

# Системный анализ методологии выявления трендов развития науки и технологии\*

В.И. Тищенко

**Аннотация.** В статье проведен сравнительный анализ современных количественных методов выявления трендов развития S&T, используемых наряду с экспертными. Показано, что методы tech mining приоритетных тематик опираются на представление о науке как исследовательской деятельности. В качестве альтернативной методологии выделения приоритетных научно-технологических тематик предложена модель познавательной деятельности, основанная на процессе структуризации и представления реальности в виде «сетового пространства». Рассмотрен case study применения предлагаемой методологии для онлайн-выявления трендов развития науки и технологии.

**Ключевые слова:** научно-технологические тренды, tech mining, интеллектуальный анализ данных, науковедение, сетевая реальность.

## Введение

Вопросы прогнозирования и определения приоритетов в исследованиях и разработках имеют достаточно глубокую историю развития [1,2]. В 70-е годы прошлого века эта проблематика вновь привлекла общественное внимание в качестве элемента глобального моделирования, реализованного в работах Дж. Форрестера [3] и группы Донеллы и Дениса Д. Медоузов [4] на основе разработанного Дж. Форрестером метода системной динамики, позволяющего исследовать поведение сложной структуры взаимосвязанных переменных.

Это был период бурного развития формализованных методов системного анализа, в центре внимания которого оказались большие системы, рассматриваемые как совокупность взаимосвязанных подсистем, объединенных общей целью развития. При этом предметом анализа в процессе построения глобальных моделей оказывалась методология прогнозирования и проектирования развития человечества, отдельных регионов, стран, социальных институтов. Значимый вклад в становление этой методологии внесли работы, выполненные учеными Всесоюзного института системных исследований ГКНТ и АН СССР [5]. Фундаментальные исследования по вопросам научно-технологических прогнозов, как например, анализ процессов социально-экономического развития СССР, полученные в 1979 году на основе методов математического моделирования и содержащие прогноз о неизбежном кризисе страны

(в том числе и в развитии науки), актуальны и в наше время [6,7].

Вместе с тем следует отметить, что концепция глобального моделирования представляла собой экстраполяцию методов системного анализа различных областей действительности на исследование мировой системы в целом. В математических моделях глобального развития не находили должного отражения переменные, связанные с научно-техническим прогрессом. Это, возможно, обусловлено тем, что компьютерные модели Дж. Форрестера, М. Месаровича-Э. Пестеля и других авторов из-за своей сверхсложности не получили рационального отражения в массовом сознании и в среде политиков. С другой стороны, сама наука в этот период не стала еще определяющей характеристикой развития общества, инновационным фактором экономического роста [8]. Вопросы планирования и определения приоритетности научных исследований представляли интерес лишь в рамках организационных систем управления наукой, не выходя в пространство факторов формирования национальной политики.

И только в настоящее время проблема разработки методов определения перспективных направлений, трендов научных исследований и технологий (S&T) превратилась в важнейшую составляющую процесса формирования национальной научной политики различных стран [9]. Не являются исключением из этого и страны, использующие модель догоняющего развития при формировании экономических стратегий развития

\* При поддержке РФФИ грант 16-29-12922.

[10, 11]. При разработке национальной политики развивающихся стран (как, например, группы стран БРИКС) имеет фундаментальное значение разрабатываемая в последнее десятилетие методология анализа циклов Кондратьева как концептуальной основы построения математических моделей, увязывающих экономический рост с научно-техническим прогрессом, с динамикой инноваций [12-14].

Акцентирование внимания на проблеме выбора приоритетных направлений в национальных научных политиках связано с тем, что во второй половине прошлого века в общественном сознании распространилось представление, что определение приоритетов в преодолении научно-технологических проблем и, соответственно, стратегия приоритетного финансирования являются решающими факторами роста конкурентоспособности и благосостояния наций [15].

Важнейшей особенностью сложившейся системы прогнозирования и определения приоритетов S&T при всем разнообразии распространенных методов является имманентно присущее им противоречие «консерватизма» и «концептуальной конкуренции». Между тем последняя и должна была бы порождать научные революции, которые собственно обеспечивают научный прорыв на том или ином направлении. Однако, как правило, работы, связанные с прогнозированием развития фундаментальной науки и анализом перспектив практической востребованности ее достижений, основываются на рассмотрении своего рода «оценки возможностей». По преимуществу такой подход носит ретроспективный характер и опирается на статистический, либо экспертный анализ имеющихся заделов в рамках определенным образом заданного множества тематических направлений, условий их реализации, ограничений и возможных сроков реализации.

Развитие глобализации и появление новых информационно-коммуникационных возможностей привело к резкому увеличению объемов научно-технологического знания и сокращению сроков его коммерциализации. Это, в свою очередь, сопровождается эволюцией процедур выбора и прогнозирования приоритетных научных направлений.

И, соответственно, несмотря на национальные особенности проявления, система прогнозирования и выделения приоритетных направлений и трендов развития знания и технологий оформилась как методологическая проблема.

Начиная с 1950-х и до середины 1980-х гг., направления научных исследований в государственном секторе определялись в основном при

участии непосредственно научным сообществом. Но с конца прошлого века эта функция сместилась к правительственным или около правительственным структурам. В настоящее время в процедурах выбора приоритетных научных направлений принимают непосредственное участие политические круги и бизнес-сообщества при участии экспертов [16]. В результате выбор приоритетов развития науки и техники преобразовался в сложную политическую процедуру, в которую вовлечены различные государственные и общественные институты. В результате по мере расширения круга влиятельных игроков растет многообразие целей и стратегий, синхронизировать которые становится все труднее.

Необходимость учитывать возникающие многочисленные горизонтальные и вертикальные связи, составляющие институциональную основу инновационной среды [17–20] способствует преобразованию современной институциональной структуры возникновения инновационных решений в сложную организованную сетевую систему. При этом акторы инноваций формируют, так называемые, коллаборативные сети, представляющие новую, сетевую, форму организации и создания инноваций. Линейные модели замещаются *моделями сетевых инноваций*, которые формируют новую институциональную среду создания и развития инноваций, путей инновационного развития экономики.

Становление новой сетевой, коллаборативной модели инноваций обусловлено не только особенностями взаимодействия институциональных акторов. Значительно больший вклад в формирование сетевых, коллаборативных отношений вносит территориальная диверсификация технологического процесса как основы современного промышленного производства. Сутью современного технологического процесса становится модель преобразования сборочных компонент, получаемых от территориально разобщенных производителей, в целостное изделие. И, следовательно, уже на ранних стадиях формирования технологических процессов создания «готового» к встрече с потребителем изделия возникает задача решения рациональной организации процесса сборки. Эта задача получает свое разрешение в результате целенаправленного технологического сопряжения материального, энергетического и информационного потоков [21]. Внедрение и широкое распространение автоматизации сборочных процессов усугубляет необходимость разработки сетевых моделей обеспечения управления технологическими производственными процессами. При этом открытый характер организации производственных процессов меняет и сам характер проблем, их сопровождающих.

Значительный интерес в качестве эффективной процедуры выявления S&T и взаимодействия различных социальных факторов представляет методология Форсайт, используемая в качестве алгоритма согласования интересов при определении направлений развития национальных научно-исследовательской и инновационной систем [см. 22-27].

В исследованиях специалистов Финского агентства финансирования технологий и инноваций (Tekes) Бруммера В., Сало А. и их коллег (<http://www.tekes.fi/>) показано, что метод Форсайт обеспечивает создание коммуникативных площадок для лиц, готовящих и принимающих решения (представителей министерств и ведомств, организаций бизнеса, научных организаций и экспертных сообществ). Программы исследований и разработок, финансируемые государством, являются одним из ключевых инструментов инновационной политики на национальном и международном уровнях (см., например, [28]). Это одна из причин пристального внимания к методам Форсайт, которые, определяя темы исследований, максимально отражают научно-технологические приоритеты [29].

Использование методов Форсайт, как например, таких универсальных многокритериальных методов определения приоритетов, как метод «робастного портфельного моделирования» (Robust Portfolio Modeling, RPM), естественно, не сопровождается рефлексией методологических оснований применяемых «инструментов». Однако анализ алгоритма проведения стадий Форсайт-процесса и структуры управления Форсайт-панелями [22] позволяет сделать вывод, что, как организаторы, так и участники экспертиз, на всех уровнях выбора приоритетов научных и инновационных проблем и тематик рассматривают науку как сложную коммуникационную систему. Анализ методологии этих исследований позволяет утверждать, что организаторы и участники Форсайт-экспертиз руководствуются в своей работе представлением о науке как взаимодействующем сообществе экспертов, исследователей и политиков.

### 1. Особенности использования формализованных методов для определения S&T трендов

Согласно распространенному мнению решение задач рационализации процесса определения приоритетов в науке, технологии, в том числе и обеспечение работы экспертов в соответствующих фондах, связано в значительной степени с разработкой и использованием формализованных про-

цедур и статистических методов исследования текстов научных публикаций, патентов и коллекций научно-технологических документов [30].

В качестве одного из таких подходов рассматриваются методы автоматизированного интеллектуального анализа коллекций документов (tech mining). По мнению последователей и разработчиков средств, применяемых в этом направлении, использование информационных технологий позволит собрать и систематизировать информацию из объемных, распределенных и гетерогенных источников, визуализировать и проанализировать эту информацию [31].

В основе методов автоматизированного интеллектуального анализа данных, основывающихся на поиске статистических характеристик документов, лежат науковедческие представления о науке как «корпусе научных публикаций» [32]. А «в качестве единицы анализа» может быть принята статья в научном журнале, которая анализируется с помощью использования лингвистических маркеров с целью выявления процедуры введения нового предмета (авторской дефиниции) в научный оборот [30, с.15].

Рассматривая статью как организованный по определенным правилам коммуникативный акт [33, 34], в котором новый для научного сообщества предмет познания предлагается рассмотреть в оригинальной, созданной автором «конструкции», содержащей не просто авторскую дефиницию, но и описание метода обнаружения/конструирования предмета и соотнесение его с соответствующими научными понятиями, авторы предлагаемого интеллектуального анализа научных статей на основе статистических характеристик синтаксико-семантических моделей в автоматическом режиме выделяют окончательный список авторских терминов/приоритетов.

Сформированная таким образом «модель» научной статьи, по мнению сторонников этого подхода, позволяет отследить появление нового термина/дефиниции в совокупности анализируемых научных публикаций. Это, в свою очередь, обеспечивает формирование процедуры определения авторитетности ученого/автора публикации, в результате публикационной активности которого был введен в научный оборот *новый термин* [35].

Определяя степень влияния автора публикации по статистическим характеристикам ее цитируемости, разработчики методологии считают возможным оценить и зафиксировать значение, который оказал введенный автором *термин* на интеллектуальную деятельность коллег и изменения в концептуальных основаниях не только конкрет-

ных исследований, но и смежных областей знания. Исходя из этого, по их мнению, метод позволяет оценить значение институционального влияния автора, проявляющуюся в определении перспективности научных направлений, и, соответственно, может использоваться в процедурах определения научно-технических приоритетов.

Наряду с методами автоматизированного интеллектуального анализа больших объемов неструктурированных данных различного характера широко распространен анализ использования наукометрических и библиометрических показателей, а также работы по созданию процедур для автоматической оценки научных результатов, которые основываются по сути на тех же методологических принципах [36]. При этом, по мнению экспертов в области Форсайта, перечень используемых критериев отбора приоритетности необходимо дополнить методами «market pull» и «technology push» [37]. Однако далеко не все представители научного сообщества считают идею оценки уровня научных трудов с помощью наукометрических показателей эффективной [38, 39].

## 2. Сетевая природа метасистемы S&T

Разработка результативных методов прогнозирования и определения приоритетов развития науки предполагает предварительное проведение рефлексии/определения методологических оснований этой процедуры. Однако, как правило, этой процедурой пренебрегают. Дело в том, что в сознании исследователей превалирует казалась бы естественный образ науки, сводимый к исследовательской деятельности. И в связи с «естественностью» распространенного в общественном сознании образа науки «отпадает» надобность в рефлексии процедуры выделения и прогнозирования S&T. В результате, проблема «поиска» приоритетных, или прорывных направлений развития знания или технологии сводится к «перебору» в той или иной форме и, соответственно, оценке возможных, существующих направлений научной деятельности. Но, очевидно, что такой подход носит ретроспективный характер и опирается на статистическую (либо экспертную) оценку имеющихся научно-технологических заделов в рамках определенным образом заданного множества тематических направлений, условий их реализации, ограничений и возможных сроков реализации.

Эта особенность рассмотрения научного познания подкрепляется, казалось бы, классическим науковедением, которое обычно исходит из постулата о целостности науки, выступающей перед ис-

следователем в качестве некоторой интуитивной данности. И, как следует из анализа многочисленной науковедческой литературы, большинство моделей, используемых в этих исследованиях, исходит из понимания науки как изыскательской деятельности, в результате которой и приобретает новое знание.

В результате такого подхода деятельность исследователей осознается как деятельность над объектами, и предполагается, что формирование любой системы знания начинается с выделения объектов (элементов), с последующим указанием отношений, связывающих элементы друг с другом. При этом молчаливо подразумевается, что выполнять функцию элементов, т.е. первичных единиц членения *осознаваемой реальности*, формирующейся в рамках данной системы знания, будь то реальность, доступная чувственному восприятию, или же состоящая из идеальных предметов теоретического знания, могут только атомарные сущности, каждую из которых можно зафиксировать, абстрагируясь от ее соотношений другими сущностями.

Согласно данному допущению, первичным познавательным актом, который выполняет человек с целью осознания некоторой предметной области, является акт, в рамках которого его внимание концентрируется на одном, отдельно взятом предмете (элементе, объекте, знаке и т.п.). Результатом такого акта является выделение *отдельной* сущности, обособленной от других сущностей благодаря наличию у нее изолирующей границы, *отделяющей* находящееся внутри границы от всего, что находится извне.

Соответственно, предметом исследования при таком подходе, действительно, оказывается непосредственный *акт приращения* нового знания (научное открытие, решение проблемы, фальсификация теории и т.п.). И развитие науки рассматривается как временная последовательность содержательно связанных познавательных актов, которая и должна воплощать историческое движение «переднего края» науки\*.

Между тем, как отмечает в своих исследованиях проблем целостности Смирнов Г. А., образ науки не может быть сведен к постоянно возрастающему массиву верифицированного научного знания, в каком бы виде оно не было представлено. Сущностей/объектов познания, обладающих

\* Понятие «передний край исследований» (research front), было в конце 50-х – начале 60-х гг. введено Д. Д. Берналом и Д. Прайсом в программу “науки о науке” как новой самостоятельной области исследования. Представление о переднем крае вводилось в расчете на интуитивную ясность и эмпирическую очевидность его содержания для любого работающего ученого.



изолирующими границами (благодаря чему они становятся доступными сознанию субъекта, поскольку только на таких сущностях он может сконцентрировать внимание), в реальности нет. Они формируются/возникают в момент осуществления познавательных актов. Поэтому оперированию с сущностями, на каждую из которых можно указать, *отделив* ее от других сущностей и обозначив соответствующим знаком, должны предшествовать процедуры, позволяющие выделить в познаваемой реальности, где невозможно различить какие бы то ни было части ввиду недоступности этой реальности сознанию субъекта, структурные единицы, отграниченные друг от друга. И другими словами, это означает, что констатации данности отдельно взятой сущности в акте концентрации внимания должна предшествовать процедура различения (разграничения или *структуризации*) реальности, т.е. операция не над сущностями, но над неконцептуализированными воздействиями. Только при выполнении процедуры различения/структуризации воздействий и происходит формирование предметных единиц, которые рассматриваются как часть этой процедуры, первичной предметно-операциональной единицы знания [40,41].

В результате постигаемая реальность («мир вещей») осознается как состоящая из безотносительных сущностей-объектов, которые могут быть объединены друг с другом лишь внешним образом, – посредством введения некоторой дополнительной структуры, выполняющей интегративные функции (как например, пространства), но не приводящей к изменению атомарной формы этих сущностей.

В качестве возможного модельного представления подобной структуры может быть рассмотрена «семантическая паутина» коммуникативного информационного пространства [42], в которой структуризация предметной области основана на выделении объектов и идентифицирующих признаков, к числу которых относятся не только признаки-свойства, но и признаки-отношения\*.

Введение концепции познание-структуризация позволяет представить науку не в форме совокупности актов приращения нового знания, или корпуса научных публикаций, которые рассматриваются в качестве эмпирически наблюдаемого результата приращения знания. Наука в контексте предлагаемой концепции рассматривается в качестве сложного процесса «разворачивания» процедуры структурирования предметного про-

странства, которое предстает перед исследователем как пространство в результате социальной/познавательной коммуникации участников научного познания. Это пространство рассматривается в качестве конструкта, задающего концептуальный каркас исследуемого процесса научного познания. Предлагаемая модель познавательной деятельности основана на процедуре структуризации и представления реальности в виде «сетевой реальности». Одной из форм представления этого пространства на современном этапе оказывается сетевое пространство Интернета.

В основе этой модели науки, научного познания лежит представление о предметном пространстве как системе коммуникаций или взаимодействий участников этих коммуникаций. И, соответственно, элементами пространства науки выступают не формы приращения знания (научное открытие, решение проблемы, фальсификация теории и т.п.), и не визуализированные формы этих приращений знания, документы, а непосредственные акты информационного взаимодействия (коммуникации), характеризующиеся вычисляемой коммуникативной активностью.

Науку, таким образом, предлагается рассматривать как сложную коммуникационную систему, в основе которой лежат разнообразные формальные и неформальные коммуникации. Ее трансформация демонстрирует поступательное развитие от многообразия индивидуальных образцов мыслительной деятельности эпохи классической науки до современных сложных структур и сообществ, объединяющих ученых, разьединенных территориальным и государственным пространством, институциональным подчинением, но связанных общими задачами и целями исследования в единую коммуникационную сеть.

Изменение парадигмы коммуникационного взаимодействия в обществе в результате широкого доступа к Всемирной сети дополнило традиционные коммуникации научного сообщества различными формами электронного взаимодействия. Что, в свою очередь, привело к возникновению в виртуальном пространстве эмпирически сложившейся распределенной коммуникационной инфраструктуры, визуализирующей взаимодействие и состояние глобального научного сообщества, а также существующие в нем взаимосвязи.

Совокупность этих взаимосвязей образует сетевое пространство знаний, каждое изменение которого преобразует это пространство во всей его совокупности/целостности, а с другой стороны, целостность пространства проявляется в каждом из всего множества изменений. Это означает, что

\* Название «Семантическая паутина» было впервые введено сэром Тимом Бернерсом-Ли (изобретателем Всемирной паутины) в сентябре 1998 года [<http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>]

новое знание (новые S&T) предстает перед исследователем не в виде совокупности отдельных действий, или их текстовых фиксаций, оно «регистрируется» во всем сетевом пространстве, и вся сеть в своей целостности подтверждает его достоверность. И, соответственно, для выделения и мониторинга инновационных S&T необходимо анализировать все сетевое пространство знания, в его изменениях и преобразованиях, а не отдельные множества (коллекции), пусть и масштабные, документов. В случае рассмотрения распределенной в сети коммуникационной совокупности взаимодействия участников научного/экспертного сообщества эти изменения или преобразования сети проявляются в виде обращений («вхождений») сетевых участников (пользователей) к самой сети как сетевому знанию. Другими словами в целях анализа изменений сети как распределенного знания необходимо рассматривать в качестве объекта (и одновременно формы структуризации знания) виртуальные запросы той или иной информации, содержащейся в сетевом пространстве.

Если мы рассмотрим в контексте описанной выше модели проблему выявления, или мониторинга S&T развития знания, то, очевидно, что показателем перспективности научного направления является высокая заинтересованность общества в информации, касающейся того или иного направления S&T и представленной в распределённой коммуникационной системе, визуализирующей сетевое пространство знаний. И, соответственно, одним из способов оценки общественного интереса, и соответственно перспективности S&T, может быть анализ статистики запросов поисковых систем по ключевым словам, имеющим отношение к выбранному направлению.

Анализ взаимосвязи общественного интереса с запросами в сети реализован при использовании web-приложения Google Trends, «рассматривающего» виртуальное пространство Интернета как сетевое взаимодействие множества его пользователей, формирующегося под влиянием изменений реального социального пространства. С помощью этого приложения возможно вычислить относительную частоту определенных запрашиваемых терминов к общему объему поисковых запросов, а также сравнивать объем поисковых запросов по двум или более поисковым фразам [43]. Именно этот феномен лежит в основе использования этого приложения Google в качестве инструмента прогнозирования тех или иных событий в различных исследованиях [44].

Между тем, по мнению профессора Evan Selinger`a существует проблема корректности и

эффективности использования Google Trends для установления зависимостей между поисковыми запросами и реальными событиями, которая порождена непрозрачностью алгоритмов компании Google [45].

В литературе рассматривается возможность выявления трендов развития в результате анализа поисковой активности (траффика запросов) в Wikipedia [46,47]. В силу того, что этот информационный ресурс выполняет функции не только энциклопедического справочника, но и сетевого источника последних новостей, так как информация в статьях постоянно обновляется [48]. Кроме того, в отличие от Google в Wikipedia понятны и характер, и природа используемого программного обеспечения.

Более того, Wikipedia можно рассматривать в качестве модели сетевого (виртуального) пространства знаний, каждое изменение которого в результате создания статей или их редактирования, с одной стороны, визуализирует состояние и взаимодействие глобального экспертного сообщества. А с другой – визуализирует преобразование сетевого знания, возникающего в результате структурирования новостного знания (событий социальной реальности) в реальность, которая может стать предметом анализа и исследования.

Для решения задачи определения S&T в качестве актуальной метрики поведенческого анализа пользователей был рассмотрен тематический анализ массива редакционных правок статей Википедии, который может служить методом определения, как заинтересованности экспертного сообщества, так и наличия общественного резонанса на события, происходящие в конкретной области науки [49].

Для оценки интереса участников русскоязычной версии Wikipedia – <https://ru.wikipedia.org/wiki/> к различным научным дисциплинам и направлениям (тематикам) в ходе проведенного исследования была разработана *методология сбора и оценки тематической заинтересованности* участников wiki-сообщества на основе анализа статистики правок статей Wikipedia.org.

Для сбора данных об истории правок статей по различным научным направлениям был реализован модуль обхода статей Википедии по ссылочному графу, а также алгоритм определения уровня вклада каждой статьи в общий индекс публикационной активности по уровню ее ссылочной «важности» для научного направления (основанный на Google PageRank). В результате работы модуля были получены данные и графики ИПА по тематическим категориям.

В ходе исследования экспертно были отобраны четыре тематических направления, представленных в Википедии: *астрономия*, *гендерные исследования*, *нанотехнология* и *науковедение*. При составлении линейки событий, использован архив новостей Российской газеты и РИА «Новости», а также информация о событиях из мета-статей Википедии.

В результате совмещения временных шкал (ось абсцисс) полученных графиков ИПА и линеек событий отобранных научных направлений и сопряжения абсолютных значений на оси ординат построены сводные графики. Полученные графики дают возможность оценивать степень влияния произошедших событий на всплески публикационной активности.

В результате анализа было выявлено, что для категории «Астрономия» около 60% событий демонстрируют ярко выраженную инъективную зависимость правки от линейки событий (положительная корреляция). Всплеск публикационной активности наблюдается в течение недели после события («горячая реакция»). Для событий типа «природные явления» и «открытия» уровень положительной корреляции превышает 90%.

Для категории *Гендерные исследования* не обнаружена значимая связь между различными социальными событиями и интенсивностью правки участников Википедии. Возможно полученный результат обусловлен тем, что вопрос о правах сексуальных меньшинств или проблемы феминизма настолько несущественны для общества, что неспособны вызвать серьезный всплеск вики-творчества даже посредством эффектных акций и скандалов.

В категории *Науковедение* обнаружена высокая положительная корреляция между событиями и «всплесками» правок статей по проблемам этой сферы общественной науки. В первую очередь, это разработка и осуществление проекта реформы РАН, реорганизация государственных академий наук, новые методики оценки результативности научных учреждений и отдельных ученых и т. п.

Помимо «горячей реакции», посредством аппроксимации на графике возможно увидеть долгосрочные корреляции («отложенные реакции»). Количество и продолжительность отложенных реакций отличается в различных научных дисциплинах, что вероятно обусловлено различной длиной их научно-производственных циклов. Такое поведение особенно заметно в категории «*Нанотехнологии*». Резкий «всплеск» публикационной активности наблюдается в 2013 – 2014 годах, между тем одно из важнейших событий в этой сфере научных исследований – присуждение британским ученым российского происхождения Константину Новосё-

лову и Андрею Гейму за работы по созданию графена произошло в 2010 году.

Использование в качестве основания проводимого анализа модели сетевого образа науки, рассмотрение науки, как коммуникативного пространства, открывает новые возможности не только для разработки эффективных методов прогнозирования S&T развития научно-технологического знания, но и для формирования новых подходов к анализу научного познания как целостной формы структурирования реальности.

## Заключение

Задачи выявления новых S&T тенденций могут быть решены по-разному, с использованием различных методов и различных методологических подходов. Как правило, исследования, связанные с прогнозированием развития фундаментальной науки и анализом перспектив практической востребованности ее достижений, основываются на рассмотрении своего рода «оценки возможностей». Особенно широко такие процедуры используются при подготовке государственных исследовательских программ, ключевой задачей которой является выбор и расстановка тематических приоритетов [50,51]. В основе представленных выше формализованных методов выделения S&T тенденций находится представление о науке как самодостаточной исследовательской деятельности, в результате которой приобретает новое знание.

Разработка методов прогнозирования развития науки на основе сетевой модели научного познания, исходящей из концепции познания как процедуры структурирования предметной реальности, позволит заложить основы динамики формирования новых предметно-тематических областей в сложных коммуникационных сетях, которые являются источником инновационных решений.

## Литература

1. *Гвишиани Д.М., Лисичкин В. А.* Прогностика. М.: Знание, 1968.
2. *Петровский А.Б., Бойченко В. С., Стернин М. Ю., Шепелёв Г. И.* Выбор приоритетов научно-технического развития: опыт зарубежных стран // Труды ИСА РАН. Том 65. №3. 2015.
3. *Форрестер Д.* Индустриальная динамика. – М.: Прогресс, 1971.
4. *Meadows, Donella H., Dennis L. Meadows, Jorgen Randers, William W. Behrens III (1972).* Limits to Growth. New York: Universe Books

5. *Гвишиани Д.М.* Методологические проблемы моделирования глобального развития, М. 1977.
6. *Геловани В. А., Бритков В. Б., Дубовский С. В.* СССР и Россия в глобальной системе (1985-2030): Результаты глобального моделирования. М.: Книжный дом «Либроком», 2009.
7. *Дубовский С. В.* Глобальное моделирование и прогнозирование // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 2006-2007, М.: КомКнига, 2007, с. 21-33.
8. *Степин В.С.* Научное познание и ценности техногенной цивилизации // Вопросы философии. 1989, №10, с. 3-18.
9. *OECD (2014)* OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014, OECD Publishing. Электронный ресурс: // [http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-outlook-2014\\_sti\\_outlook-2014-en](http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-outlook-2014_sti_outlook-2014-en) / доступ 29.01.2017.
10. *Колесникова Т. В.* Инновационная составляющая китайской экономики // Экономический журнал. 2012, № 28 с. 31-40.
11. *Мальцева А. А.* Ключевые особенности развития инновационной экономики: «Китайское чудо» через призму мировой статистики // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2013, в. 2 ч.1, с. 123-132.
12. *Дубовский С. В.* Моделирование циклов Кондратьева и прогнозирование кризисов // Кондратьевские волны. Волгоград: Изд-во «Учитель», 2012, с.179-188.
13. *Дубовский С. В.* Прогнозирование кризисов в циклах Кондратьева // Проблемы теории и практики управления. – 2016. – № 6. – С. 93-96. // Информационный ресурс: [http://www.socionauki.ru/book/files/k\\_waves/volume\\_1/179-188.pdf](http://www.socionauki.ru/book/files/k_waves/volume_1/179-188.pdf) (Доступ 18.10.2016).
14. *Садовничий В. А., Акаев А. А., Коротаев А. А., Малков С. Ю.* Комплексное моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС в контексте мировой динамики. М.: Наука, 2014.
15. *Oral M., Kettani O., Lang P.* (1991) A methodology for collective evaluation and selection of industrial R&D projects // Management Science. Vol. 37. No 7. P. 871–885.
16. *Карстен Хайнц.* Как быть с инновациями? Опыт Германии. // Выступление руководителя Отдела науки и образования Посольства Германии в Москве на Круглом столе «Федеральная и региональная политика по поддержке инноваций бизнеса» 30 сентября 2011 г., Москва // Электронный ресурс: <http://www.pprog.ru/heinz.pdf> / доступ 29.01.2017.
17. *Jewell T.* (2003) International foresight's contribution to globalization // Foresight – The Journal of Futures Studies, Strategic Thinking and Policy. Vol. 5. No 2. P. 46–53.
18. *Keiser R., Prange H.* (2004) The reconfiguration of national innovation systems – the example of German biotechnology // Research Policy. Vol. 33. P. 395–408.
19. *Koschatzky K., Sternberg R.* (2000) R&D cooperation in innovation systems – some lessons from the European regional innovation survey // European Planning Studies. Vol. 8. No 4. P. 487–501.
20. *Webster A.* (1999) Technologies in transition, policies in transition: foresight in the risk society // Technovation. Vol. 19. No 6. P. 413–421.
21. *Хубка В.* Теория технических систем. М. Мысль, 1985.
22. *Бруммер В., Коннола Т., Сало А.* Форсайт-исследование для разработки национальных стратегий «Финсайт-2015». 2009. Т. 3. № 4. С. 56–65.
23. *Грубер Ф., Дегельзеггер А.* Форсайт в сфере научно-технологического партнерства Европы и Юго-Восточной Азии 2010. Т. 4. № 3. С. 56–68.
24. *Attila A.* Evolving Foresight in a Small Transition Economy // Journal of Forecasting, 2003, v. 22, No 2–3. P. 179–201.
25. *Cuhls K.* From Forecasting to Foresight Processes – New Participative Foresight Activities in Germany // Journal of Forecasting, 2003, v. 22, No 2–3. P. 93–111.
26. *Durand T.* Twelve Lessons Drawn from ‘Key Technologies 2005’, the French Technology Foresight Exercise // Journal of Forecasting, 2003, v. 22, No 2–3. P. 161–177.
27. *Keenan M.* Identifying Emerging Generic Technologies at the National Level: the UK Experience // Journal of Forecasting, 2003, v. 22, No 2–3. P. 129–160.
28. *Clark, J. and Guy, K.* (1998) Innovation and competitiveness: A review, Technology Analysis & Strategic Management, 10, 3. P. 363-395.
29. *Salmenkaita J.-P., Salo A.* (2002) Rationales for government intervention in the commercialization of new technologies // Technology Analysis and Strategic Management. Vol. 14. No 2. P. 183–200.
30. *Кузнецова Ю. М., Осипов Г. С., Чудова Н. В.* Изучение положения дел в науке с помощью методов интеллектуального анализа текстов // Управление большими системами. Специальный выпуск 44: «Наукометрия и экспертиза в управлении наукой». 2013. с. 106-138.



31. Бритков В. В., Булычев А. В. Методы анализа больших объемов слабоструктурированной информации // Информационные технологии и вычислительные системы. 2010. №1. С.36-44.
32. Мирский Э. М. Массив публикаций и система научной дисциплины // Системный исследования. Ежегодник. 1977, с. 133-158.
33. Чернявская В. Е. Интерпретация научного текста. Изд.5. М.: Книжный «ЛИБРОКОМ», 2010.
34. Чернявская В. Е. Коммуникации в науке: нормативное и девиантное. Лингвистический и социокультурный анализ. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.
35. Кузнецова Ю. М., Осипов Г. С., Чудова Н. В., Швец А. В. Автоматическое установление соответствия статей требованиям к научным публикациям // Труды ИСА РАН. 2012. Т. 62, № 3. С. 132–138.
36. Куракова Н. Г., Зинов В. Г., Цветкова Л. А., Ерёмченко О. А., Комарова А. В., Комаров В. М., Сорокина А. В., Павлов П. Н., Коцюбинский В. А. Национальная научно-технологическая политика «быстрого реагирования»: рекомендации для России Аналитический доклад. ИД ДЕЛО, М., 2014.
37. Быкова Наталья. Научную экспертизу доведут до автоматизма // Электронный ресурс: <http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=223&dn=81544#.Wl3lahTttqJ> / доступ 29.01.2017.
38. Наукометрия и экспертиза в управлении наукой // Управление большими системами / Сборник трудов. Специальный выпуск 44 – [под ред. Д. А. Новикова, А. И. Орлова, П. Ю. Чеботарева]. М.: ИПУ РАН, 2013.
39. Douglas N. Arnold, Kristine K. Fowler. Nefarious Numbers / Электронный ресурс: <http://arxiv.org/pdf/1010.0278v4.pdf> / доступ 29.01.2017.
40. Смирнов Г. А. Познание и /или структуризация: к разработке системной модели знания // Системные исследования: Методологические проблемы. Ежегодник 2003-2005. М.: Наука, 2006. С. 29-69.
41. Смирнов Г. А., Тищенко В. И. Принципы сетевые формы познания // Выявление приоритетных направлений: междисциплинарный подход. М.: ИМЭМО РАН, 2016. С. 21–39.
42. Berners-Lee Tim, Hendler James and Lassila Ora. The Semantic Web // Scientific American: Feature Article: The Semantic Web: May 2001 // Электронный ресурс: <http://www.scientificamerican.com/article/the-semantic-web/> доступ 29.01.2017.
43. Google Trends / Электронный ресурс: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Google\\_Trends](https://ru.wikipedia.org/wiki/Google_Trends) // доступ 29.01.2017
44. Kämpf M, Tessenow E, Kenett DY, Kantelhardt JW. The Detection of Emerging Trends Using Wikipedia Traffic Data and Context Networks. PLoS ONE 2015,10 (12) / Электронный ресурс: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0141892> //доступ 29.01.2017.
45. Hodson Hal Google Flu Trends gets it wrong three years running. New Scientist, 2014, 13 March / Электронный ресурс: <https://www.newscientist.com/article/dn25217-google-flu-trends-gets-it-wrong-three-years-running/> доступ 29. 01. 2017 / доступ 29.01.2017.
46. Keenan M. Identifying Emerging Generic Technologies at the National Level: the UK Experience // Journal of Forecasting, 2003, v. 22, No 2–3. P. 129–160.
47. Ramine Tinati, Thanassis Tiropanis, Leslie Carr. An Approach for Using Wikipedia to Measure the Flow of Trends Across Countries // WWW 2013 Companion, May 13–17, 2013, Rio de Janeiro, Brazil. ACM 978-1-4503-2038-2/13/05 // доступен 30.05.2016
48. Lih A. Wikipedia as Participatory Journalism: Reliable Sources? Metrics for evaluating collaborative media as a news resource. 5th International Symposium on Online Journalism // доступен 30.05.2016.
49. Тищенко В. И. Метод анализа и мониторинга динамики инновационных трендов в Википедии // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту КИИ-2016. Труды конференции. 2016. С.224–232
50. Poh K. L., Ang B. W., Bai F. (2001) A comparative analysis of R&D project evaluation methods // R&D Management. Vol. 31. No 1. P. 63–75.
51. Saaty T.L. (1980) The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill.-

**Тищенко Виктор Иванович.** Заведующий лабораторией ИСА ФИЦ ИУ РАН. К. фил. н. Окончил в 1969 г. 2-й МОЛГМИ им. Н. И. Пирогова. Количество печатных работ: боле 120, в т. ч. 2 монографии. Область научных интересов: системный анализ, информатика сообществ, научные коммуникации, виртуальные сообщества. E-mail: vtichenko@mail.ru

## System Analysis of the Methodology of the Detection Emerging Trends In the Science and the Technology

V. I. Tishchenko

**Abstract:** The article presents a comparative analysis of modern quantitative methods to identify S&T trends, used along with the peer-review methods. It has been shown that the tech-mining methods are based on the idea of research activity. As an alternative methodology for selection of priority scientific and technological trends has been proposed a model of cognitive activity, based on the process of structuring and representation of reality in the form of “networked-space”. Case study of the proposed methodology for online identification of trends in the development of science and technology is analyzed.

**Keywords:** *scientific and technological trends, tech mining, semantic analysis of text, science of science, network reality*

### Referances

1. *Gvishiani G.M., Lisichkin V.A.* Prognostika. M.: Znanie, 1968
2. *Petrovsky A.B., Boychenko V. S., Sternin M. Yu., Shepelev G. I.* Setting the priorities of scientific and technological development: the experience of foreign countries // Proceedings ISA RAS. v 65. 3, 13-26. 2015.
3. *Forrester G.* Industrialnaya dinamika M. Progress, 1971.
4. *Meadows, Donella H., Dennis L.* Meadows, Jørgen Randers, William W. Behrens III (1972). Limits to Growth. New York: Universe Books
5. *Gvishiani G.M.* Methodological problem modelirovaniya globalnogo razvitiya, M. 1977.
6. *Gelovani V.M., Britkov V.B., Dubovskiyi S.V.* SSSR I Rossiya v globalnoy sisteme (1985-2030): Rezultaty globalnogo modelirovaniya. M.: Knizhny dom «Librokom», 2009
7. *Dubovskiyi S.V.* Globalnoe modelirovaniya I prognozirovaniya // Systems research. Methodological problems. Yearbook 2006-2007. V.: URSS, 2007, p. 22-33.
8. *Stepin V. S.* Nauchnoe poznanie I cennosti tehnogennoy civilizatsii // Voprosy filosofii, 1989, № 10, p.3-18.
9. *OECD (2014)* OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014, OECD Publishing. Электронный ресурс: // [http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-outlook-2014\\_sti\\_outlook-2014-en](http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-outlook-2014_sti_outlook-2014-en) / доступ 29.01.2017
10. *Kolesnikova T. V.* Innovatsionnaya sostavlyushchaya kitayskoy ekonomiki // Ekonomichesky Zhurnal. 2012, № 28, 31-40.
11. *Malseva A. A.* Klyuchevye osobennosti razvitiya innovatsionnoy ekonomiki: «Kitayskoe chudo» // Izvestiya Tulskego gosudarstvennogo univesiteta. Ekonomicheskii i yuridicheskii nauki. 2013, issue. 2 p.1,123-132.
12. *Dubovskiyi S.V.* Modelirovaniya tsykhlov Kondratjeva I prognozirovaniya krizisov // Kondratjevskie volny. Volgograd: Izd-vo «Uchitel», 2012 p. 179-188.
13. *Dubovskiyi S.V.* Prognozirovaniya krizisov v tsikhlah Kondratjeva // Problemy teorii I praktiki upravleniya. 2016, №6, p.93-96 // available at: [http://www.socionauki.ru/book/files/k\\_waves/volume\\_1/179-188.pdf](http://www.socionauki.ru/book/files/k_waves/volume_1/179-188.pdf); accessed 29.01.2017.
14. *Sadovnichii V.A., Akaev A.A., Korotaev A.A., S.Yu.* Malkov Kompleksnoe modelirovaniya I prognozirovaniya razvitiya stran BRICS v kontekste mirovoi dinamiki. M. Nauka., 2014.
15. *Oral M., Kettani O., Lang P.* (1991) A methodology for collective evaluation and selection of industrial R&D projects // Management Science. Vol. 37. No 7. P. 871–885.
16. *Xainz Karsten.* Kak byt s innovatsiyami? Opyt Germaniy. // available at: <http://www.pprog.ru/heinz.pdf>. 29.07.2016 // web site: <http://www.pprog.ru/heinz.pdf> / accessed 29.01.2017.
17. *Jewell T.* (2003) International foresight's contribution to globalization // Foresight – The Journal of Futures Studies, Strategic Thinking and Policy. Vol. 5. No 2. P. 46–53.
18. *Keiser R., Prange H.* (2004) The reconfiguration of national innovation systems – the example of German biotechnology // Research Policy. Vol. 33. P. 395–408.
19. *Koschatzky K., Sternberg R.* (2000) R&D cooperation in innovation systems – some lessons from the European regional innovation survey // European Planning Studies. Vol. 8. No 4. P. 487–501.
20. *Webster A.* (1999) Technologies in transition, policies in transition: foresight in the risk society // Technovation. Vol. 19. No 6. P. 413–421.
21. *Hubka V.* Teoria tehnikeskikh sistem. M. 1985.
22. *Brummer V., Könnölä T., Salo A.* Forsayt-issledovanie-dlya-razrabotki-natsionalnyh-strategiy-fin-sayt-2015. 2009. Foresight v. 3. № 4, 56–65.

23. Gruber F., Degelsegger A. S&T Cooperation Foresight Europe – Southeast Asia. *Foresight* v. 4. № 3, 56–68.
24. Attila A. Evolving Foresight in a Small Transition Economy // *Journal of Forecasting*, 2003, v. 22, No 2–3. P. 179–201.
25. Cuhls K. From Forecasting to Foresight Processes – New Participative Foresight Activities in Germany // *Journal of Forecasting*, 2003, v. 22, No 2–3. P. 93–111.
26. Durand T. Twelve Lessons Drawn from ‘Key Technologies 2005’, the French Technology Foresight Exercise // *Journal of Forecasting*, 2003, v. 22, No 2–3. P. 161–177.
27. Keenan M. Identifying Emerging Generic Technologies at the National Level: the UK Experience // *Journal of Forecasting*, 2003, v. 22, No 2–3. P. 129–160.
28. Clark, J. and Guy, K. (1998) Innovation and competitiveness: A review, *Technology Analysis & Strategic Management*, 10, 3. P. 363–395.
29. Salmenkaita J.-P., Salo A. (2002) Rationales for government intervention in the commercialization of new technologies // *Technology Analysis and Strategic Management*. Vol. 14. No 2. P. 183–200.
30. Kuznetsova, Yu. M., Osipov G. S., Chudova N. V. Intellectual analysis of scientific publications and the current state of science // *Large-scale Systems Control. Special issue 44: «Scientometric and expert methods in research management»*. 2013, 106-138.
31. Britkov V.B., Bulyuchev A.V. Metody analiza bolshix ob'emov slabostruktirovannoy informacii // *Informatsionnye tekhnologii i vychislitelnye sistemy*, ISSN 2071-8632 // №1/2010, 36-44.
32. Mirskii E. M. Massive publikacii i sistema nauchnoi discipliny // *Systems Research*. Ежегодник. 1977, стр. 133-158.
33. Chernyavskaya V. E. Interpretacia nauchnogo teksta M.: «Librokom», 2010.
34. Chernyavskaya V. E. Kommunikacii v nauke: normativnoe i diviantnoe. M.: «Librokom», 2011.
35. Kuznetsova, Yu. M., Osipov G. S., Chudova N. V., Shvets A. V. Automatic assessment of article conformity to the standards for scientific publications // *J. «Proceedings of ISA»*. – 2012. v. 62., № 3. – С. 132–138.
36. Kurakova N. G., Zinov V. G., Cvetkova L. A., Eremchenko O.A., Komarova N.G., Komarov A.V., Sorokina A. V., Pavlov P. N., Kocyubinskii V. A. Nacionalnaya nauchno-tekhnologicheskaya politika «bystrogo reagirovaniya»: rekomendacii dlya Rossii. Delo, M., 2014.
37. Bykova N. Nauchnuyu expertizu dovedut do avtomatizatsii // available at: [http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=223&d\\_no=81544#WI3lahTttqJ](http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=223&d_no=81544#WI3lahTttqJ) / accessed 29.01.2017.
38. *Scientometric and expert methods in research management* // *Large-scale Systems Control. Special issue 44*. M.: IPU RAS, 2013.
39. Douglas N. Arnold, Kristine K. Fowler. Nefarious Numbers / Электронный ресурс: <http://arxiv.org/pdf/1010.0278v4.pdf> / доступ 29.01.2017.
40. Smirnov G.A. Poznanie i/ili struktizatsia: k razrabotke sistemnoi modeli znaniya // *Systems Research. Methodological Problems. Yearbook 2003-2005*. M.: Nauka, 2006, P. 29-69.
41. Smirnov G.A., Tishchenko V. I. Principy setevykh formy poznaniya // *Vyyavlenie prioritnykh napravlenii: interdisciplinary approach*. M.: IMEMO RAS, 2016, 21-39.
42. Berners-Lee Tim, Hendler James and Lassila Ora. The Semantic Web // *Scientific American: Feature Article: The Semantic Web: May 2001* // Электронный ресурс: <http://www.scientificamerican.com/article/the-semantic-web/> доступ 29.01.2017.
43. *Google Trends* / Электронный ресурс: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Google\\_Trends](https://ru.wikipedia.org/wiki/Google_Trends) // доступ 29.01.2017
44. Kämpf M, Tessenow E, Kenett DY, Kantelhardt JW. The Detection of Emerging Trends Using Wikipedia Traffic Data and Context Networks. *PLoS ONE* 2015, 10 (12) / Электронный ресурс: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0141892> // доступ 29.01.2017
45. Hodson Hal. *Google Flu Trends gets it wrong three years running*. *New Scientist*, 2014, 13 March / Электронный ресурс: <https://www.newscientist.com/article/dn25217-google-flu-trends-gets-it-wrong-three-years-running/> / доступ 29.01.2017.
46. Keenan M. Identifying Emerging Generic Technologies at the National Level: the UK Experience // *Journal of Forecasting*, 2003, v. 22, No 2–3. P. 129–160.
47. Ramine Tinati, Thanassis Tiropanis, Leslie Carr. An Approach for Using Wikipedia to Measure the Flow of Trends Across Countries // *WWW 2013 Companion*, May 13–17, 2013, Rio de Janeiro, Brazil. ACM 978-1-4503-2038-2/13/05 // доступ 30.05.2016
48. Lih A. «Wikipedia as Participatory Journalism: Reliable Sources? Metrics for evaluating collaborative media as a news resource». 5th International Symposium on Online Journalism // доступ 30.05.2016.

49. *Tishchenko V. I.* Method for detection and monitoring the dynamics of innovation trends using Wikipedia // Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence with International Participation (CAI 2016). Conference Proceedings. 2016. P.224-232
50. *Poh K. L., Ang B. W., Bai F.* (2001) A comparative analysis of R&D project evaluation methods // R&D Management. Vol. 31. No 1. P. 63–75.
51. *Saaty T.L.* (1980) The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill.-

**V. I. Tishchenko** head of laboratory in Institute for Systems Analysis, FRC CSC RAS. Ph. D.; scientific publications: 137 included 2 monographs; scientific fields: system analysis, social network analysis, virtual communities, tech mining