

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 519: 001.891

doi: 10.30987/2658-4026-2025-2-160-170

Научная революция в математических методах исследования и искусственный интеллект

Александр Иванович Орлов^{1✉}

¹ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

¹ prof-orlov@mail.ru ; <https://orcid.org/0000-0001-7354-4517>

Аннотация.

Статья посвящена некоторым подходам к решению проблемы оценки научных результатов и результативного управления наукой в условиях современной научной революции в математических и статистических методах исследования и развития искусственного интеллекта. Наука как отрасль народного хозяйства – большая организационная система со сложной внутренней структурой. Для результативного управления этой отраслью необходимо изучать её структуру и функционирование в современных условиях. Выработке адекватных методов управления наукой мешает «информационный барьер». Он вызван ограниченностью возможностей человеческого мозга к восприятию информации. В качестве примера кратко обсуждаются проблемы, выявленные при развитии контроллинга организационно-экономических методов. Речь идёт о научно-прикладной области, посвящённой разработке процедур управления соответствием поставленным задачам используемых и вновь создаваемых (внедряемых) организационно-экономических методов. Обсуждается роль библиометрических баз данных и значение анализа публикаций по вопросам управления наукой. Рассмотрено понятие «искусственный интеллект». Дано определение понятия «научная революция». Выявлено значение системы научных кланов в развитии науки. Сопоставлены два основных подхода к оценке результативности научно-исследовательской деятельности – наукометрический и экспертный, выявлены их достоинства и недостатки, возможности использования при управлении наукой. Проанализирована современная научная революция и смена парадигм в развитии математических и статистических методов исследования.

Ключевые слова: управление наукой, искусственный интеллект, математические методы, организационно-экономические методы, наукометрия, экспертное оценивание, научная революция, нечисловая статистика, нечёткость, контроллинг

Для цитирования: Орлов А.И. Научная революция в математических методах исследования и искусственный интеллект// Эргодизайн. 2025. №2 (28). С. 160-170. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2025-2-160-170>.

Original article

Open access article

Scientific Revolution in Mathematical Research Methods and Artificial Intelligence

Alexander I. Orlov^{1✉}

¹ Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

¹ prof-orlov@mail.ru ; <https://orcid.org/0000-0001-7354-4517>

Abstract.

This paper explores several methods addressing the challenge of assessing scientific outcomes and implementing efficient science management in the context of contemporary scientific revolution in mathematical and statistical research techniques along with advancements in artificial intelligence. Considering science as a sector of the economy, it represents a large organizational system characterized by complex inner structures. For successful governance of this field, it is crucial to study both its structural components and operational dynamics under modern conditions. One major obstacle lies in what one calls the “information barrier”, stemming from limitations inherent in human cognitive abilities to absorb and process data. As an example, the authors briefly discuss problems encountered in the evolution of controlling organizational-economic methodologies, focusing specifically on the scientific-applied domain dedicated to designing procedures aimed at managing alignment between applied and newly developed (implemented) organizational-economic methods relative to set goals. The paper considers the role played by bibliometric databases and publication analysis in

understanding science management issues; furthermore, introduces the concept of artificial intelligence, defines the term 'scientific revolution', highlights the significance of scientific clans in advancing knowledge. The work compares two main approaches, namely scientometric and expert evaluation to assess the productivity of research activities, explore their strengths and weaknesses, their utility in governing science. The work investigates the ongoing scientific revolution and paradigm shifts in developing mathematical and statistical research tools.

Keywords: science management, artificial intelligence, mathematical methods, organizational-economic methods, scientometrics, expert assessment, scientific revolution, non-numerical statistics, vagueness, controlling

For citation: Orlov A.I. Scientific Revolution in Mathematical Research Methods and Artificial Intelligence. Ergodizayn [Ergodesign]. 2025;2(28):160-170. Doi: 10.30987/2658-4026-2025-2-160-170.

Введение

Наука как отрасль народного хозяйства – большая организационная система со сложной внутренней структурой. Для результативного управления этой отраслью необходимо изучать её структуру и функционирование в современных условиях. Приходится констатировать, что органы управления имеют искажённое представление о науке. Так, Росстат публикует сведения о числе научных работников, не учитывая в их составе профессорско-преподавательский состав. Хорошо известно, что профессор вуза не только должен заниматься научными исследованиями, но и реально делает это, в чем нетрудно убедиться по данным Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Как известно, требования к научной активности преподавателей не ниже, чем аналогичные требования к штатным научным работникам.

Выработке адекватных методов управления наукой мешает «информационный барьер». Он вызван ограниченностью возможностей человеческого мозга к восприятию информации. Обсудим упрощённый пример. Примем, что за неделю научный работник может изучить одну серьёзную монографию или статью. Тогда за год он сумеет познакомиться с примерно 50 публикациями. А за 100 лет – с 5000 (ясно, что это верхняя граница возможного объёма изученных статей и книг). Однако в любой области науки число актуальных публикаций – сотни тысяч и миллионы. Таким образом, каждый конкретный исследователь может познакомиться лишь с весьма малой долей накопленных научных результатов. В РИНЦ на 20.10.2025 зарегистрировано 22009 математиков и 131698 экономистов, имеющих хотя бы одну научную публикацию. У активных исследователей, как известно, десятки и сотни публикаций (у 391 исследователя – более тысячи). В РИНЦ нет информации о работах подавляющего большинства зарубежных исследователей, пишущих на китайском, испанском и многих других языках. Кроме того, число публикаций быстро растёт. Из сказанного ясна

необходимость создания методов принятия управленческих решений с учётом непреодолимости информационного барьера.

Применяют два основных подхода к объективной оценке результативности научно-исследовательской деятельности – наукометрический и экспертный. Первая в мире монография по наукометрии моего учителя В.В. Налимова в соавторстве с З.М. Мульченко была опубликована в 1969 г. [1]. В ней были выявлены и обоснованы основные идеи этой научной области. Выделим два основных вида исследований – фундаментальные и прикладные. Фундаментальные работы нацелены на увеличение объёма знаний, в то время как прикладные выполняются в интересах конкретного заказчика. Изучение развития науки как информационного процесса проводят для фундаментальной науки. Как установлено в [1], вклад в науку измеряется (в первом приближении) числом цитирований работы в дальнейших исследованиях. Мысль проста: раз цитируют, значит, работа нужна. Экспертный подход основан на субъективных мнениях экспертов – специалистов в соответствующих научных областях. Сопоставление двух подходов проведено в монографии [2], в которой изучен и ряд смежных вопросов. Затем с целью учёта особенностей реального развития науки понадобилось перейти к более широким науковедческим постановкам, в частности, для анализа роли информационного барьера [3 - 5]. Целесообразно привлечь к рассмотрению такие современные реалии, как революция в математических методах исследования и искусственный интеллект [6], весьма важные для профессиональной деятельности автора. Большое значение имеет разработка процедур управления соответствием поставленным задачам используемых и вновь создаваемых (внедряемых) математических, статистических, организационно-экономических методов. Эта тематика развивается в рамках контроллинга – современной теории управления. Как пишет лидер отечественной научной школы в этой области С.Г. Фалько: «Контроллинг - это

«ориентированная на перспективу и основанная на измерении фактов система информационно-аналитической и методической поддержки менеджмента в процессе планирования, контроля, анализа и принятия управленческих решений, обеспечивающая координацию и интеграцию подразделений и сотрудников по достижению поставленных целей» [7].

Настоящая статья посвящена некоторым подходам к решению проблемы оценки научных результатов и результативного управления наукой в условиях современной научной революции в математических методах исследования и развития искусственного интеллекта.

1. Материалы, модели, эксперименты, методы и методики

1.1. Личный опыт научной и научно-организационной работы

Автор статьи - самый цитируемый исследователь МГТУ им. Н.Э. Баумана, один из самых цитируемых математиков и экономистов России. На 25.01.2025 в РИНЦ указаны 717 публикаций, 19405 цитирований, индекс Хирша 48. За 60 лет научной и научно-организационной работы накопился достаточно большой личный опыт в области функционирования науки и управлению ею. Он описан в [8].

В качестве примера кратко обсудим проблемы, выявленные при развитии контроллинга организационно-экономических методов. Речь идёт о научно-прикладной области, посвящённой разработке процедур управления соответствием поставленным задачам используемых и вновь создаваемых (внедряемых) организационно-экономических методов. При такой постановке мы далеко уходим от первоначальной концепции контроллинга, связанной, прежде всего, с финансовыми аспектами деятельности организации (предприятия), управленческим учётом, вообще от проблем управления хозяйственной единицей, выходим за пределы экономических наук.

Организационно-экономические методы рассматриваем как математические методы исследования – научную базу искусственного интеллекта. С 2008 г. мы развиваем контроллинг организационно-экономических методов как самостоятельное направление в контроллинге. Оправданием целесообразности такого расширения

тематики контроллинга является то, что во многих областях научной и прикладной деятельности возникает необходимость управления соответствием используемых методов поставленным задачам.

Например, в прикладной статистике необходимы правила проверки адекватности используемых расчётных методов реальной ситуации. Исходная работа в этом направлении была выполнена в русле научно-общественного движения 1980-х годов, приведшего к созданию Всесоюзного центра статистических методов и информатики Центрального правления Всесоюзного экономического общества (1989), действовавшем под нашим руководством, и Всесоюзной статистической ассоциации (1990). Автор настоящей статьи был избран её вице-президентом - руководителем секции статистических методов. Эти организации погибли в результате развала СССР, но научные результаты вошли в учебники XXI в. (см. [8]).

Казалось бы, методы управления соответствием используемых методов поставленным задачам (в прикладной статистике - правила проверки адекватности используемых расчётных методов реальной ситуации) должны быть зафиксированы в нормативно-технической документации (например, в ГОСТах). Однако практика показывает опасность подготовки подобной документации неквалифицированными лицами. С подобной ситуацией мы сталкивались при анализе государственных и международных стандартов по статистическим методам управления качеством в 1980-х гг. Как было установлено Рабочей группой из 66 специалистов (15 докторов и 36 кандидатов наук), несколько десятков из них содержали грубые ошибки и в итоге были отменены.

Бесспорно, что опираться надо на научные результаты, а не на ошибочные материалы, пусть даже они называются ГОСТами (тем более что в современных условиях любые ГОСТы не являются обязательными). Сомнительные ГОСТы и аналогичные материалы должны быть проанализированы и при обнаружении ошибок отменены. К сожалению, анализ подобных текстов требует много времени квалифицированных специалистов. Из-за отсутствия соответствующей организационной структуры и необходимых ресурсов такой анализ в отношении ряда нормативно-технических документов ещё не проведён, и

подобные материалы, к сожалению, действуют в ряде областей. Например, в метрологии.

Действующая система разработки государственных и международных стандартов и другой нормативно-технической документации не предусматривает опору на современные научные достижения. С другой стороны, потенциальные эксперты, например, в институтах Академии наук, не стремятся к участию в подготовке стандартов и других нормативно-технических документов.

Как быть? Необходимы изменения в преподавании учебных курсов, посвящённых организационно-экономическим методам, с целью обеспечения их соответствия современным требованиям. Ряд нужных для этого учебников уже выпущен нами в 2003 – 2024 гг. (см. [8]).

1.2. Библиометрические базы данных

Современные методы анализа «больших данных» позволяют получить достаточно адекватное представление о массиве научных публикаций в стране и мире. Материалы, сконцентрированные в различных библиометрических базах данных (их десятки), позволяют анализировать различные стороны развития науки. Для нашей страны наиболее важен РИНЦ на основе eLIBRARY.ru. Из действующих в недружественных странах библиометрических баз отечественным научным администраторам наиболее известны Web of Science (WoS) и Scopus. Назовём также Google Scholar (Академия Google), Research Gate, Open Alex, Microsoft Academic Graph (MAG), ARGIS, CAS, GeoRef, Springer.

Как известно, под библиометрией понимают применение статистических методов к изучению библиографических данных, особенно в научном контексте. Она тесно связано с наукометрией (наукометрикой), настолько тесно, что обе области в значительной степени пересекаются. Огромная литература посвящена этим направлениям (см., например, [9]).

1.3. Анализ публикаций по вопросам управления наукой

Исходим из результатов такого анализа, проведённого нами ранее и отражённого в сборнике [10] и монографии [2] (см. также [8, раздел 5.1.3] и [11]). Из дальнейших публикаций отметим обсуждение проблем использования наукометрических индикаторов для оценки результативности

научной деятельности учёных и их коллективов [12 - 14].

Важной представляется выявленная нами тенденция к смене терминологии [15], в ходе которой ранее разработанные модели, методы и целые научные дисциплины получают новые названия. Такая смена облегчает получение финансирования, создание новых организационных структур. При этом из-за «информационного барьера» (см. выше) ранее полученные научные результаты уходят из поля зрения новых поколений исследователей и забываются.

1.4. Искусственный интеллект

Примером смены терминологии является весьма популярное в настоящее время словосочетание «искусственный интеллект». Его понимают по-разному. Приведём определение из «Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года». В ней принято следующее определение: «... искусственный интеллект - комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека».

В этом определении прямо не говорится про научную основу «комплекса технологических решений». По нашему мнению, в социально-экономической области в качестве такой основы можно использовать организационно-экономическое моделирование, математические методы исследования. Автор занимается проблемами искусственного интеллекта около полувека (первые статьи напечатаны в 1972 г.). Основные результаты включены в серию из трёх монографий «Искусственный интеллект», посвящённых нечисловой статистике [16], экспертным оценкам [17], статистическим методам анализа данных [18].

Необходимо добиться, чтобы научная основа «комплекса технологических решений», т.е. искусственного интеллекта, соответствовала современному уровню развития науки. Отметим, что современные обсуждения различных проблем искусственного интеллекта зачастую напоминают дискуссии середины XX в. о кибернетике. Термин «искусственный интеллект» заменил термин «кибернетика». Безобидна ли игра с терминами? Директор Института проблем управления академик РАН

Д.А. Новиков обоснованно считает, что «Вокруг искусственного интеллекта складывается очень тревожная структура знаний и компетенций» [19].

1.5. Научные революции

При управлении наукой необходимо учитывать, что за последние десятилетия в области математических методов исследования произошла принципиально важная научная революция.

По словам один из лидеров историко-эволюционистского направления в философии науки Т. Куна: «Научные революции – это некумулятивные эпизоды развития науки, во время которых старая парадигма замещается целиком или частично новой парадигмой, не совместимой со старой» [20, с.129]. Понятие «научная революция» широко обсуждается специалистами в различных областях, прежде всего, философами. Хорошо известны революции в физике (при переходе от Аристотеля к Ньютону и в XX в., связанной с созданием квантовой механики, ядерной физики и теории относительности). Революция в биологии обусловлена появлением генетики, революция в истории – созданием новой статистической хронологии.

В этом ряду – и революция в математических и статистических методах исследования [6], основанная на новой парадигме в этой научно-практической области. В более ранних публикациях мы использовали термин «новая парадигма», но не термин «научная революция». Как пишет Т. Кун (см. выше), понятия, соответствующие этим терминам, неразрывно связаны. На примере прикладной математической статистики сравнение по 17 основным характеристикам старой и новой систем идей, взглядов и понятий (т.е. старой и новой парадигм) проведено нами в 2013 г. в статье [21]. Новой парадигме предшествовали две парадигмы, которые мы обозначили как примитивная и устаревшая.

Первая из них соответствует описательной стадии развития статистической науки, на которой использовались те или иные отдельные эвристические методы анализа данных. Например, построение таблиц, расчёт выборочного среднего арифметического, метод наименьших квадратов. Первая научная революция в математических методах исследования – это появление классической теории математической статистики. Она была в основном разработана к середине XX в.

Соответствующая ей парадигма отражена, в частности, в учебниках по теории вероятностей и математической статистике, по которым и в настоящее время учатся студенты различных специальностей.

Эту парадигму мы считаем устаревшей. На смену ей пришла новая (современная) парадигма, основы которой были выявлены в научно-общественном движении 1980-х годов, приведшем, в частности, к созданию Всесоюзной статистической ассоциации. Это движение было заторможено в 1990-х годах из-за проблем, порождённых развалом Советского Союза. Возрождение наступило уже в XXI в. Появилось большое число монографий, учебников, научных статей, подготовленных в соответствии с новой парадигмой математических методов исследования.

Надо отметить, что в развитии математики выделяют ряд научных революций. Первая – при переходе от эмпирических формул к появлению математики как науки. В Древней Греции появились теоремы, доказательства, аксиомы, прежде всего в геометрии.

Вторая революция – создание дифференциального и интегрального исчисления, введение в математику движения.

Третья – переход на язык теории множеств, повышенное внимание к аксиоматическим теориям (по Гильберту и Гёделю), переход к рассмотрению математики как науки о формальных системах, в частности, отделение математики от естествознания.

Сейчас происходит четвертая революция. Новая парадигма математических и статистических методов исследования раскрыта в системной нечёткой интервальной математике. Эту новую научную область мы рассматриваем как основу математики XXI века. Она служит базой для разработки современного инструментария математических и статистических методов исследования.

2. Результаты

2.1. Система научных кланов

Чтобы функционировать в условиях «информационного барьера», научное сообщество разбивается на подсистемы, которые мы называем кланами. Клан – это группа учёных, в которой все её участники знают о работах всех других специалистов из той же группы. Типовая численность клана – несколько сотен исследователей.

Сформировавшийся клан обладает соответствующей инфраструктурой – самостоятельными организациями и/или структурными подразделениями НИИ и вузов, научными журналами, диссертационными советами, проводит свои конференции и т.п. Члены клана могут успешно заниматься наукой и строить карьеру внутри клана, не выходя за его пределы. Они практически не интересуются тем, что находится вне клана, а потому не могут объективно оценить полученные вне клана научные результаты.

Клановая структура фиксирует сложившуюся ситуацию. Она является тормозом на пути новых научных направлений. Речь идёт не о преследовании новых идей, а скорее об их игнорировании (замалчивании). Вполне естественно, что члены клана поддерживают своих и настороженно относятся к чужакам.

2.2. Два основных подхода к объективной оценке результативности научно-исследовательской деятельности – наукометрический и экспертный

Методы сбора и анализа субъективных мнений экспертов в настоящее время широко используются при принятии управленческих решений [17]. Управление наукой до недавнего времени было основано именно на экспертных оценках. На основе мнений учёных и научных администраторов проводилось распределение финансирования, преобразование организационных структур, решались кадровые вопросы (например, присвоение учёных степеней и званий).

Поскольку наука имеет клановую структуру, то коллективное мнение комиссии экспертов во многом определяется составом экспертов. Каковы эксперты – таков и результат их работы.

Появление наукометрии впервые в истории позволило получить не субъективные, а объективные оценки результатов научной деятельности. Это особенно важно для фундаментальной науки, в которой значимость полученных научных результатов разные специалисты оценивают по-разному. В прикладной науке иначе. Главное – решение поставленной заказчиком задачи. Для специалистов, участвующих в атомном или космическом проекте, результат их деятельности налицо, и нет смысла рассматривать число статей или цитирований.

Объективность наукометрических показателей вызывает резкое неприятие у тех, кто привык к высокому положению в своём клане, но не оказался впереди с точки зрения

наукометрии. Поскольку наукометрические показатели получают на основе библиометрических баз данных, то появляются попытки добиться нужных значений, например, путём ограничения рассматриваемого множества журналов. Интересно посмотреть на эти попытки «приподнять» сложившиесяклады в ущерб новым направлениям, описанные в [22]. Вред ориентации на базы данных SCOPUS и WEB OF SCIENCE показан в [23]. Национальная система оценки науки может быть построена на данных РИНЦ [2].

2.3. Современная научная революция в математических и статистических методах исследования

Для выявления тенденций развития науки наукометрии и экспертов недостаточно. Необходим более глубокий науковедческий анализ.

Обсудим математические и статистические методы исследования – основную область профессиональной деятельности автора статьи [8], [16], [17], [18]. На них можно взглянуть с двух точек зрения - прикладников, применяющих такие методы, и теоретиков, их разрабатывающих.

Прикладники обычно считают, что совокупность нужных им математических методов давно разработана, всё необходимое для практического применения изложено в учебниках и справочниках, для проведения расчётов достаточно распространённых программных продуктов, а теоретики занимаются отдельными мелкими улучшениями и вникать в их работы прикладникам нет необходимости, нецелесообразно, поскольку времени всегда не хватает.

Теоретики знают, что за последние десятилетия в области математических методов исследования произошла принципиально важная научная революция. В её ходе создана новая методология, разработаны модели и методы, резко отличающиеся от прежних. Усилиями этой категории исследователей научная революция осуществлена и развивается.

В настоящее время между воззрениями прикладников и теоретиков в области математических методов исследований наблюдаем значительное различие. Для его уменьшения необходимо разъяснить научному сообществу существо обсуждаемой научной революции.

В хорошо знакомым прикладникам учебникам и справочникам, соответствующим

научному уровню середины XX в., в качестве статистических данных рассматривались числовые величины. А именно, действительные числа, конечномерные вектора, функции с числовыми значениями (временные ряды, случайные процессы). Термин «числовые» означает, что элементы выборки можно складывать и умножать на число, т.е. эти элементы лежат в некотором линейном пространстве. В результате научной революции конца XX - начала XXI вв. произошёл отказ от предположения линейности. В качестве выборочных данных стали рассматривать элементы пространств произвольной природы. Центром математических методов исследования стала статистика нечисловых данных.

Вторая принципиально важная черта научной революции - обобщение классических типов чисел путём явного учёта размытости (нечёткости, расплывчатости) реальных статистических данных. Для всех видов измерений их результаты имеют погрешности, однако классические статистические методы не учитывают наличие погрешностей. Для преодоления этого недостатка разработана статистика интервальных данных, в которых элементы выборки - не числа, а интервалы. Учёт погрешностей измерений может быть проведён и путём перехода к анализу нечётких данных.

Отметим два революционных момента. Первый - переход от прежних математических чисел к прагматическим числам, характерной чертой которых является нечёткость (размытость, расплывчатость). В прикладной статистике речь идёт, прежде всего, о переходе к статистике интервальных данных [16]. Вторым моментом связан с тем, что распределения реальных данных, как правило, нельзя считать нормальными (гауссовскими). Как следствие, необходимо развивать и использовать непараметрические методы статистики [18].

В ходе научной революции центральной областью прикладной статистики стала статистика нечисловых данных [16]. Этот термин имеет синонимы: статистика объектов нечисловой природы, нечисловая статистика. В этой области элементы выборки лежат в нелинейных пространствах, их нельзя складывать и умножать на число. В инструментарии классических разделов математических методов исследования - в статистике чисел, векторов (в многомерном статистическом анализе), функций (в

статистике случайных процессов и временных рядов) - центральное место занимали суммы и функции от сумм случайных элементов, лежащих в линейных пространствах. В статистике нечисловых данных подобных сумм нет, инструментарий основан на использовании расстояний и задач оптимизации.

К этой области относится, в частности, современная теория измерений. Статистические методы анализа данных являются адекватными только тогда, когда полученные с их помощью выводы инвариантны относительно допустимых преобразований шкал, в которых измерены анализируемые данные. Основные шкалы - это шкалы наименований, порядковые, интервалов, отношений, разностей, отношений. Они позволяют выделить области соответствующих им методов анализа статистических данных [16].

В ходе революции в математических методах исследования резко возросла роль компьютерной техники, информационно-коммуникационных технологий, в современной терминологии - искусственного интеллекта [6]. Если в рамках устаревшей парадигмы они использовались в основном лишь для расчётов значений показателей и таблиц функций распределения статистических критериев, то в настоящее время стали одним из основных инструментов исследователя [18].

Мощным инструментом разработчиков методов в области прикладной статистики являются предельные теоремы теории вероятностей - закон больших чисел, центральная предельная теорема и т.п. Ориентированные на математику специалисты призывают только ими и ограничиться. Однако для практического использования статистических методов предельных теорем недостаточно. Необходимо найти границу - выяснить, начиная с какого объёма выборки можно пользоваться результатами, полученными с помощью предельных теорем. И выяснить, как принимать решения, если объём имеющихся данных меньше этой границы.

Теоретические оценки скорости сходимости обычно значительно преувеличивают такие границы. В соответствии с новой парадигмой исследователю доступна универсальная «отмычка» - метод статистических испытаний (метод Монте-Карло), другими словами, имитационное моделирование. Он основан на

использовании последовательности псевдослучайных чисел, свойства которых напоминают свойства рассматриваемых в теории вероятностей случайных величин. Основная идея состоит в последовательном выполнении следующих этапов: разработка вероятностно-статистической модели реального явления или процесса; планирование статистического испытания, в котором случайные величины заменяются псевдослучайными, полученными с помощью того или иного датчика; проведение большого числа испытаний (тысяч или миллионов); анализ полученных результатов расчётов.

Предельные теоремы – только необходимый первый шаг. Под «малой выборкой» понимают такую выборку, для которой нельзя применять выводы, основанные на предельных теоремах. В каждой конкретной задаче возникает необходимость разделить конечные объёмы выборки на два класса – те, для которых можно применять предельные теоремы, и те, для которых делать это нельзя из-за риска получения неверных выводов. Во втором случае необходимо вычислять распределения статистик при конкретных объёмах выборок. Вычислять с помощью программных продуктов, поскольку традиционное использование таблиц невозможно в принципе из-за того, что они имели бы непрактично большой объём.

В устаревшей парадигме исследователь задаёт уровень значимости (вероятность того, что нулевая гипотеза будет отвергнута, в то время как она верна). Затем он находит из таблиц соответствующее критическое значение, которое сравнивает со значением статистики критерия, на основе чего и принимает решение о принятии или отклонении нулевой гипотезы. Поскольку распределения ранговых статистик дискретны, то обычно невозможно выдержать заданное значение уровня значимости [18]. Современный подход предполагает переход от уровня значимости к достигаемому уровню значимости, т.е. к наименьшей величине уровня значимости, при которой нулевая гипотеза отвергается для данного значения статистики критерия. В перспективе программные продукты позволят находить достигаемый уровень значимости для любых наблюдаемых выборок.

2.4. Смена парадигм в развитии математических и статистических методов

Современная парадигма предполагает значительную роль методологии при

разработке и применении математических и статистических методов исследования. На её основе с позиций контроллинга организационно-экономических методов сформированы основные требования к статистическим методам анализа данных, позволяющие обеспечить построение адекватных вероятностно-статистических моделей реальных явлений и процессов, а затем обосновать выбор методов анализа данных [24], [25]. Например, требование использовать непараметрические методы статистики вместо параметрических (в частности, основанных на непроверяемом предположении о нормальности распределений результатов измерений) – это типичное методологическое требование.

Особенностью современного этапа развития математических методов исследования является сосуществование работ, выполненных в рамках всех рассматриваемых парадигм – примитивной, устаревшей и современной. Так, публикации Федеральной службы государственной статистики (Росстата) выполнены в основном согласно примитивной парадигме. Они содержат в основном таблицы, диаграммы и графики, как и работы XIX в. Однако их непосредственный анализ в ряде случаев позволяет получить полезные для практики выводы.

Устаревшая парадигма была господствующей в статистической теории первой половины XX в. Вначале математическая статистика (созданная как наука в начале XX в.) занималась проблемами оценивания и проверки гипотез применительно к постановкам, в которых предполагалось, что распределения элементов выборок принадлежат тому или иному параметрическому семейству. К середине XX в. параметрическая статистика была в основном разработана. Однако некоторые важные результаты были получены гораздо позже, вплоть до современности. К ним относятся, например, работы, в которых обоснована замена оценок максимального правдоподобия одношаговыми оценками, а также публикации по методам оценивания параметров гамма-распределения и бета-распределения [8]. Значительная часть прикладных работ исходит из устаревшей парадигмы параметрической статистики.

На переднем крае математико-статистической науки находятся исследования по непараметрической и нечисловой статистике, исходящие из современной парадигмы. Отнюдь не все

научные проблемы решены. Например, неизвестен аналог Центральной предельной теоремы в случае нечисловых данных общей природы. Необходима дальнейшая разработка моделей и методов анализа совпадений элементов выборок при применении непараметрических ранговых статистик. Обратим внимание на нерешённые задачи, включённые в «цахкадзорскую тетрадь» (название объясняется тем, что первоначальный список нерешённых задач был составлен участниками конференции по статистическим методам в армянском посёлке Цахкадзор).

Заключение и выводы

Современная наука как отрасль народного хозяйства является большой организационной системой со сложной внутренней структурой. Для результативного управления этой отраслью необходимо изучать её структуру и функционирование в современных условиях. Проблемы оценки научных результатов и результативного управления наукой кратко обсуждаются на примере современной научной революции в математических и статистических методах исследования и в условиях развития искусственного интеллекта. Обсудим основные научные результаты, рассмотренные в статье.

1. Выявлена роль «информационного барьера» в развитии науки.

2. Введено понятие «научный клан», установлено значение системы научных кланов в научной деятельности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Налимов В.В., Мульченко З.М.** Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса. М.: Наука, 1969. 192 с.
2. **Лойко В.И., Луценко Е.В., Орлов А.И.** Современные подходы в наукометрии: монография. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2017. 532 с. ISBN 978-5-00097-334-9. EDN YRICZD.
3. **Orlov A.I.** Governing Science in contemporary conditions from the Biocosmological Initiative perspective. *Biocosmology - neo-Aristotelism*. 2022;12(3&4):501- 507.
4. **Orlov A.I.** V.I. Vernadsky and the new paradigm of economic science, *Biocosmology – neo-Aristotelism*. 2023;13. Yearly Issue:100 – 104.
5. **Orlov A.I.** About development trends of mathematical, statistical and instrumental methods of economics // *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2024;201:266-288. DOI 10.21515/1990-4665-201-023. EDN BAZELE.
6. **Орлов А.И.** Революция в математических методах исследования и искусственный интеллект. Интеллектуальные технологии в эргономике и когнитивных науках. Брянск, 2024. С. 54-57. EDN XCJGLB. ISBN 978-5-907958-06-7.

3. Сопоставлены два основных подхода к оценке результативности научно-исследовательской деятельности – наукометрический и экспертный, выявлены их достоинства и недостатки, возможности использования при управлении наукой.

4. Выявлены и проанализированы основные черты современной научной революции в области математических и статистических методов исследования.

5. Показана роль искусственного интеллекта в четвертой математической революции.

6. Продемонстрирована смена парадигм в ходе развития математических и статистических методов исследования.

7. Выявлено значение концепции контроллинга математических и статистических методов, т.е. показана важность разработки процедур управления соответствием поставленным задачам используемых и вновь создаваемых (внедряемых) организационно-экономических методов.

Намеченные в настоящей статье подходы, по нашему мнению, заслуживают обсуждения и дальнейшего развития, а также могут быть использованы в научных исследованиях и при преподавании, что уже и делается в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

REFERENCES

1. **Nalimov V.V., Mulchenko Z.M.** *Scientometrics. The Study of Science as an Information Process*. Moscow: Nauka; 1969. 192 p.
2. **Loiko V.I., Lutsenko E.V., Orlov A.I.** *Modern Approaches in Scientometrics*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University; 2017. 532 p.
3. **Orlov A.I.** *Governing Science in Contemporary Conditions from the Biocosmological Initiative Perspective*. *Biocosmology – Neo-Aristotelism*. 2022;12(3&4):501-507.
4. **Orlov A.I.** V.I. Vernadsky and the New Paradigm of Economic Science, *Biocosmology – Neo-Aristotelism*. 2023;13. Yearly Issue:100-104.
5. **Orlov A.I.** *About Development Trends of Mathematical, Statistical and Instrumental Methods of Economics*. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2024;201:266-288. DOI 10.21515/1990-4665-201-023.
6. **Orlov A.I.** *The Revolution in Mathematical Research Methods and Artificial Intelligence*. In: *Proceedings: Intelligent Technologies in Ergonomics and Cognitive Sciences*; Bryansk: 2024. p. 54-57.

7. **Фалько С.Г.** Предмет контроллинга как самостоятельной научной дисциплины // *Контроллинг*. 2005. № 13. С. 2-6. EDN YZDNYF.
8. **Орлов А.И.** Шестьдесят лет в мире формул (1964 – 2023). Комментарии к списку научных и методических трудов [Электронный ресурс]. URL: <https://orlovs.pp.ru/forum/viewtopic.php?f=1&t=3711> (дата обращения 25.01.2025).
9. **Гонашвили А.С.** Наукометрические базы данных и работа с ними. СПб.: Университет при МПА ЕврАзЭС, 2020. 57 с. EDN BRFOGK.
10. **Новиков Д.А., Орлов А.И., Чеботарёв П.Ю.** Управление большими системами. Сборник трудов. Специальный выпуск 44. Наукометрия и экспертиза в управлении наукой. М.: Институт проблем управления РАН, 2013. 568 с.
11. **Orlov A.I.** About mathematical, statistical and instrumental methods of economy and management of science // *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2023;186:173-194. DOI 10.21515/1990-4665-186-011. EDN FWHNUU.
12. **Спасенников В.В., Андросов К.Ю.** Наукометрические индикаторы и особенности оценки эффективности научной деятельности учёных с использованием индексов цитирования (обзор отечественных и зарубежных исследований) // *Эргодизайн*. 2021. №3(13). С. 219-232. DOI 10.30987/2658-4026-2021-3-219-232. EDN PIVVDC.
13. **Дворникова О.Ф., Спасенников В.В., Дворников С.В.** Управление научной деятельностью креативных сотрудников в высшей школе с использованием наукометрических индикаторов // *Эргодизайн*. 2023. №1 (19). С. 3-12. DOI 10.30987/2658-4026-2023-1-3-12. EDN ZEFYTY.
14. **Спасенников В.В., Сканцев В.М., Молчанова Н.В.** Публикационная активность и продуктивность преподавателей в зеркале наукометрии // *Эргодизайн*. 2022. № 1(15). С. 55-65. DOI 10.30987/2658-4026-2022-1-55-65. EDN QFRPBR.
15. **Орлов А.И.** Смена терминологии в развитии науки // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2022. № 177. С. 232-246. DOI 10.21515/1990-4665-177-013. EDN MTRZNS.
16. **Орлов А.И.** Искусственный интеллект: нечисловая статистика. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 446 с. ISBN 978-5-4497-1435-0. EDN PPGFIE.
17. **Орлов А.И.** Искусственный интеллект: экспертные оценки. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 436 с. ISBN 978-5-4497-1469-5. EDN VKOYAV.
18. **Орлов А.И.** Искусственный интеллект: статистические методы анализа данных. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 843 с. ISBN 978-5-4497-1470-1. EDN BES0IO.
19. **Новиков Д.А.** Вокруг искусственного интеллекта складывается очень тревожная структура знаний и компетенций [Электронный ресурс]. URL: <https://new.ras.ru/mir-nauky/news/vokrug-iskusstvennogo-intellekta-skladyvaetsya-ochen-trevozhnaya-struktura-znaniy-i-kompetentsiy-aka/?ysclid=ldx9tajju6720668306> (дата обращения 29.01.2025).
20. **Кун Т.** Структура научных революций / Пер. с англ.; сост. В. Ю. Кузнецов. М.: ООО «Издательство АСТ», 2002. 608 с. ISBN 5-17-010707-2.
21. **Орлов А.И.** Основные черты новой парадигмы математической статистики // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. №90. С. 188-214. EDN RCEKXK.
7. **Falko S.G.** The Subject of Controlling as a Separate Scientific Discipline. *Controlling*. 2005;13:2-6.
8. **Orlov A.I.** Sixty Years in the World of Formulas (1964-2023). Comments on the List of Scientific and Methodological Works [Internet] [cited 2025 Jan 01]. Available from: <https://orlovs.pp.ru/forum/viewtopic.php?f=1&t=3711>
9. **Gonashvili A.S.** Science Databases and Work with Them. Saint Petersburg: University Under the Interparliamentary Assembly of the EurAsEC; 2020. 57 p.
10. **Novikov D.A., Orlov A.I., Chebotarev P.Yu.** Large-Scale Systems Control. Proceedings on Scientometrics and Expertise in Science Management. Moscow: Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences; 2013. Special Issue 44. 568 p.
11. **Orlov A.I.** About Mathematical, Statistical and Instrumental Methods of Economy and Management of Science. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2023;186:173-194. DOI 10.21515/1990-4665-186-011.
12. **Spasennikov V.V., Androsov K.Yu.** Scientometric Indicators and Features of Evaluating the Scholars' Scientific Activity Effectiveness Using Citation Indices (Review of Domestic and Foreign Studies). *Ergodesign*. 2021;3(13):219-232. DOI 10.30987/2658-4026-2021-3-219-232.
13. **Dvornikova O.F., Spasennikov V.V., Dvornikov S.V.** Managing the Scientific Activity of Creative Employees in Higher Education Using Scientometric Indicators. *Ergodesign*. 2023;1(19):3-12. DOI 10.30987/2658-4026-2023-1-3-12.
14. **Spasennikov V.V., Skantsev V.M., Molchanova N.V.** Lecturers' Publication Activity and Productivity in the Mirror of Scientometry. *Ergodesign*. 2022;1(15):55-65. DOI 10.30987/2658-4026-2022-1-55-65.
15. **Orlov A.I.** Change of Terminology in the Development of Science. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University* [Internet]. 2022;177:232-246. DOI 10.21515/1990-4665-177-013.
16. **Orlov A.I.** Artificial Intelligence: Non-Numerical Statistics. Moscow: IPR Media; 2022. 446 p.
17. **Orlov A.I.** Artificial Intelligence: Expert Assessments. Moscow: IPR Media; 2022. 436 p.
18. **Orlov A.I.** Artificial Intelligence: Statistical Methods for Data Analysis. Moscow: IPR Media; 2022. 843 p.
19. **Novikov D.A.** A Very Alarming Structure of Knowledge and Competencies Is Forming Around Artificial Intelligence [Internet] [cited 2025 Jan 29]. Available from: <https://new.ras.ru/mir-nauky/news/vokrug-iskusstvennogo-intellekta-skladyvaetsya-ochen-trevozhnaya-struktura-znaniy-i-kompetentsiy-aka/?ysclid=ldx9tajju6720668306>.
20. **Kuhn T.** The structure of Scientific Revolutions, translated from English. Kuznetsov VYu, compiler. Moscow: AST; 2002.
21. **Orlov A.I.** Main Features of the New Paradigm of Mathematical Statistics. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University* [Internet]. 2013;90:188-214.

22. **Рубинштейн А.Я.** О наукометрических рейтингах и журнальной ВАКханалии // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2023. Т. 27, № 2. С. 290-305. DOI 10.17323/1813-8691-2023-ëë27-2-290-305. EDN СНУРДС.

23. **Орлов А.И.** Вред ориентации на базы данных SCOPUS и WEB OF SCIENCE // Россия: Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 16: Материалы XX Национальной научной конференции с международным участием «Модернизация России: приоритеты, проблемы, решения» / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; Отв. ред. В.И. Герасимов. Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2021. Ч. 1. С. 835-840.

24. **Orlov A.I.** Controlling of economic and mathematical methods // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2023;190:70-80. DOI 10.21515/1990-4665-190-010. EDN UGETVL.

25. **Orlov A.I.** Basic requirements for statistical methods of data analysis // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2022;181:316-343. DOI 10.21515/1990-4665-181-026. EDN OKGBOS.

Информация об авторах:

Орлов Александр Иванович - профессор, доктор экономических наук, доктор технических наук, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры «Экономика и организация производства» и заведующий научно-исследовательской лабораторией «Экономико-математические методы в контроллинге» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана», SPIN-код: 4342-4994, AuthorID: 1844 (РИНЦ), prof-orlov@mail.ru

22. **Rubinstein A.Ya.** About Scientometric Ratings and Journal BACchanalia. Higher School of Economics Economic Journal. 2023;27(2):290-305. DOI 10.17323/1813-8691-2023-ëë27-2-290-305.

23. **Orlov A.I.** Harm of Focusing on SCOPUS and WEB OF SCIENCE Databases. In: Gerasimov VI, editor. Proceedings of the 20th International Scientific Conference on Modernization of Russia: Priorities, Problems, Solutions. Development Trends and Prospects; Moscow: Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences: 2021. Issue 16, part 1; p. 835-840.

24. **Orlov A.I.** Controlling of Economic and Mathematical Methods. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University [Internet]. 2023;190:70-80. doi: 10.21515/1990-4665-190-010.

25. **Orlov A.I.** Basic Requirements for Statistical Methods of Data Analysis. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University [Internet]. 2022;181:316-343. DOI 10.21515/1990-4665-181-026.

Information about the authors:

Orlov Alexander Ivanovich – Professor, Doctor of Economic Sciences, Doctor of Technical Sciences, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Full Professor of the Economy and Manufacture Organization Department and Head of the Laboratory of Economic-Mathematical Methods in Controlling at Bauman Moscow State Technical University, SPIN code: 4342-4994, AuthorID: 1844 (Russian Index of Scientific Citation – RISC), Email: prof-orlov@mail.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.04.2025; одобрена после рецензирования 24.04.2025; принята к публикации 25.04.2025. Рецензент – Спасенников В.В., доктор психологических наук, профессор, главный редактор журнала «Эргодизайн».

The paper was submitted for publication on the 16th of April 2025; approved after the peer review on the 24th of April 2025; accepted for publication on the 25th of April 2025. Reviewer – Spasennikov V.V., Doctor of Psychology, Professor of Bryansk State Technical University, Editor-in-Chief of the journal “Ergodesign”.