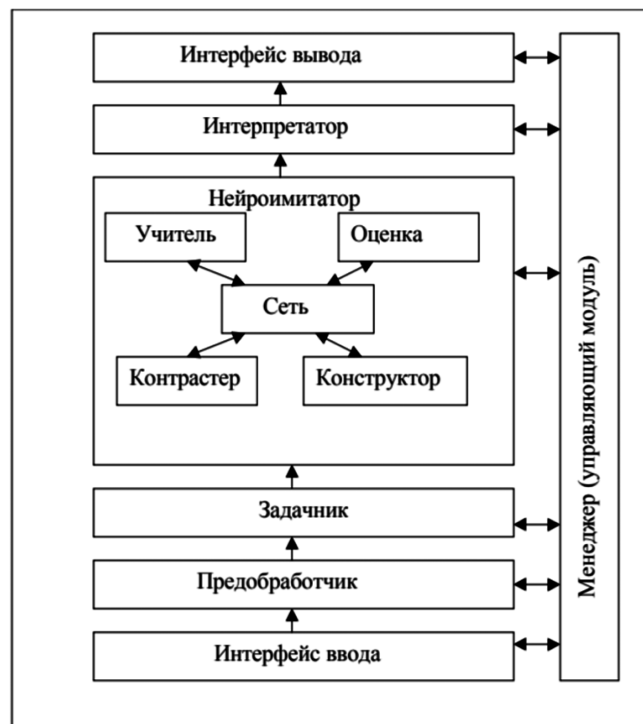


Рис. 3. Структура нейросетевого интеллектуального блока

необходимости повторяются итеративно. Помимо режима начального обучения, существует непрерывный, автоматизированный и прозрачный режим обучения на месте. Отслеживая предметную область, нейронный симулятор автоматически корректирует входные параметры, структуру, параметры обучения и методы, а также обнаруживает и предотвращает неправильные примеры обучения.

Блок нейросимулятора, который действует как препроцессор в информационных системах, был дополнен дополнительными элементами для решения таких задач, как удаление аномальных точек данных, эвристический анализ данных, фильтрация данных, заполнение пропущенных значений и погружение в данные.

Динамически изменяющиеся обучающие выборки необходимы в качестве входных данных для каждого интеллектуального компонента информационных систем. Рабочие тетради создаются на основе баз данных в соответствии с производственными процессами и процессами управления. При прогнозировании существуют различные варианты создания и включения информации. Важно рассмотреть возможность создания/обновления архивов и создания обучающих выборок, соответствующих этапам обработки информации.

Компонент, интерпретирующий ответы нейронной сети, имеет решающее значение для взаимодействия с пользователем. Важен эффективный дизайн интер-

фейса. Необходимы специальные блоки интерпретации, включающие масштабирование, семантические, графические, аудио-, видео-, мультимедийные представления и пояснительный компонент. Важны семантика, синтаксис и описания элементов нейронного симулятора. Усилия сосредоточены на организации пользовательских интерфейсов с аналитическими системами через Интернет.

С интерпретатором ответов тесно связан еще один важный компонент нейрокомпьютера — блок оценки. Для обеспечения качества работы нейронной сети и эффективности ее обучения были выбраны специальные методы оценки. Эти методы включают стандартную оценку методом наименьших квадратов, метод наименьших квадратов с допуском и, для задач классификации, расстояние до набора правильных ответов.

Компонент «учитель» управляет начальным обучением и переподготовкой искусственных нейронных сетей. Для оценки, диагностики и прогнозирования используются многослойные сети с сигмовидной функцией активации, обучаемые с использованием алгоритмов, основанных на дуальности. Был разработан метод автоматизированного построения структуры нейронной сети, учитывающий эффективность при неполных обучающих выборках, возможность увеличения сложности в процессе обучения и сохранение приобретенных навыков. Он использует динамические узлы для ускорения обучения и сохранения навыков путем фиксации определенных параметров сети. Контрастная нейронная сеть, разработанная с использованием стандартных методов, используется для адаптации нейронного симулятора к конкретной предметной области.

Для обеспечения надежной работы информационных систем была разработана технология оценки и коррекции нейросетевых моделей. Это важно, поскольку обучение на реальных данных не всегда завершается успешно из-за ошибок обобщения, локальных минимумов или преждевременной остановки. Для решения этой проблемы реализованы следующие этапы автоматической коррекции: формирование комитетов нейронной сети; изменение типа или параметров функции оценки; изменение структуры или параметров нейронной сети; и применение методов предварительной обработки данных.

В реальной информационной системе для адаптации к изменениям в выборочных данных необходимо непрерывное обучение (переподготовка) нейросетевого решателя. Поскольку экспертные знания не всегда могут быть доступны для обучения под наблюдением, система использует автоматический процесс обучения для обеспечения надежного функционирования 1. В та-

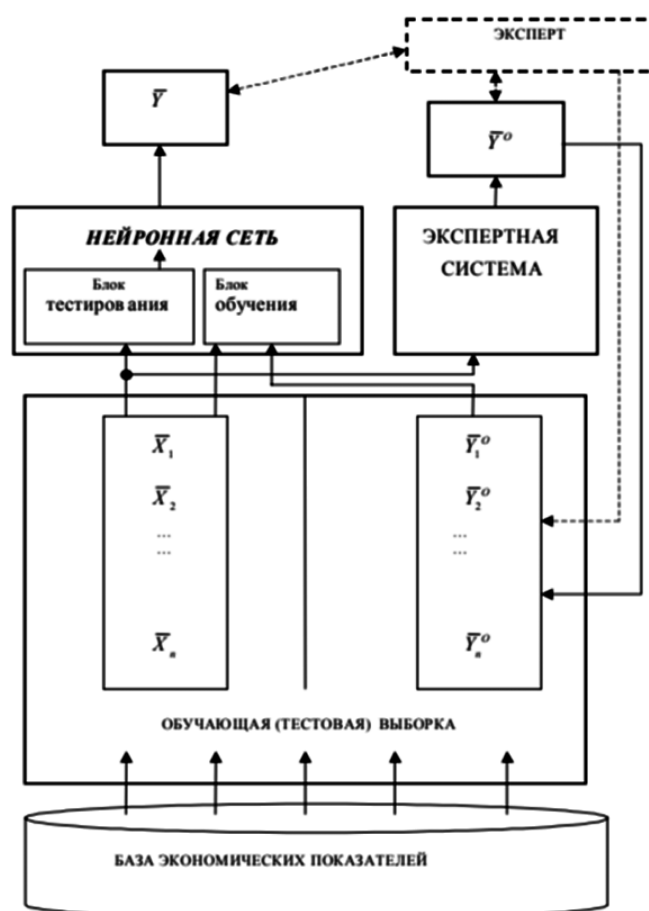


Рис. 4. Функционирование нейросетевого решателя в режиме автоматического обучения

ких ситуациях специально разработанная экспертная система, разработанная в ходе разработки информационной системы, выступает в роли «учителя», генерируя экспертные заключения на основе входных данных для обучения компонента нейронной сети 2. Такой подход позволяет нейронной сети продолжать обучение и адаптацию даже без постоянного контроля со стороны человека.

Таким образом, использование современных технологий искусственного интеллекта и нейроинформатики открывает новые горизонты для развития информационных систем управления организациями. Это позволяет не только повысить эффективность бизнес-процессов, но и обеспечить конкурентное преимущество за счет более точного прогнозирования, своевременного выявления рисков и оптимизации управленческих решений. Однако дальнейшее развитие данной области требует углубленных исследований, направленных на совершенствование методов обработки данных, повышение надежности моделей и расширение их применения в различных сферах экономической деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов С.Г., Егорова О.В. Теоретические основы управления организационными системами // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки» — 2024. — №8. С. 50–56.
2. Пятковский О.И. Интеллектуальные компоненты автоматизированных информационных систем управления предприятием. Монография. — Барнаул: АлтГТУ. — 1999. — 351 с.
3. Пятковский О.И., Рубцов Д.В., Бутаков С.В. Система анализа финансово-хозяйственных показателей деятельности предприятия // Информационные технологии. — 1999. — №8. — С. 31–34.
4. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. — Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. — 276 с.
5. Нейроинформатика / А.Н. Горбань, В.Л. ДунинБарковский, А.Н. Кирдин, Е.М. Миркес, А.Ю. Новоходько, Д.А. Россиев, С.А. Терехов, М.Ю. Сенашова, В.Г. Ца-регородцев. — Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1998. — 296 с.
6. Искусственный интеллект. В 3 кн. Кн.2 Модели и методы. Справочник / Под ред. Д.А. Поспелова. — М.: Радио и связь, 1990. — 304 с.
7. Hristev R.M. The ANN Book. — 1998.— 374 p.
8. Kohonen T. Self-Organizing Maps. Berlin: Springer-Verlag, 1995.

© Аксенов Сергей Геннадьевич (beregpiya@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»