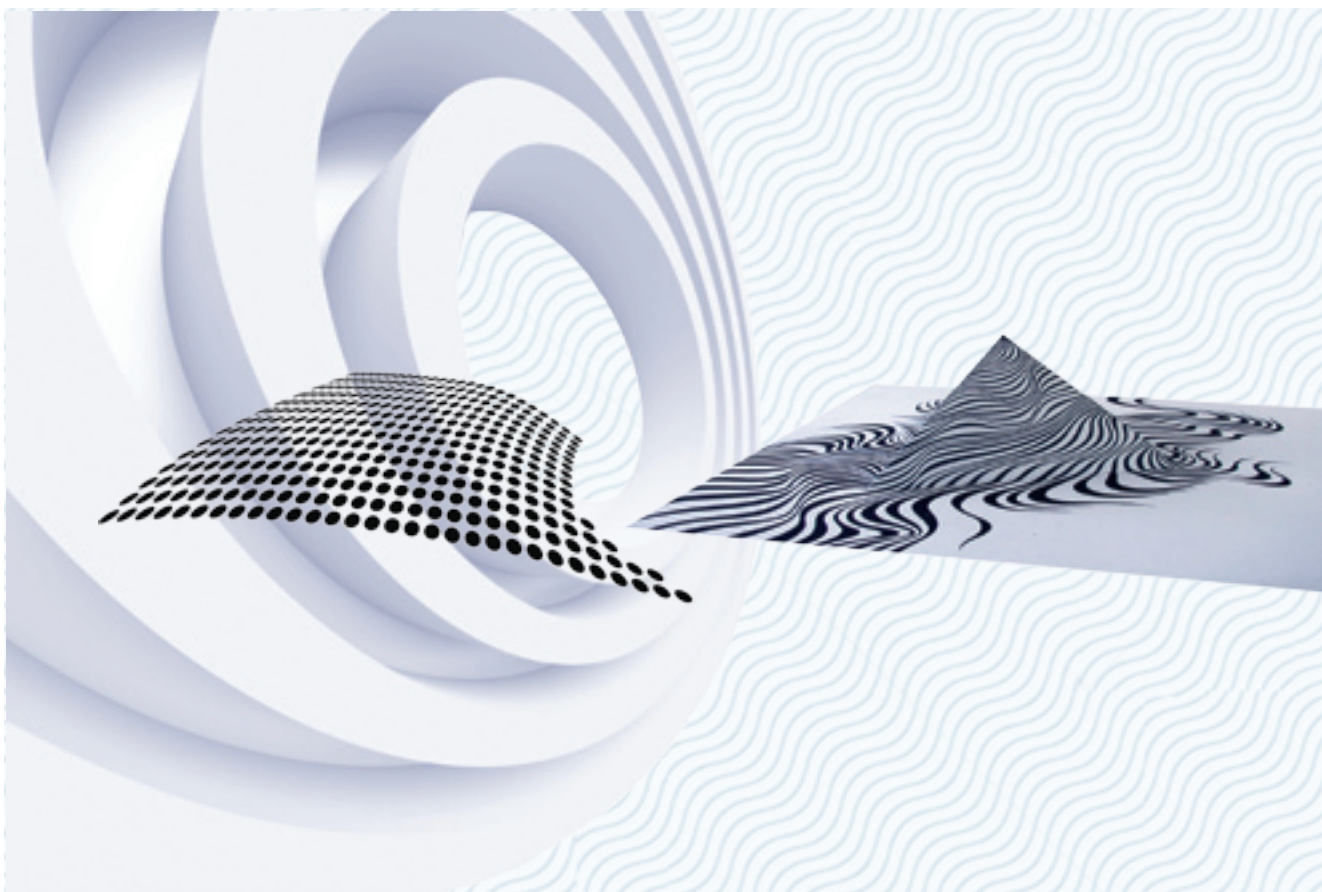


Мониторинг глобальных технологических трендов: теоретические основы и лучшие практики*

Надежда Микова, Анна Соколова



Мониторинг и точная интерпретация данных о технологических трендах — ключевой фактор достижения конкурентных преимуществ в различных областях экономики. Валидация экспертных оценок количественными методами помогает обнаруживать скрытые признаки технологических изменений на основе анализа больших массивов данных. Синтез качественных и количественных методик позволяет выявлять глобальные технологические тренды, формализовать их критерии, создавать автоматизированные средства обработки информации.

В статье представлен аналитический обзор мировой практики исследований глобальных технологических трендов, а также ключевых теоретических подходов и методов, которые развиваются в этой области.

Надежда Микова — научный сотрудник, отдел частного-государственного партнерства в инновационной сфере.
E-mail: nmikova@hse.ru

Анна Соколова — старший научный сотрудник, Лаборатория исследований науки и технологий.
E-mail: avsokolova@hse.ru

Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (ИСИЭЗ НИУ ВШЭ)

Адрес: 101000, Москва, ул. Мясницкая, 20

Ключевые слова

мониторинг глобальных технологических трендов; технологический мониторинг; Форсайт; качественные и количественные методы; доказательный подход; библиометрический анализ; патентный анализ; глубинный анализ текста; информационная перегрузка; информационные источники; автоматизированные инструменты

Цитирование: Mikova N., Sokolova A. (2014) Global Technology Trends Monitoring: Theoretical Frameworks and Best Practices. *Foresight-Russia*, vol. 8, no 4, pp. 64–83.

* Статья подготовлена в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

В условиях ускорения технологического прогресса и сокращения продолжительности инновационного цикла встает задача выявления и систематического мониторинга трендов, способных оказать значительное влияние на долгосрочное социально-экономическое развитие. Систематическое отслеживание перспективных научно-технологических тенденций необходимо для гибкого и своевременного принятия стратегических решений в ответ на технологические изменения.

В многочисленных исследованиях, нацеленных на выявление технологических трендов, по-разному интерпретируют сам этот термин и оперируют связанными с ним понятиями. Подобные подходы различаются по презюмируемым их авторами важнейшим эффектам, стадии жизненного цикла технологий, масштабу и способу их выявления. Наиболее существенной характеристикой технологического тренда являются ожидаемые эффекты. Так, особенность *разрушающих инноваций* состоит в том, что они наделяют технологии принципиально новыми потребительскими свойствами, способными полностью менять структуру рынков [Christensen, 1997]. При выявлении *зарождающихся технологий* в фокусе оказываются интенсивно развивающиеся технологические направления, обладающие высоким потенциалом порождения изобретений, инноваций и связанных с ними значительных экономических и социальных последствий [Gokhberg et al., 2013]. При анализе *технологических приложений* рассматриваются междисциплинарные технологические области, которые могут существенно повлиять на социально-экономическое развитие и изменить жизнь людей по всему миру [Silberglitt et al., 2006]. Авторы часто вкладывают различное содержание в понятие технологического тренда в зависимости от стадии жизненного цикла технологий. Например, зарождающиеся технологии относятся к стадии исследований и разработок (ИиР), а технологические приложения и продукты уже могут быть частично внедрены на рынке. Терминологические предпочтения могут быть обусловлены масштабами трендов. Так, *мегатренды* рассматриваются как устойчивые тенденции глобального уровня, предопределяющие дальнейшее развитие мировой экономики и общества [Singh, 2012]. Технологические тренды могут различаться и по способу их выявления. В частности, такие динамично развивающиеся и пользующиеся повышенным интересом научно-технологические области, как *исследовательские фронты*, представляют собой кластеры документов, выявленных на основе анализа совместного цитирования [Upham, Small, 2010].

Таким образом, выбор содержания понятия «тренд» в первую очередь зависит от цели и задач исследования, его масштабов и основного фокуса. В общем смысле *технологический тренд* можно определить как актуальное, прорывное и активно развивающееся направление технологического развития, способное существенно повлиять на будущее экономики и общества.

Проекты, нацеленные на выявление перспективных тенденций научно-технологического развития, реализуются на национальном, отраслевом и корпоративном уровнях во многих странах. Их результа-

ты востребованы широким спектром стейкхолдеров (государство, бизнес, исследовательские институты, широкая общественность), вовлеченных в разработку и практическое использование долгосрочных прогнозов. Для реализации подобных масштабных проектов применяются, главным образом, экспертные методы (интервью, опросы, семинары и др.). В то же время существует растущая потребность в доказательном подходе к мониторингу трендов, позволяющем верифицировать экспертные оценки и обнаруживать неявные признаки технологических изменений, используя большие массивы данных. Не случайно теоретические исследования все чаще фокусируются на совершенствовании количественных методов технологического мониторинга и разработке автоматизированных процедур обработки данных.

Цель настоящей работы — представить аналитический обзор мировой практики выявления технологических трендов и связанных с этим ключевых теоретических подходов и методов.

Мировая практика мониторинга технологических трендов

Многочисленные проекты по выявлению технологических трендов осуществляются сегодня международными организациями, национальными исследовательскими центрами, университетами, компаниями и консалтинговыми агентствами. Цели подобных исследований могут быть различны. Технологический мониторинг, проводимый международными организациями, необходим для наднационального регулирования научно-технологической сферы, выработки совместных программ в рамках объединений стран, эффективной интеграции и стандартизации деятельности в сфере науки, технологий и инноваций. Государственные учреждения ставят перед собой задачу сформировать общее представление о состоянии мировой науки и технологий, выявить конкурентные преимущества страны в ключевых областях, важных с точки зрения национальной безопасности и наращивания военного потенциала (часть этих данных остается секретной и недоступной широкой общественности). Мониторинговые проекты университетов и исследовательских центров состоят в регулярном сборе и анализе информации о новых направлениях научно-технологического развития, причем не только в сугубо научных целях, но и в интересах бизнеса и подготовки рекомендаций правительствам по выбору тех или иных национальных либо региональных приоритетов. Крупные корпорации и частные фирмы проводят собственный мониторинг потенциальных зон научно-технологического прорыва, что позволяет им адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям и обеспечить глобальную конкурентоспособность. Консалтинговые и аудиторские компании реализуют подобные инициативы для сбора сведений, необходимых бизнесу для определения стратегических приоритетов.

Мониторинг трендов покрывает как отдельные секторы, так и весь спектр потенциальных направлений технологического развития. Горизонт прогнозирования, как правило, составляет от 10 до 30 лет и более (так, в базе трендов немецкой консалтинговой компа-

нии Z_Punkt приводятся оценки технологического развития до 2020 г., а в ряде случаев и до 2040–2050 гг.). В таких проектах активно применяются качественные методы (обзор источников, экспертные опросы, интервью, разработка сценариев и др.), дополненные количественными методиками (библиометрический и патентный анализ, сбор и обобщение данных в Интернете и т. д.). Известны многочисленные попытки автоматизации обработки информации о технологиях (полуавтоматический подход) и использования веб-инструментов для публикации и обсуждения полученных результатов в сети.

На рис. 1 графически представлены некоторые виды проектов по мониторингу технологических трендов, реализуемых отдельными организациями.

Международные организации

Ряд международных организаций проводят исследования по выявлению перспективных научно-технологических направлений и зарождающихся технологий и оценке долгосрочных возможностей развития в отдельных областях. Как правило, по итогам подобных работ формируются сценарии; перечни ключевых технологий, трендов и движущих сил их развития; технологические стандарты и рекомендации по проведению политики для различных стран. Примеры мониторинговых проектов международных организаций представлены в табл. 1.

Европейская комиссия реализует программы в области изучения глобальных технологических трендов, способных оказать существенное воздействие на перспективы развития экономики и общества, и публикует итоговые доклады с рекомендациями Европарламенту по проведению научно-технической политики. Например, программа Европейской организации по безопасности (European Organization for Security) «Европейский технологический мониторинг» (European Technology Watch) [European Commission, 2009] объединяет усилия различных участников (наука, бизнес, государство) с целью развития существующих компетенций и наращивания потенциала европейских стран в сфере науки и технологий для обеспечения ведущих позиций региона в мире. Подобный мониторинг предусматривает поиск потенциально значимых технологических областей и разработку мероприятий по стимулированию их развития в европейских странах.

Масштабную аналитическую работу в области технологического прогнозирования ведет ОЭСР, реализуя ряд проектов по мониторингу технологических трендов и драйверов роста в самых разных сферах (космос, энергетика, биоэкономика и др.). Например, в 2006–2007 гг. ОЭСР опубликовала серию докладов «Инфраструктура — 2030» (Infrastructure to 2030) [OECD, 2007], содержащих анализ долгосрочных возможностей и вызовов глобальной среды с рекомендациями для правительств стран — членов организации. В докладе 2014 г. были показаны ключевые вызовы и тренды, которые могут изменить траекторию развития таких перспективных областей, как нано-, био-, космические, информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), и приведена информация о ключевых исследованиях ОЭСР в этих областях [OECD, 2014].

В рамках проекта Международного союза электросвязи (МСЭ, International Telecommunication Union, ITU) «Технологический мониторинг» (Technology Watch) [ITU, 2014] рассматриваются существующие тенденции в сфере ИКТ и предлагаются стандарты для новых технологических областей. Исследование нацелено на поиск и изучение перспективных научно-технологических направлений и измерение их потенциала в части стандартизации ИиР. В отчетах МСЭ представлены оценка воздействия возникающих технологий на конкурентоспособность экономик развитых и развивающихся стран, а также анализ соответствующих работ по стандартизации для выявления новых траекторий развития ИКТ. В целом «Технологический мониторинг» описывает широкий текущий и прогнозируемый контекст глобального научно-технологического развития и формирует нормативную базу для разработки правил и стандартов в сфере ИКТ на национальном и международном уровнях.

Национальные исследовательские центры

Многие национальные исследовательские центры по заказам своих правительств ведут мониторинг перспективных направлений технологического развития в целях корректировки внутренней и внешней политики стран. Подобные проекты описывают технологические тренды, зарождающиеся технологии, перспективные технологические приложения, движущие силы и альтернативные сценарии технологического развития, а также наиболее перспективные страны для сотрудничества в сфере науки и технологий. В табл. 2 приведены несколько мониторинговых проектов национальных исследовательских центров.

Деятельность корпорации RAND — стратегического исследовательского центра США — нацелена на аналитическую поддержку научной и образовательной деятельности, здравоохранения; содействие укреплению национальной безопасности и устойчивости международных отношений. Отдельные технологические тенденции были рассмотрены в докладе «Глобальная технологическая революция» (The Global Technology Revolution) [Silberglitt et al., 2006]. В нем представлены четыре основных научно-технологических направления, способных радикально повлиять на будущее развитие: био-, нано-, информационные технологии и создание новых материалов. В рамках исследования были изучены факторы технологической революции и оценены перспективы 16 ключевых технологических приложений (включая гибридные автомобили, зеленое производство, адресную доставку лекарственных средств и т. д.) и их важнейшие эффекты.

Национальный институт научно-технической политики (National Institute for Science and Technology Policy, NISTEP) создан при участии правительства Японии для разработки политики в научно-технологической сфере, предоставления аналитических материалов компаниям и связанным с ними организациям, содействия исследовательской активности в важнейших технологических областях. В 2010 г. NISTEP опубликовал итоги 9-го научно-технологического Форсайта (The 9th Science and Technology Foresight) [NISTEP, 2010], посвященного важнейшим направ-

Рис. 1. Типология организаций и проектов по мониторингу технологических трендов

		ТИПЫ ОРГАНИЗАЦИЙ						ТИПЫ ТРЕНДОВ			
Международные организации	Европейская комиссия	Международное энергетическое агентство	ОЭСР	Международный союз электросвязи							
	Международный совет по делам разведки США	Национальный совет по делам разведки США	Форсайт-центр при Правительстве Канады (Policy Horizons Canada)	RAND							
	Национальные правительственные исследовательские центры	Национальный совет по делам разведки США	Форсайт-центр при Правительстве Канады (Policy Horizons Canada)	RAND							
Университеты и научные организации			Национальный институт научной и технологической политики Японии				Университет Манчестера				
			Институт системных и инновационных исследований Общества Фраунгофера				Массачусетский технологический институт				
Компании	Shell	IBM		Microsoft-Fujitsu			Morgan Stanley				
	Z_Punkt	TechCast	Battelle				Garther				
Консалтинговые агентства	Shaping Tomorrow		Lux Research				TrendHunter				
	Технологические тренды	Зарождающиеся технологии	Технологические решения и приложения	Бизнес-тренды и инновационные идеи	«Слабые сигналы» и «джокеры»	Разрушающие технологии и технологии, меняющие правила игры					
<p>Методы:</p> <ul style="list-style-type: none">  Обзор источников (международных проектов, медиаресурсов, отчетов и т. д.)  Анализ статистических данных (публикации, патенты, новости и т. д.)  Анализ «слабых сигналов» и «джокеров» <p>Разработка сценариев и дорожных карт Опросы населения и участников сообществ Экспертные процедуры (опросы, семинары, интервью и т. д.)</p>											

Источник: составлено авторами.

Табл. 1. **Примеры проектов по мониторингу технологических трендов, осуществляемых международными организациями**

Организация	Наименование проекта	Цель проекта	Примеры трендов	Методы	Результаты
Европейская комиссия	Европейский технологический мониторинг (European Technology Watch) [European Commission, 2009]	Раннее выявление зарождающихся технологий в различных областях, оценка их влияния на рынки для предотвращения угроз безопасности государств ЕС	Роботы-помощники	Анализ источников (материалов взаимосвязанных проектов Европейской комиссии — DEISA, PRACE, EGI, EM1) Сбор и обобщение экспертных оценок (интервью, экспертные панели, опросы, семинары и т. д.)	Рекомендации правительствам стран ЕС по обеспечению безопасности в Европе и мире
Организация экономического сотрудничества и развития	Инфраструктура — 2030: политика в области производства электроэнергии, водных ресурсов и транспорта (Infrastructure to 2030: Mapping Policy for Electricity, Water and Transport) [OECD, 2007]	Выявление долгосрочных возможностей развития инфраструктуры во всем мире, разработка рекомендаций по ее совершенствованию для правительств стран — членов ОЭСР	Интеллектуальные транспортные системы	Обзор исследований ОЭСР и стран — членов организации Сбор и обобщение экспертных оценок (с привлечением специалистов правительственных ведомств, компаний, исследовательских институтов)	Отчет о возможностях развития инфраструктуры в таких областях, как производство электроэнергии, водные ресурсы, грузовой железнодорожный транспорт, городской общественный транспорт, автомобильный транспорт Перечень рекомендаций правительствам стран — членов ОЭСР по совершенствованию инфраструктуры в рассматриваемых секторах
Международный союз электросвязи (International Telecommunication Union, ITU)	Технологический мониторинг (Technology Watch) [ITU, 2014]	Выявление зарождающихся технологий для последующей разработки стандартов в области ИКТ в развитых и развивающихся странах	Повсеместные сенсорные сети	Анализ источников (различные отчеты ITU) Консультации с экспертами	27 отчетов по технологическому мониторингу (например, «Тренды в области видеотр», «Оптический мир», «Стандарты и электронное здравоохранение» и т. д.) «Сигналы» развития технологий (TechWatch Alerts)
Международное энергетическое агентство (International Energy Agency, IEA)	Перспективы энергетических технологий — 2012 (Energy Technology Perspectives 2012) [IEA, 2012]	Выявление технологий, способных снизить негативные эффекты от изменения климата и повысить безопасность энергетики	Технологии улавливания и хранения углекислого газа	Статистический анализ Дорожные карты Разработка сценариев Семинары с экспертами	Сценарии и стратегии развития энергетики до 2050 г. 10 технологий, потенциально способных повлиять на развитие энергетики 25 рекомендаций в сфере энергетики правительствам различных стран

Источник: составлено авторами.

лениям повышения конкурентоспособности страны в области науки, технологий и инноваций. Специализированный Форсайт-центр NISTEP публикует регулярные отчеты (Science and Technology Trends) [NISTEP, 2014], которые сфокусированы на тех тенденциях в технологических областях (науки о жизни, ИКТ, окружающая среда и энергетика, нанотехнологии и т. д.), достижения в которых могут содействовать решению глобальных и национальных проблем. Их изучение осуществляется в рамках экспертной сети из представителей науки, бизнеса и правительственного сектора.

Управление военно-морских исследований (Office of Naval Research, ONR) США с 1998 г. реализует программу «Глубинный анализ текста в области науки и технологий» (Text Mining) [ONR, 2014]. Цель проекта — выявление тенденций технологического развития на основе обработки текстовой информации, полученной из научно-технологических баз данных (публикаций, патентов и т. д.), и использование полученных результатов при планировании и разработке политических инициатив. В рамках программы ведется поиск новых междисциплинарных путей преодоления существующих вызовов и идентифи-

цируются ключевые игроки и эксперты в конкретных научно-технологических областях. Учитывая значенные программы для обеспечения национальной безопасности страны, ее результаты представляются командованию Военно-морского флота США в закрытом формате. Вместе с тем авторы исследования периодически публикуют статьи в академических журналах и используют свои наработки в качестве эмпирических доказательств корректности аналитических выводов [Kostoff et al., 2001, 2002, 2004].

Национальным советом по делам разведки США (National Intelligence Council, NIC) подготовлена серия докладов «Глобальные тренды», в которых описаны факторы и направления технологического прогресса, способные изменить траекторию мирового развития. Так, технологический раздел доклада «Глобальные тренды — 2030: альтернативные миры» (Global Trends 2030: Alternative Worlds) [NIC, 2012] характеризует влияние новых технологий на мировое развитие в таких областях, как ИКТ, новые производственные технологии и автоматизация, природные ресурсы, здравоохранение и др. Документ составлен исходя из опросов сотрудников компаний, представителей академических инсти-

Табл. 2. **Примеры проектов по мониторингу технологических трендов, осуществляемых национальными исследовательскими центрами**

Организация	Наименование проекта	Цель проекта	Примеры трендов	Методы	Результаты
Корпорация RAND	Глобальная технологическая революция — 2020 (Global Technology Revolution 2020) [Silberglitt et al., 2006]	Выявление ключевых технологических приложений и анализ их влияния на глобальное социально-экономическое развитие	Встроенные устройства и сенсоры для коммерческих товаров	Обзор литературы (профильных научно-технических изданий) Оценка динамики в области ИиР и инвестиций Интервью с экспертами	Перечень и описание ключевых технологических приложений
Национальный институт научно-технической политики Японии (National Institute for Science and Technology Policy (Japan))	Девятый научно-технологический Форсайт (The 9th Science and Technology Foresight) [NISTEP, 2010]	Анализ тенденций в области науки, технологий и инноваций для повышения конкурентоспособности страны в ключевых научно-технологических сферах	Облачные вычисления	Дельфи-опросы Разработка сценариев Опросы населения	12 сценариев 120 ключевых тематик Перечень стран для научно-технического сотрудничества Японии 13 особо значимых для Японии направлений развития
Управление военно-морских исследований США (Office of Naval Research)	Глубинный анализ текста в области науки и технологий (Science and Technology Text Mining) [ONR, 2014]	Анализ и картирование технологических направлений для планирования и разработки политических программ	Сенсорные сети	Обзор источников (отчеты) Статистический анализ (патенты, научные публикации) Анализ данных в Интернете Сбор и обобщение экспертных оценок (дорожные карты)	Глобальная карта развития науки и технологий План инвестиций в науку и технологии
Национальный совет по делам разведки США (National Research Council)	Технологические угрозы (Technology Warning) [NIC, 2014]	Выявление ключевых с точки зрения военного потенциала технологий и инноваций, потенциально угрожающих системе национальной безопасности США	Суперкомпьютерные вычисления	Обзор источников (материалов проекта «Согласованное видение — 2020» и др.) Консультации с экспертами	Описание ключевых технологий в форме отчетов по направлениям: «Технологическое будущее», «Технологический мониторинг», «Технологические угрозы», «Технологические сигналы» и т. п.

Источник: составлено авторами.

тутов, правительственных и неправительственных экспертов из США и других стран мира. По итогам исследования предложены четыре альтернативных сценария глобального развития с указанием движущих сил, барьеров и разрушительных факторов для каждого из них.

Университеты и научные организации

Академические учреждения, в том числе негосударственные, вносят значительный вклад в мониторинг глобальных технологических трендов. Объектами поиска здесь выступают новые технологии, «слабые сигналы» и «джокеры»¹, которые могут существенно повлиять на мировое социально-экономическое развитие в будущем. Подобные исследования реализуются за счет государственных и международных грантов или в рамках консультативной деятельности с использованием обширной информационной базы. Как правило, в результате формируются базы данных (трендов, зарождающихся технологий, «слабых сигналов», «джокеров» и т. д.) для широкого доступа. В табл. 3 показаны отдельные мониторинговые проекты такого рода.

Проект Института инновационных исследований Университета Манчестера (Manchester Institute of Innovation Research) iKNOW [Manchester IIR, 2013] реали-

зуется при поддержке Европейской комиссии совместно с рядом международных организаций и нацелен на выявление «слабых сигналов» и «джокеров». В рамках iKNOW сформирована экспертная сеть, объединяющая лиц, принимающих решения, исследователей и иных участников научной и инновационной деятельности. Каждый член сообщества имеет доступ к специализированной базе данных и возможность добавлять в нее информацию о существующих либо новых технологических трендах. Данный проект служит действенным инструментом мониторинга и долгосрочного планирования, который основан на глубоко проработанных концептуальных и методологических принципах поиска, классификации и анализа «слабых сигналов» и «джокеров», доказавших свою эффективность при оценке потенциального воздействия последних на научно-технологическое развитие Европы и мира.

В структуре Института системных и инновационных исследований Общества Фраунгофера (Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, ISI) действует специализированное подразделение — Центр компетенций по возникающим технологиям (Competence Center for Emerging Technologies) [Fraunhofer ISI, 2014]. Сотрудники центра анализируют раз-

¹ «Слабые сигналы» (*weak signals*) — индикаторы возможных, но не очевидных перемен в будущем. «Джокеры» (*wild cards*) — маловероятные, но потенциально очень значимые события, которые могут повлечь за собой радикальные негативные (как, например, террористические атаки или стихийные бедствия) или позитивные (как, например, открытие в свое время пенициллина) последствия [Manchester IIR, 2013].

Табл. 3. **Примеры проектов по мониторингу технологических трендов, осуществляемых университетами и научными организациями**

Организация	Наименование проекта	Цель проекта	Примеры трендов	Методы	Результаты
Институт инновационных исследований Университета Манчестера (Manchester Institute of Innovation Research)	База данных iKNOW [Manchester IIR, 2013]	Выявление, классификация и анализ «слабых сигналов» и «джокеров»	Производство искусственных органов	Обзор источников (статей, блогов, новостных материалов, проектов ЕС по технологическому мониторингу) Дельфи-опросы и интервью (панели с участием исследователей и научных организаций) Анализ «слабых сигналов» и «джокеров»	Перечень «слабых сигналов» и «джокеров» по тематическим направлениям Седьмой рамочной программы ЕС
Институт системных и инновационных исследований Общества Фраунгофера (Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research)	Зарождающиеся технологии (Emerging Technologies) [Fraunhofer ISI, 2014]	Выявление технологических трендов в научно-технологических областях и анализ потенциала внедрения инновационных технологических приложений в промышленности	Литий-ионные аккумуляторы	Обзор источников Мониторинг деятельности в области ИиР Разработка сценариев Семинары с экспертами Опросы населения	Доклады по зарождающимся технологиям в различных областях (биотехнологии и науки о жизни, здравоохранение, ИКТ и др.)
Массачусетский технологический институт (Massachusetts Institute of Technology)	Технологический мониторинг (MIT Technology Review) [MIT, 2013]	Анализ перспективных технологических областей, отобранных на Форуме открытых инноваций (Open Innovations Forum)	Регенеративная медицина	Обзор источников (научных отчетов, новостных материалов и т. д.) Статистический анализ Опросы и консультации с экспертами	Перечень ключевых технологических трендов

Источник: составлено авторами.

работки в таких областях, как биоэкономика и науки о жизни, здравоохранение, обработка информации и коммуникации и т. д. На широком материале изучаются траектории развития зарождающихся технологий, их взаимное влияние; производится оценка экономических, экологических и социальных последствий научно-технологического прогресса. Институт привлекает экономистов, политиков и представителей различных отраслей науки к реализации междисциплинарных проектов, а итоговые рекомендации используются при принятии решений в области научно-технической и инновационной политики.

Проект «Технологический мониторинг» (Technology Review) [MIT, 2013] Массачусетского технологического института (Massachusetts Institute of Technology, MIT) нацелен на выявление перспективных трендов, бизнес-моделей и инновационных решений, а также направлений глобального развития. Так, в отчете по проекту за 2013 г. отражены сведения по следующим областям: биомедицина и фармакология, медицинские технологии, цифровая экономика и мобильный мир, новая карта глобальной энергетики, новая эра производства, нанотехнологии и новые материалы, «умный город», потребительский рынок. По этим областям дается краткое описание, приводятся перечень ключевых трендов и технологий, меняющих правила игры в глобальном масштабе, страны-лидеры и прогнозные оценки дальнейшего развития технологий. Кроме того, в отчете содержится анализ мегатрендов, актуальных для целого ряда секторов (нанотехнологии и новые материалы, потребительский сектор, новые производственные и цифровые технологии). В рамках проекта «Технологический мониторинг» Массачусетский технологический институт ежегодно публикует доклады

по десяти прорывным технологиям (Ten Breakthrough Technologies) [MIT, 2014], которые придают новый импульс многим научно-технологическим областям.

Компании

Крупные частные компании реализуют проекты по мониторингу технологических трендов в профильных сферах деятельности и смежных областях. Такие исследования дают им возможность обнаружения точек инновационного прорыва на ранних этапах, способствуя тем самым повышению гибкости бизнеса и его рыночной конкурентоспособности. Результатом подобных проектов выступают альтернативные сценарии и перечни трендов (инновационных решений) в избранных для рассмотрения технологических областях (табл. 4).

Цель мониторингового проекта корпорации IBM «Пять инноваций ближайшего пятилетия» (Next Five in Five) [IBM, 2014] состоит в анализе основных маркетинговых и социальных трендов, способных изменить жизнь людей, а также новых перспективных технологий, поддерживающих эти тренды, на ближайшее пятилетие. Так, в 2013 г. были выявлены инновационные тренды в пяти ключевых областях: в образовании, розничной торговле, здравоохранении, безопасности и развитии городов. IBM опирается на полученные результаты при выработке стратегических приоритетов и публикует их на своем сайте для использования всеми заинтересованными сторонами. Спрос на подобные сведения предъявляют частные фирмы, инвесторы, исследовательские коллективы, медиа и т. д.

Между компаниями Microsoft и Fujitsu с целью поиска и применения инновационных подходов к обеспечению надежных долгосрочных отношений с клиен-

Табл. 4. **Примеры проектов по мониторингу технологических трендов, осуществляемых крупными компаниями**

Организация	Наименование проекта	Цель проекта	Примеры трендов	Методы	Результаты
Shell	Сценарии развития энергетики до 2050 г. (Shell Energy Scenarios to 2050) [Shell, 2009]	Анализ факторов, влияющих на бизнес-среду, разработка сценариев развития мировой энергетики	Биотопливо	Обзор источников Интервью с экспертами	Тренды в области энергетики Альтернативные сценарии развития мировой энергетики
IBM	Пять инноваций ближайшего пятилетия (Next Five in Five) [IBM, 2014]	Выявление технологий, обладающих потенциалом по изменению жизни людей в будущем	Персонализированная медицина на основе ДНК-технологий	Сбор и анализ информации о передовых технологиях, разрабатываемых в лабораториях IBM Анализ рынков и социальных трендов	Регулярные отчеты с описанием пяти перспективных инноваций ближайших пяти лет в таких областях, как образование, торговля, здравоохранение, безопасность, развитие городов
Microsoft-Fujitsu	Ежеквартальные обзоры (Insights Quarterly) [Microsoft-Fujitsu, 2011]	Выявление важнейших вызовов и технологических решений в области ИКТ	Планшетные компьютеры	Обзор источников Опросы представителей компаний в сфере ИКТ	Ежеквартальные отчеты по вызовам и технологическим трендам в сфере ИКТ
Morgan Stanley	Технологические отчеты (Morgan Stanley Blue Papers) [Morgan Stanley, 2014]	Анализ технологических изменений, которые могут существенно повлиять на развитие мировой экономики и бизнеса	Мобильная коммерция	Обзор источников Консультации с экспертами (аналитиками, экономистами, специалистами по стратегическому управлению)	Отчеты по технологическим трендам

Источник: составлено авторами.

тами был заключен глобальный альянс, который предлагает консалтинговые услуги, предоставляет аппаратные и программные решения для бизнеса. В 2011 г. альянс запустил исследовательский проект «Ежеквартальные обзоры» (Insights Quarterly), нацеленный на выявление вызовов и трендов в сфере ИКТ и поиск технологических решений, на которые компании могут опираться в условиях ограниченного бюджета и высоких управленческих рисков. В докладе «Ключевые тренды и приоритеты в области ИКТ» (Key ICT Trends and Priorities) [Microsoft-Fujitsu, 2011] представлен краткий обзор технологических тенденций в таких областях, как планшетные компьютеры, облачные вычисления, бизнес-аналитика и коммуникации; даны оценки значимости и доверия к этим технологиям со стороны представителей ведущих ИКТ-компаний.

Консалтинговые агентства

Весьма обширный спектр услуг в области технологического мониторинга предоставляют консалтинговые компании, хотя они обычно носят узкоспециализированный характер и адаптированы к потребностям конкретных клиентов. Консалтинговые услуги чаще всего сфокусированы на бизнес-трендах, зарождающихся и прорывных технологиях в наиболее привлекательных для заказчиков областях (табл. 5).

Консалтинговая компания Z_Punkt оказывает услуги по разработке стратегий развития компаний-клиентов, включая выявление технологических трендов в соответствующих областях. База данных «Радар трендов Z_Punkt — 2020» (Z_Punkt Trend Radar 2020) [Z_Punkt, 2014] охватывает самые разные направления технологического развития: ИКТ, новые материалы, наука о жизни, транспорт и мобильность, окружающая

среда, энергетика и др. Она позволяет осуществлять комплексный анализ значимых средне- и долгосрочных социальных, культурных, экономических, технологических, политико-правовых и экологических событий. В базу включены около 240 трендов с детальными характеристиками их временного горизонта, уровня развития в мире, степени потенциального влияния и т. д.

Компания Gartner проводит регулярные исследования рынка ИКТ, предоставляя консалтинговые услуги организациям-разработчикам, инвесторам и поставщикам программных продуктов. Важной сферой исследований Gartner является прогнозирование технологических трендов, способных повлиять на перспективную динамику рынков. Цель проекта «Десять ключевых стратегических технологических трендов» (Top 10 Strategic Technology Trends) [Gartner, 2014] состоит в поиске и анализе стратегических технологий, которые могут иметь существенные эффекты для бизнеса в последующие три года. Факторами этого влияния служат потенциал технологий, потребность в инвестициях и риски, обусловленные их поздним внедрением. При этом к стратегическим относят как уже существующие, так и новые направления ИКТ, в ближайшие несколько лет открывающие перед компаниями уникальные возможности либо обладающие высоким разрушающим потенциалом.

Экспертная сеть компании Deloitte объединяет около 200 тыс. специалистов со всего мира из сферы консалтинга (в том числе финансового), аудита и управления рисками. Deloitte публикует ежегодные доклады о технологических трендах, отличающихся наибольшим влиянием на деятельность ИКТ-компаний в будущем. Анализ технологий от обзора большого круга потенциальных тем переходит к част-

Табл. 5. **Примеры проектов по мониторингу технологических трендов, осуществляемых консалтинговыми агентствами**

Организация	Наименование проекта	Цель проекта	Примеры трендов	Методы	Результаты
Battelle	Battelle.org [Battelle, 2014]	Выявление инноваций и технологических трендов в различных научно-технологических областях	Мембранные технологии	Обзор источников (отчетов, стандартов) Статистический анализ Сбор и обобщение экспертных оценок Лабораторные эксперименты	Зарождающиеся технологии в различных областях (промышленность, энергетика и окружающая среда, здравоохранение, национальная безопасность, фармацевтика и др.)
Z_Punkt	База данных TrendRadar [Z_Punkt, 2014]	Выявление и описание ключевых технологических трендов в среднесрочной и долгосрочной перспективе	Социальные сети и коллективный разум	Обзор источников Сбор и анализ данных в Интернете Интервью с экспертами	База технологических трендов в таких областях, как ИКТ, материалы, науки о жизни, нанотехнологии, робототехника, транспорт и мобильность, медицина, окружающая среда, энергетика, питание
Lux Research	Luxresearchinc.com [Lux Research, 2014]	Выявление и описание зарождающихся технологий для выбора клиентами ключевых технологических направлений финансирования	Метаматериалы	Обзор источников (маркетинговых отчетов, профилей компаний, публикаций и т. д.) Интервью с менеджерами компаний, клиентами, партнерами и внешними экспертами в более чем 20 странах	База открытий и технологических трендов в различных областях (материалы нового поколения, сельское хозяйство, альтернативное топливо, биоэлектроника, водопользование и др.)
Gartner	Десять ключевых стратегических технологических трендов (Top 10 Strategic Technology Trends) [Gartner, 2014]	Выявление технологических трендов, которые способны повлиять на деятельность ИКТ-компаний в ближайшие три года	Умные машины	Обзор источников Сбор и анализ данных в Интернете Разработка сценариев Опросы экспертов	Десять стратегических технологических трендов в области ИКТ
Deloitte	Технологические тренды (Tech Trends) [Deloitte, 2012]	Выявление разрушающих технологий, а также технологий, способствующих научно-технологическому развитию в сфере ИКТ	Игрофикация	Обзор источников Сбор и обобщение экспертных оценок представителей науки и промышленности Краудсорсинг идей* (глобальная экспертная сеть)	Ежегодные отчеты по технологическим трендам: пять разрушающих и пять порождающих трендов
TechCast	Techcastglobal.org [TechCast, 2014]	Анализ актуальных тенденций технологического развития для использования в бизнес-планировании и при разработке политики компаний	Интернет вещей	Обзор источников (научно-технической литературы, данных, опубликованных в Интернете, в СМИ и т. д.) Интервью с экспертами	Итоговая карта технологий, публикуемая ежегодно 60 зарождающихся технологий и 30 «джокеров» в различных областях Технологические прогнозы по направлениям (энергетика и окружающая среда, производство и робототехника, медицина и биогенетика, ИКТ, цифровая экономика, космос, транспорт и др.)
Shaping Tomorrow	Shapingtomorrow.com [Shaping Tomorrow, 2014]	Мониторинг ключевых трендов, событий и новостей в области науки и технологий	Дополненная реальность	Обзор информационных источников (новостных лент, материалов аналитических центров, международных отчетов и т. д.) Сбор и обобщение экспертных оценок (в форме интервью, экспертных панелей, опросов, семинаров и т. д.)	Доклады по трендам в различных областях «Сигналы» (alerts) трендов Информационные бюллетени
TrendHunter	TrendHunter.com [TrendHunter, 2014]	Сбор информации об инновациях и передовых технологиях для молодых предпринимателей и крупных компаний	Носимые фитнес-трекеры	Краудсорсинг и голосование среди членов сообщества Сбор и обобщение экспертных оценок	250 000 микротрендов 2 000 кластеров технологий Сводные отчеты по трендам

* В рамках краудсорсинга решение задачи передается многочисленной распределенной группе членов сообщества, что помогает снизить издержки поиска и обработки информации.

Источник: составлено авторами.

ным опросам клиентов, поставщиков, исследователей и аналитиков. В итоговом отчете технологические тренды разделяются на две категории — разрушающие технологии (создающие устойчивые изменения в сфере ИКТ) и порождающие технологии (их развитие порождает новую практику в рассматриваемой области). В частности, доклад 2012 г. «Технологические тренды: развитие информационных технологий для цифрового бизнеса» (Tech Trends 2012: Elevate IT for digital business») [Deloitte, 2012] описывает пять разрушающих трендов («Социальный бизнес», «Игрофикация», «Мобильность предприятий», «Расширение прав и возможностей потребителей», «Гибридные облака») и пять порождающих («Большие данные», «Геопространственная визуализация», «Цифровая идентификация», «Измеряемые инновации» и «Виртуальная архитектура»).

TrendHunter — крупнейшее в мире сообщество по мониторингу трендов в различных областях (мода, технологии, культура, дизайн, социальные медиа, бизнес, экология и др.) [TrendHunter, 2014]. Глобальная сеть TrendHunter.com объединяет более 150 тыс. участников и служит важным источником информации о технологиях и инновационных идеях для начинающих предпринимателей и крупных компаний. В рамках этой сети создана методология, позволяющая систематизировать добавляемую пользователями сервиса информацию о возникающих технологиях и обмениваться мнениями об их актуальности путем голосования на сайте. В настоящее время база данных TrendHunter насчитывает тысячи отчетов по трендам, кластерам технологий и новым инновационным идеям, которые

частные компании могут использовать при разработке маркетинговых и продуктовых стратегий.

Количественные подходы к мониторингу технологических трендов

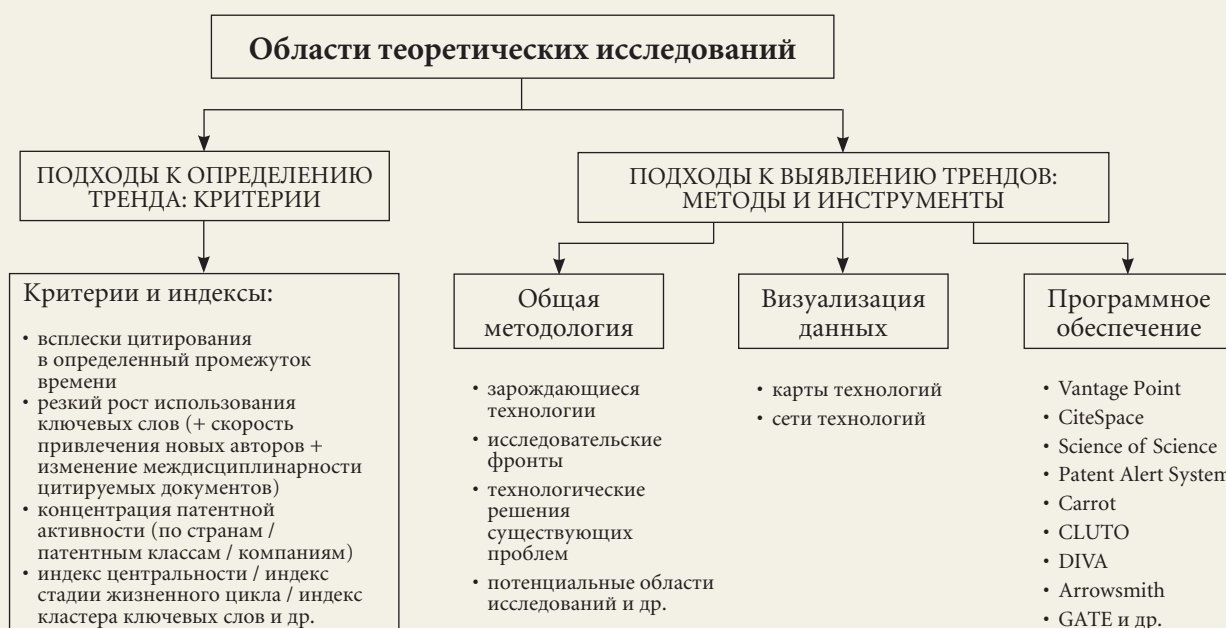
Современные подходы к технологическому мониторингу предполагают синтез качественных и количественных методов при возрастающей роли последних. В условиях информационной перегрузки исследователи разрабатывают новый инструментарий обнаружения «скрытого» знания с помощью эффективных методов обработки и интерпретации информации, собранной из широкого спектра источников.

Основные области теоретических исследований, направленных на идентификацию и выявление технологических трендов, схематически отражены на рис. 2.

Ряд исследований посвящены классификации трендов и критериям их определения. Тренды группируют по различным основаниям: росту числа высокоцитируемых публикаций по определенной тематике [Upham, Small, 2010], статистике использования ключевых слов [Guo et al., 2011] и т. п. Так, в работе [Upham, Small, 2010] проанализировано изменение числа публикаций в исследовательских фронтах² за определенный период времени, выделены следующие типы последних:

- зарождающиеся — характеризуемые первым появлением научных публикаций в текущем периоде;
- растущие — отмеченные приростом научных публикаций в текущем периоде по сравнению с предыдущим периодом;

Рис. 2. Основные области теоретических исследований в сфере технологического мониторинга



Источник: составлено авторами.

² Под исследовательскими фронтами при этом понимают наиболее динамичные области науки и технологий, которые привлекают интерес исследователей.

- стабильные — в которых прироста научных публикаций не наблюдается;
- сокращающиеся — где масштаб фронта меньше совокупности составляющих его областей;
- затухающие — также отличающиеся отсутствием в текущем периоде публикаций из предыдущего периода.

Авторы исследования [Guo et al., 2011] предлагают смешанную модель описания и прогнозирования зарождающихся технологий с привлечением трех ключевых индикаторов:

- рост использования ключевых слов, указывающий на формирование новых направлений научных исследований;
- увеличение численности новых авторов, ангажированных зарождающимися областями;
- интенсивное цитирование авторами работ из смежных областей, позволяющее решать междисциплинарные задачи.

Отмечено наличие корреляции между тремя названными индикаторами: сначала в зарождающейся области появляются новые авторы, после этого начинают расти число междисциплинарных публикаций и уровень их цитирования, что в свою очередь порождает всплеск статистики использования ключевых слов [Ibid.]. Помимо этого разрабатываются различные индексы технологических трендов. В частности, предлагается использовать такие параметры, как центральность и плотность³ для разделения научных тематик на следующие типы: быстро развивающиеся и изолированные, зарождающиеся и затухающие, движущие, базовые и междисциплинарные [Cobo et al., 2011]. В исследовании [Corrocher et al., 2003] анализируются зарождающиеся технологические тренды на базе индексов концентрации патентной активности по странам, классам Международной патентной классификации и компаниям⁴. Предполагается, что чем новее технология, тем уже круг стран и компаний, которые ею располагают, а сведения о ней на начальной стадии развития представлены лишь в ключевых патентных классах.

Этапы мониторинга

Важнейшей исследовательской задачей остается разработка общей методологии мониторинга технологических трендов. Такая методология может включать в себя методы выявления зарождающихся технологий [Porter, Cunningham, 2005], технологических решений существующих проблем [Kostoff et al., 2008; Kim et al., 2009], исследовательских фронтов [Upham, Small, 2010], потенциальных исследовательских областей [Lee et al., 2009] и других типов трендов. В целом, независимо от избранного фокуса и используемых инструментов, мониторинг разделяют на пять этапов (табл. 6).

Авторы работы [Porter, Cunningham, 2005] вводят понятие *tech mining* для обозначения поэтапного процесса технологического мониторинга. На этапе постановки задачи определяется цель исследования и выбираются релевантные источники данных. На втором этапе формулируется запрос и осуществляется сбор сведений из выбранных источников. Следующий этап — обработка данных — предполагает базовый (очистка и фильтрация) и детальный (углубленный) анализ собранной информации. Мониторинг завершается этапом представления, интерпретации и обобщения результатов.

Методология создания патентных карт [Lee et al., 2009] для выявления новых перспективных исследовательских областей также укладывается в представленную схему технологического мониторинга. Исходя из задач исследования формируется коллекция патентов, а этап обработки информации предусматривает создание карт патентов для определения и описания трендов-кандидатов. Заключительный этап мониторинга посвящен анализу, валидации и интерпретации полученных результатов.

Различия в процессе технологического мониторинга обусловлены не только постановкой задачи, но и источниками данных и используемыми методами их анализа. На рис. 3 показаны возможные развилки на всех этапах мониторинга технологических трендов.

Как видно из рис. 3, процесс мониторинга зависит от выбранного типа тренда (зарождающиеся технологии, исследовательские фронты, технологические

Табл. 6. Этапы мониторинга технологических трендов

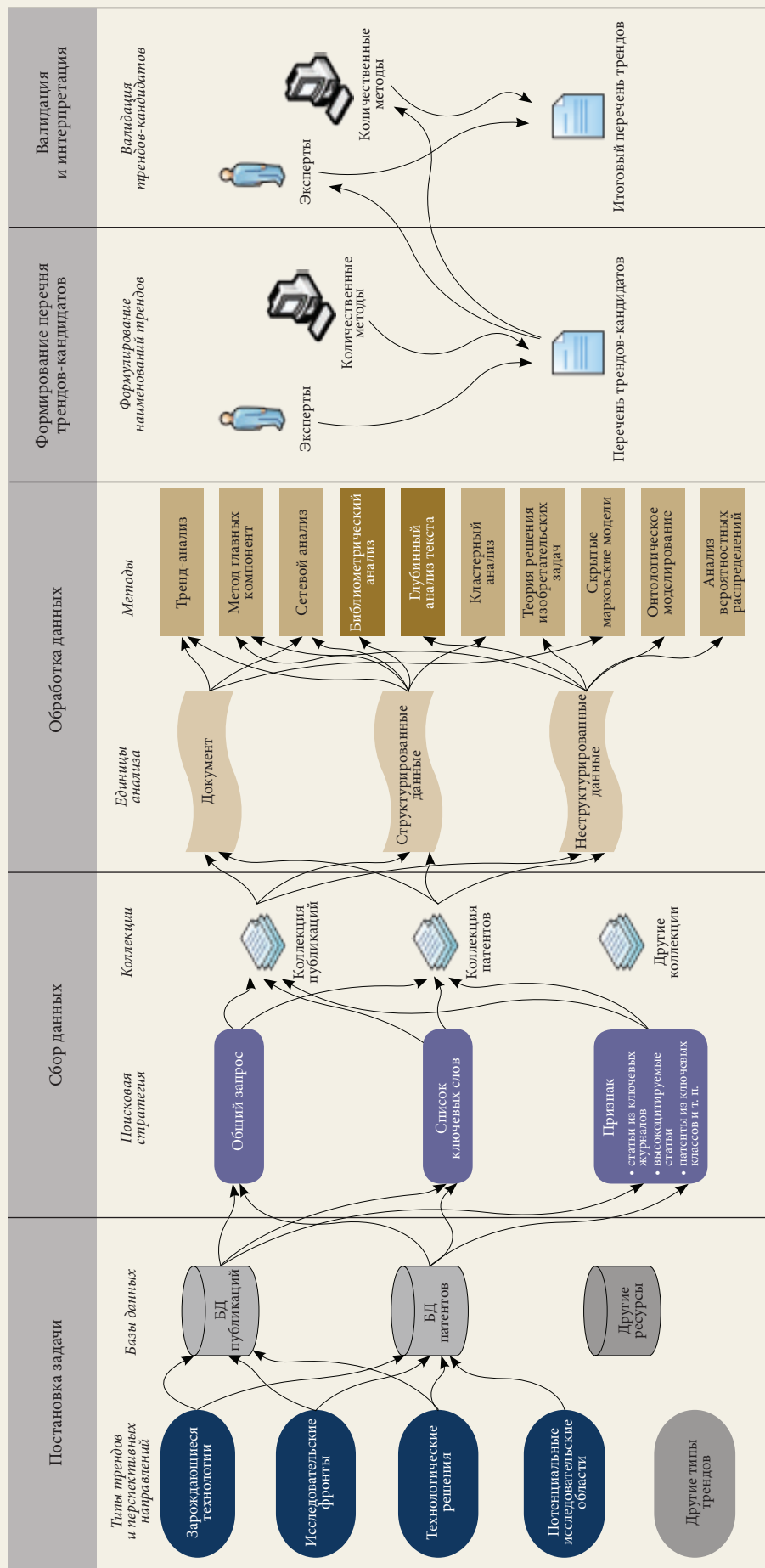
№№ п/п.	Этап	Содержание
1	Постановка задачи	Формулирование цели исследования, выбор предметной области и методологии
2	Сбор данных	Выбор источников данных для анализа и поисковой стратегии, предопределенных целями исследования; сбор материала
3	Обработка данных	Выбор единицы анализа (документы, ключевые слова, авторы и т. п.) и методов (глубинный анализ текста, кластеризация, сетевой, цитат-анализ и т. д.)
4	Формирование перечня трендов-кандидатов	Определение трендов-кандидатов (интеграция результатов обработки данных)
5	Валидация и интерпретация трендов	Валидация трендов-кандидатов (проверка соответствия трендов-кандидатов критериям тренда)

Источник: составлено авторами.

³ Центральность (*centrality*) характеризует силу внешних связей рассматриваемой научной тематики с другими тематиками. Плотность (*density*) определяет силу внутренних связей между ключевыми словами, которые описывают научную тематику.

⁴ В основе индекса концентрации патентной активности по странам лежит гипотеза, состоящая в том, что развитие инновационных продуктов и приложений происходит в ограниченном числе стран, круг которых после стандартизации технологий постепенно расширяется. Аналогичный индекс по патентным классам исходит из гипотезы, что на первичной стадии развития зарождающиеся технологии концентрируются в отдельных классах Международной патентной классификации, а в дальнейшем сведения об этих технологиях распространяются и на другие патентные классы. Индекс по компаниям базируется на гипотезе, согласно которой развитием зарождающихся технологий изначально занимается узкий, лишь со временем расширяющийся круг компаний.

Рис. 3. Этапы мониторинга технологических трендов



Источник: составлено авторами.

решения, потенциальные исследовательские области и т. д.); источников информации (базы данных публикаций, патентов, новостей и т. д.); методов ее извлечения (широкий тематический запрос (например, «nanotechnology»), список ключевых слов либо определенный признак); единиц анализа (отдельный документ, структурированные или неструктурированные данные, исходные тексты) и методов обработки и валидации выявленных трендов (количественные, качественные либо их комбинация).

Источники данных

Выбор базы данных — один из важнейших этапов технологического мониторинга. Большинство авторов отдают предпочтение библиометрическим базам данных (как общим, например, Web of Science или Scopus, так и специализированным — Medline и т. п.) — для отслеживания исследовательских фронтов и зарождающихся технологий — либо патентным (Ведомства по патентам и товарным знакам США (United States Patent and Trademark Office, USPTO), Европейского патентного ведомства (European Patent Office, EPO), Патентного ведомства Японии (Japan Patent Office, JPO) и т. п.) — для поиска информации о технологических решениях и приложениях в определенной предметной области. Кроме этого, источниками данных для технологического мониторинга могут служить: новости [Daim et al., 2006]; информационные бизнес-ресурсы (в частности, база данных LexisNexis) [Porter, Cunningham, 2005]; отчеты о деятельности венчурных фондов, стартапов и т. д. [Cozzens et al., 2010]; материалы конференций [Porter, Cunningham, 2005] и др.

Сбор информации из выбранных источников — отдельная задача, которая решается путем формирования списка ключевых слов, задающих область исследования. Конкретными инструментами поиска служат: одно или несколько ключевых словосочетаний, характеризующих рассматриваемую область, перечень ключевых слов, отобранных на основании экспертных мнений [Lee et al., 2009; Morris et al., 2002] или из важнейших документов [Kim et al., 2008], либо комбинации этих подходов [Kim et al., 2008; Porter, Cunningham, 2005]. Альтернативная поисковая стратегия — формирование списка статей или патентов по какому-либо признаку: статьи из специализированных журналов [Cobo et al., 2011; Guo et al., 2011; Kajikawa et al., 2008; Kostoff et al., 2008]; наиболее высокоцитируемые публикации [Upham, Small, 2010]; патенты из соответствующих классов Международной патентной классификации [Corrocher et al., 2003; Lee et al., 2011]; патенты отдельных стран [Tseng et al., 2007] и т. д.

Полученные данные образуют коллекции⁵ (научных публикаций, патентов и т. д.), которые в дальнейшем подлежат обработке с применением тех или иных количественных и качественных методов.

Методы обработки данных

Обработка коллекций данных может вестись тремя способами. Первый состоит в принятии отдельного документа за единицу анализа и рассмотрении их количественной динамики в пределах установленного временного интервала [Campbell, 1983; Daim et al., 2006; Dereli, Durmusoglu, 2009; Lee et al., 2011] для оценки публикационной активности в некоторой предметной области — достаточно узком и потенциально прорывном направлении. Второй вариант — работа со структурированными данными каждого текста: классификационным кодом, определяющим принадлежность документа к избранной предметной области, выделенными автором ключевыми словами, статистикой цитирования и т. п. Третьим способом может служить работа с неструктурированной информацией, то есть анализ текста целиком после его предварительной обработки — удаления дублирующих документов, исключения стоп-слов, не несущих самостоятельной смысловой нагрузки (предлогов, союзов, местоимений и т. п.), стемминга⁶ и т. д.

Выбор единицы анализа предопределяет методы, которые будут использованы при технологическом мониторинге. Основными методами обработки рассматриваемых данных служат библиометрический анализ и глубокий анализ текста, которые во многих исследованиях комбинируются с такими вспомогательными методиками, как сетевой анализ, кластеризация, тренд-анализ и т. п. На рис. 4 показаны методики выявления технологических трендов. Разумеется, их спектр и многообразие комбинаций не исчерпываются данной схемой и могут быть дополнены другими методиками, использование которых зависит от поставленной задачи, типов выявляемых технологических трендов и иных факторов.

Анализ цитирования как библиометрический метод широко применяется для обработки структурированных данных. Уровень цитирования документов (публикаций, патентов и т. п.) может указывать на зарождение исследовательских областей (фронтов), которые отражают перспективные направления технологического развития [Igami, Saka, 2007; Kim et al., 2008; Morris et al., 2002; Upham, Small, 2010; Chen, 2006; Shibata et al., 2008; Kajikawa et al., 2008; Noma, 1984]. Помимо цитирования при мониторинге технологических трендов также могут рассматриваться структурированные данные из библиометрических описаний документов: ключевые слова [Kim et al., 2008; Cobo et al., 2011; Guo et al., 2011]; наименование организации, автор, заголовок, аннотация [Morris et al., 2002]; классификационная категория [Spasser, 1997] и др.

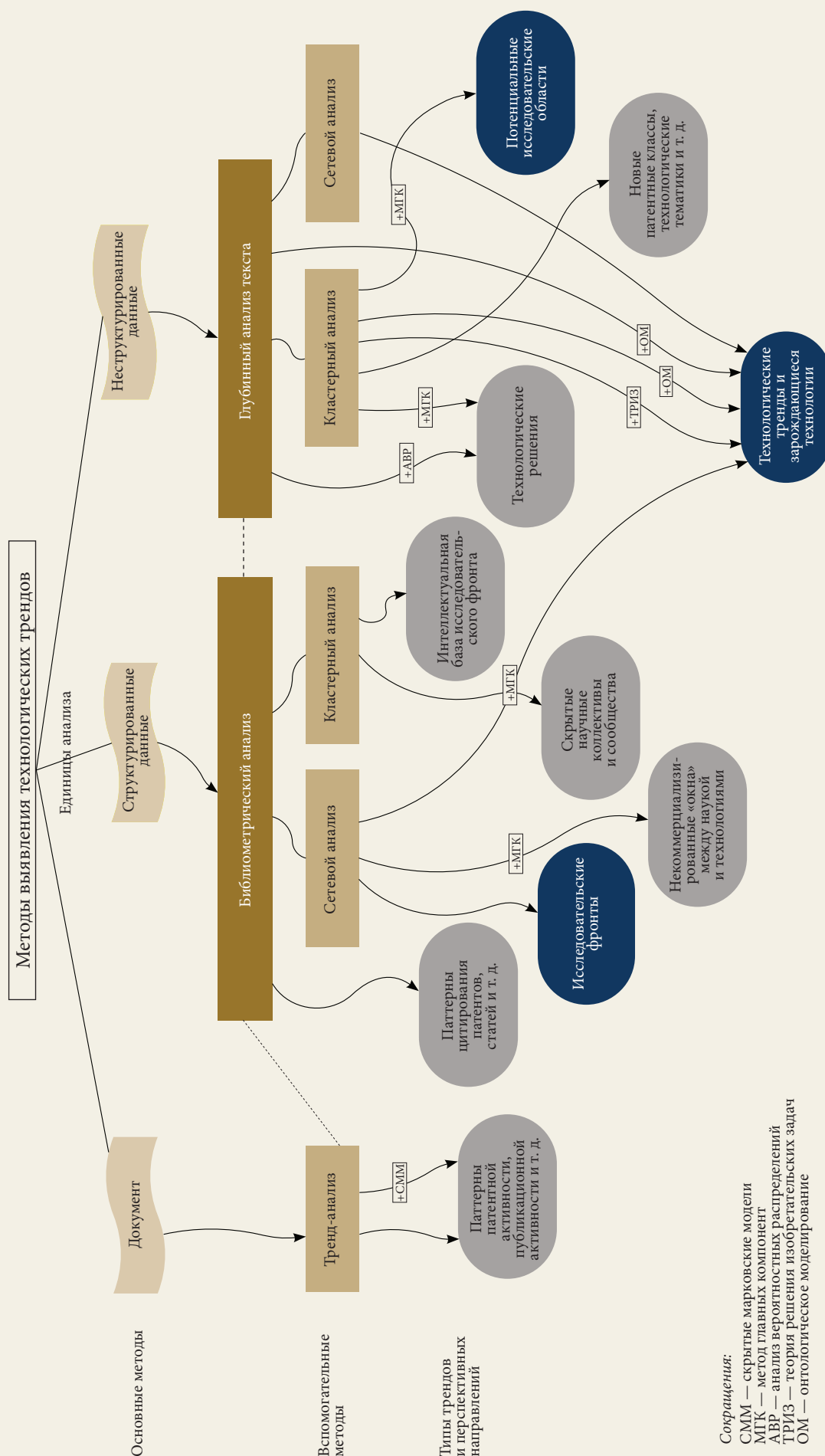
Одним из самых распространенных методов работы с неструктурированной информацией служит *глубинный анализ текста*⁷. При его применении может учитываться структура документа [Tseng et al., 2007], с тем чтобы данными для кластеризации служили словосоче-

⁵ Коллекция — массив структурированной или неструктурированной информации, полученной из определенного источника (базы данных публикаций, патентов, новостей, диссертаций и т. д.).

⁶ Многие слова имеют один лексический корень, но выполняют разные синтаксические функции, например — *computation* и *computing* [Wang et al., 2010]. В ходе стемминга осуществляется поиск общего лексического корня близких по звучанию слов для дальнейшей нормализации текста.

⁷ Целью глубокого анализа текста (*text mining*) является извлечение скрытого, ранее неизвестного знания из большого объема неструктурированных данных (аннотаций и полнотекстовых версий документов, веб-контента и т. д.). Как комплексный подход, глубокий анализ текста сочетает в себе статистические и компьютерно-лингвистические методы обработки данных. Он упрощает процесс извлечения данных о технологиях следующим образом: ключевые слова, встречающиеся в тексте документов, специальным образом индексируются, и дальнейшие операции производятся только с этими индексами [Yoon, Park, 2004].

Рис. 4. Методы выявления технологических трендов



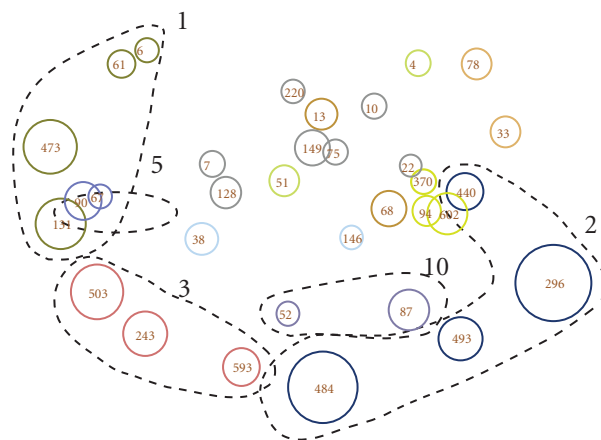
Сокращения:
 СММ — скрытые марковские модели
 МПК — метод главных компонент
 АВР — анализ вероятностных распределений
 ТРИЗ — теория решения изобретательских задач
 ОМ — онтологическое моделирование

Источник: составлено авторами.

тания, извлеченные из наиболее релевантных сегментов текста. Так, максимальный вес могут иметь те предложения или абзацы в тексте, которые содержат ключевые слова, части заголовков и отобранные экспертами связующие слова (например, *goal, important, needed, problem* и т. д.). Некоторые методики предполагают анализ распределения ключевых фраз в тексте. Ключевые слова, которые с определенной регулярностью повторяются на протяжении всего документа, могут содержать информацию о характере технологической проблемы в рассматриваемой области и использоваться для дальнейшего поиска ее решений посредством лингвистического разбора [Kim et al., 2009]. Кроме того, авторы могут анализировать наиболее часто встречающиеся (высокочастотные) [Lee et al., 2009; Corrocher, 2003] либо, наоборот, редко встречающиеся (низкочастотные), но потенциально значимые словосочетания [Wang et al., 2010; Li et al., 2009] для выявления зарождающихся технологий и потенциальных областей исследований. В некоторых работах предлагается механизм автоматизированного формирования аннотаций к документам [Trappey et al., 2006]. Например, в результате глубинного анализа текста патента генерируется его краткая аннотация, содержащая самые частотные ключевые слова и части заголовка, специфические для рассматриваемой области выражения и т. д. В дальнейшем этот лексический материал может служить для повышения скорости и эффективности патентного анализа.

Как уже отмечалось, глубинный анализ текста оперирует большими массивами данных. Созданию и использованию автоматизированного программного обеспечения для их обработки, включая инструменты лингвистического и статистического анализа и средства визуализации, посвящен целый ряд теоретических исследований [Chen, 2006; Guo et al., 2011; Dereli, Durmusoglu, 2009; Morris et al., 2002; Palomino et al., 2013; Porter, Cunningham, 2005, и др.]. Сокращение времени обработки информации существенно ускоряет сортировку и фильтрацию данных, анализ трендов и статистической информации, процесс визуализации результатов. При анализе могут применяться как онлайн-овые (Carrot, PAS и др.), так и оффлайн-овые программные решения (Vantage Point [Porter, Cunningham, 2005], CiteSpace [Chen, 2006], DIVA [Morris et al., 2002], Sci [Guo et al., 2011], TextAnalyst [Wang et al., 2010], Arrowsmith [Smalheiser, 2001], PackMOLE [Fattori et al., 2003] и др.), многие из которых разработаны самими авторами. Подобные приложения, как правило, используют информацию из электронных баз данных (публикаций, патентов, новостей и т. д.) и обладают специальным пользовательским интерфейсом для удобного формирования запроса, фильтрации и визуализации полученных результатов. Некоторые программы — Vantage Point, CiteSpace, DIVA — располагают мощными инструментами обработки и визуализации данных в виде матриц, графиков, карт, кластеров и т. п.; другие — позволяют пользователям получать специальные уведомления (*alerts*) об изменении траектории развития технологий (например, заметном увеличении патентной активности (PAS)); третьи — помогают генерировать итоговые отчеты (DIVA).

Рис. 5. Пример карты технологических кластеров



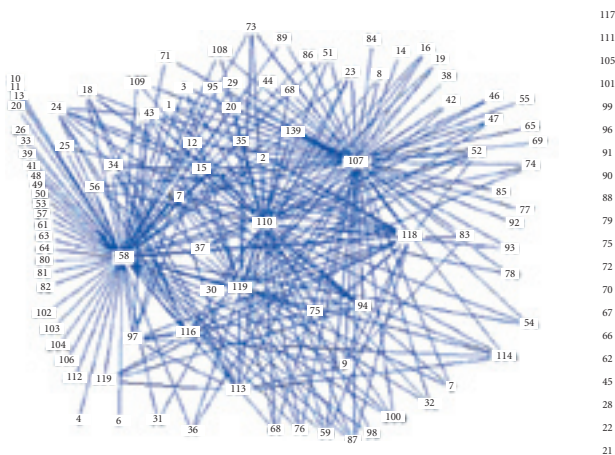
Источник: [Tseng et al., 2007].

При обработке структурированной или неструктурированной информации заметную роль играют специальные инструменты группировки и визуализации данных о технологическом развитии [Porter, Cunningham, 2005; Kim et al., 2008; Yoon, Park, 2004]. Для этой цели часто применяются методы *кластерного* или *сетевого анализа*.

В рамках технологического мониторинга *кластерный анализ* служит для разделения подготовленных данных (документов, ключевых слов, тематических областей, кривых роста и т. д.) на группы со схожими характеристиками, которые отражают развитие важнейших технологических направлений в рассматриваемой области. Среди наиболее распространенных методов кластеризации — метод *k-средних* [Kim et al., 2008; Trappey et al., 2006], иерархическая [Kostoff et al., 2008; Lee et al., 2011; Spasser, 1997] и топологическая кластеризация [Shibata et al., 2008, 2010; Kajikawa et al., 2008], метод *k-ближайших соседей* [Tseng et al., 2007] и др. На рис. 5 представлен пример визуализации данных в виде карты кластеров, свидетельствующих о развивающихся технологических направлениях (кластеры сходной тематики выделены одним цветом).

В последние годы серьезный интерес вызывает *сетевой анализ*, позволяющий выявлять, оценивать и визуализировать взаимосвязи, лежащие в основе различных процессов. Этот количественный метод, базирующийся на теории графов, упрощает анализ взаимосвязей между элементами (узлами) возникающей сети. Такими узлами как источниками информации о складывающихся технологических трендах могут служить документы, авторы, тематические области, страны, ключевые слова и т. д. Применительно к задачам технологического мониторинга сетевой анализ активно используется для построения взаимосвязей между документами и формирования сетей цитирования [Small, 2006; Shibata et al., 2008, 2010; Kajikawa et al., 2008] и сетей семантически взаимосвязанных ключевых слов [Yoon, Park, 2004; Kim et al., 2008]. На рис. 6 показан пример построения патентной сети исходя из семантических связей между документами.

Рис. 6. Пример патентной сети



Источник: [Yoon, Park, 2004].

В зависимости от целей технологического мониторинга возможно комбинирование базовых методов обработки структурированной (библиометрический анализ) и неструктурированной (глубинный анализ текста) информации, а также дополнение их рядом вспомогательных методик (рис. 4): сетевым анализом, кластеризацией, тренд-анализом, методом главных компонент⁸, анализом вероятностных распределений⁹, онтологическим моделированием¹⁰, теорией решения изобретательских задач¹¹ (ТРИЗ) и т. д. Те или иные сочетания этих методов позволяют выявлять различные типы трендов (зарождающиеся технологии, научные фронты, скрытые научные коллективы, потенциальные исследовательские области, паттерны цитирования и т. д.) и расширять спектр источников информации, опираясь не только на базы данных научных публикаций и патентов, но и на такие дополнительные источники, как новости, информационные бизнес-ресурсы, материалы конференций и т. п.

Заключение

Представленный нами обзор теории и практики мониторинга глобальных технологических трендов свидетельствует, что во множестве реализуемых исследований подобного рода используются различные определения и вариации этого понятия с акцентом на важнейших эффектах разворачивающихся тенденций, стадии жизненного цикла, масштабе тренда или способе его идентификации. Однако большинство авторов демонстрируют интерес прежде всего к выявлению на самом раннем этапе перспективных технологических областей, обладающих значительными социально-эко-

номическими эффектами и высоким потенциалом коммерциализации.

Теоретические исследования и прикладные проекты по мониторингу технологических трендов осуществляются на самых разных уровнях — глобальном, национальном, отраслевом, корпоративном. Интерес к результатам подобных исследований проявляют международные организации, правительственные круги, бизнес, исследовательские институты и другие структуры, вовлеченные в процесс разработки и использования долгосрочных прогнозов и формирования политики с учетом их рекомендаций. Теоретические исследования фокусируются на создании обоснованной методологии выявления зарождающихся технологий (с определением необходимых для этого критериев), развитии автоматизированных методов и программного обеспечения для обработки больших объемов данных и визуализации полученных результатов — критически важном этапе всего процесса.

Мониторинг технологических трендов состоит из нескольких этапов (постановка задачи, сбор данных, их обработка, формирование предварительного перечня трендов, их интерпретация), наполнение которых зависит от цели исследования и выбранного типа тренда, источников информации, способа извлечения данных, единиц анализа и методов их дальнейшей обработки и валидации. Наряду с традиционными источниками данных для технологического мониторинга — научными публикациями и патентами — исследователи все чаще обращаются к новостям, бизнес-ресурсам, материалам конференций и т. д. Основными методами выступают глубинный анализ текста и библиометрический анализ на этапе обработки информации, кластерный и сетевой анализ — на этапе структурирования и визуализации данных. В большинстве случаев они комбинируются с другими вспомогательными методами (главных компонент, тренд-анализа, онтологического моделирования и др.).

Соединение теории и практики технологического мониторинга нацелено на более широкое применение количественных методов и автоматизированных процедур при реализации крупных прикладных проектов, которые в настоящее время выполняются преимущественно с опорой на экспертное знание. Сложность реализации этой задачи обусловлена высокой ресурсоемкостью автоматизированных подходов при их распространении на целый спектр технологических областей. Расширение и усложнение аналитического инструментария позволит разнообразить круг исследуемых источников информации и, в конечном счете, повысить доказательность и эффективность мониторинга технологических трендов.

⁸ Метод главных компонент чаще всего дополняет глубинный анализ текста, например, используется для выделения главных факторов (компонент) на карте ключевых слов [Porter, Cunningham, 2005; Lee et al., 2009]. В сочетании с цитат-анализом может применяться при формировании сетей цитирования [Kajikawa et al., 2008; Shibata et al., 2008; Chen, 2006], для чего из сети удаляют документы, не имеющие ни входящих, ни исходящих цитат-связей.

⁹ Анализ вероятностных распределений может использоваться для выявления ключевых словосочетаний, которые встречаются в тексте документов с равной частотой, то есть описывают ту или иную важную проблему, над решением которой работают разные авторы в рассматриваемой технологической области [Kim et al., 2009].

¹⁰ В рамках этого подхода формируется онтологическая модель тренда, на основе которой проводится анализ сегментов текста, содержащих внешние признаки наличия тренда.

¹¹ ТРИЗ в сочетании с глубинным анализом текста может служить для определения уровня зрелости (или стадии жизненного цикла) изучаемой технологии путем сопоставления ее характеристик с универсальными паттернами развития.

- Battelle (2014) Battelle database. Режим доступа: <http://www.battelle.org>, дата обращения 01.05.2014.
- Campbell R.S. (1983) Patent trends as a technological forecasting tool // *World Patent Information*. Vol. 5. № 3. P. 137–143.
- Chen Ch. (2006) CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature // *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. Vol. 57. P. 359–377.
- Christensen C.M. (1997) *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston: Harvard Business School Press.
- Cobo M.J., Lopez-Herrera A.G., Herrera-Viedma E., Herrera F. (2011) An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field // *Journal of Informetrics*. Vol. 5. P. 146–166.
- Corrocher N., Malerba F., Montobbio F. (2003) The emergence of new technologies in the ICT field: Main actors, geographical distribution and knowledge sources. Varese: Università degli Studi dell'Insubria.
- Cozzens S., Gatchair S., Kang J., Kim K.-S., Lee H.J., Ordóñez G., Porter A. (2010) Emerging technologies: Quantitative identification and measurement // *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 22. № 3. P. 361–376.
- Daim T.U., Rueda G., Martin H., Gerdri P. (2006) Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 73. P. 981–1012.
- Deloitte (2012) Tech Trends 2012: Elevate IT for digital business. Режим доступа: http://www.deloitte.com/assets/Dcom-UnitedStates/Local%20Assets/Documents/us_cons_techtrends2012_013112.pdf, дата обращения 01.05.2014.
- Derehi T., Durmusolgu A. (2009) A trend-based patent alert system for technology watch // *Journal of Scientific and Industrial Research*. Vol. 68. P. 674–679.
- European Commission (2009) Final recommendations towards a methodology for technology watch at EU level (EUR 23762 EN). Brussels: European Commission. Режим доступа: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/12930/1/reqno_jrc50348_staccato%20tech%20watch.pdf, дата обращения 01.05.2014.
- Fattori M., Pedrazzi G., Turra R. (2003) Text mining applied to patent mapping: A practical business case // *World Patent Information*. Vol. 25. P. 335–342.
- Fraunhofer ISI (2014) Emerging technologies. Режим доступа: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/t/projekte.php>, дата обращения 01.05.2014.
- Gartner (2014) Top 10 Strategic Technology Trends for 2014. Режим доступа: <http://www.gartner.com/technology/research/top-10-technology-trends>, дата обращения 01.05.2014.
- Gokhberg L., Fursov K., Miles I., Perani G. (2013) Developing and using indicators of emerging and enabling technologies // *Handbook of Innovation Indicators and Measurement* / Ed. F. Gault. Cheltenham: Edward Elgar. P. 349–380.
- Guo H., Weingart S., Borner K. (2011) Mixed-indicators model for identifying emerging research areas // *Scientometrics*. Vol. 89. № 1. P. 421–435.
- IBM (2014) Next Five to Five. Режим доступа: http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibm_predictions_for_future/ideas, дата обращения 01.05.2014.
- IEA (2012) Energy Technology Perspectives 2012. Режим доступа: <http://www.iea.org/Textbase/npsum/ETP2012SUM.pdf>, дата обращения 01.05.2014.
- Igami M., Saka A. (2007) Capturing the evolving nature of science, the development of new scientific indicators and the mapping of science (OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2007/1). Paris: OECD Publishing.
- ITU (2014) Technology Watch. Режим доступа: <http://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/reports.aspx>, дата обращения 01.05.2014.
- Kajikawa Y., Yoshikawa J., Takeda Y., Matsushima K. (2008) Tracking emerging technologies in energy research: Toward a roadmap for sustainable energy // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 75. P. 771–782.
- Kim Y., Jeong Y., Jihee R., Myaeng S.-H. (2009) Automatic discovery of technology trends from patent text // *Proceedings of the 2009 ACM Symposium on Applied Computing*. P. 1480–1487.
- Kim Y.G., Suh J.H., Park S.C. (2008) Visualization of patent analysis for emerging technology // *Expert Systems with Applications*. Vol. 34. P. 1804–1812.
- Kostoff R.N., Briggs M.B., Solka J.L., Rushenberg R.L. (2008) Literature-related discovery (LRD): Methodology // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 75. P. 186–202.
- Kostoff R.N., Tshiteya R., Pfeil K.M., Humenik J.A. (2002) Electrochemical power source roadmaps using bibliometrics and database tomography // *Journal of Power Sources*. Vol. 110. № 1. P. 163–176.
- Kostoff R.N., Del Rio J.A., García E.O., Ramírez A.M., Humenik J.A. (2001) Citation mining: Integrating text mining and bibliometrics for research user profiling // *Journal of the Association for Information Science and Technology*. Vol. 52. № 13. P. 1148–1156.
- Kostoff R.N., Shlesinger M., Malpohl G. (2004) Fractals roadmaps using bibliometrics and database tomography // *Fractals*. Vol. 12. № 1. P. 1–16.
- Lee H., Lee S., Yoon B. (2011) Technology clustering based on evolutionary patterns: The case of information and communications technologies // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 78. P. 953–967.
- Lee S., Yoon B., Park Y. (2009) An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach // *Technovation*. Vol. 29. P. 481–497.
- Li Y.-R., Wang L.-H., Hong Ch.-F. (2009) Extracting the significant-rare keywords for patent analysis // *Expert Systems with Applications*. Vol. 36. P. 5200–5204.
- Lux Research (2014) Lux Research database. Режим доступа: <http://www.luxresearchinc.com>, дата обращения 01.09.2013.

- Manchester IIR (2013) iKNOW database. Режим доступа: <http://community.iknowfutures.eu>, дата обращения 01.05.2014.
- Microsoft-Fujitsu (2011) Key ICT Trends and Priorities (vol. 1). Режим доступа: http://download.microsoft.com/documents/Australia/InsightsQuarterly/IQ_IG%20Full%20Report.pdf, дата обращения 01.05.2014.
- MIT (2013) Emerging Trends Report 2013. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology. Режим доступа: http://2013.forinnovations.org/upload/MIT_Technology_Review.pdf, дата обращения 01.05.2014.
- MIT (2014) Ten Breakthrough Technologies 2014. Режим доступа: <http://www.technologyreview.com/lists/technologies/2014>, дата обращения 01.05.2014.
- Morgan Stanley (2014) Morgan Stanley Blue Papers. Режим доступа: <http://www.morganstanley.com/views/perspectives>, дата обращения 01.05.2014.
- Morris S., DeYong C., Wu Z., Salman S., Yemenu D. (2002) DIVA: A visualization system for exploring document databases for technology forecasting // *Computers and Industrial Engineering*. Vol. 1. № 43. P. 841–862.
- NIC (2012) Global Trends 2030: Alternative Worlds. Washington, DC: National Intelligence Council. Режим доступа: <http://globaltrends2030.files.wordpress.com/2012/11/global-trends-2030-november2012.pdf>, дата обращения 01.05.2014.
- NIC (2014) Technology Warning. Режим доступа: <http://www.nationalacademies.org/nrc/index.html>, дата обращения 01.05.2014.
- NISTEP (2010) The 9th Science and Technology Foresight (Report № 140: The 9th Delphi Survey). Токуо: NISTEP. Режим доступа: <http://www.nistep.go.jp/achiev/sum/eng/rep140e/pdf/rep140se.pdf>, дата обращения 01.05.2014.
- NISTEP (2014) Science and Technology Trends — Quarterly Review. Токуо: Science and Technology Foresight Center, NISTEP. Режим доступа: http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/stfc/stfc_all-e.html, дата обращения 01.05.2014.
- Noma E. (1984) Co-citation analysis and the invisible college // *Journal of the American Society for Information Science*. Vol. 35. P. 29–33.
- OECD (2007) Infrastructure to 2030: Mapping policy for electricity, water and transport (vol. 2). Paris: OECD. Режим доступа: <http://www.oecd.org/dataoecd/61/27/40953164.pdf>, дата обращения 01.05.2014.
- OECD (2014) OECD Work on Science, Technology and Industry 2014. Paris: OECD. Режим доступа: <http://www.oecd.org/sti/sti-brochure.pdf>, дата обращения 01.05.2014.
- ONR (2014) Text mining. Режим доступа: <http://www.onr.navy.mil>, дата обращения 01.05.2014.
- Palomino M.A., Vincenti A., Owen R. (2013) Optimising web-based information retrieval methods for horizon scanning // *Foresight*. Vol. 15. № 3. P. 159–176.
- Porter A.L., Cunningham S.W. (2005) Tech mining: Exploiting new technologies for competitive advantage. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Shaping Tomorrow (2014) Shaping Tomorrow database. Режим доступа: <http://www.shapingtomorrow.com>, дата обращения 01.05.2014.
- Shell (2009) Shell Energy Scenarios to 2050. The Hague: Shell International BV. Режим доступа: <http://s00.static-shell.com/content/dam/shell/static/future-energy/downloads/shell-scenarios/shell-energy-scenarios2050.pdf>, дата обращения 01.05.2014.
- Shibata N., Kajikawa Y., Sakata I. (2008) Detecting emerging research fronts based on topological measures in citation networks of scientific publications // *Technovation*. Vol. 28. P. 758–775.
- Shibata N., Kajikawa Y., Sakata I. (2010) Extracting the commercialization gap between science and technology — case study of a solar cell // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 77. P. 1147–1155.
- Silberglitt R., Antón Ph.S., Howell D.R., Wong A. (2006) The global technology revolution 2020, in-depth analysis: Bio/Nano/Materials/Information trends, drivers, barriers and social applications. Santa Monica, CA: RAND Corporation. Режим доступа: http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_briefs/2006/RAND_RB9179.pdf, дата обращения 01.05.2014.
- Singh S. (2012) New Mega Trends: Implication for Our Future Lives. Palgrave Macmillan.
- Smalheiser N.R. (2001) Predicting emerging technologies with the aid of text-based data mining: The micro approach // *Technovation*. Vol. 21. P. 689–693.
- Small H. (2006) Tracking and predicting growth areas in science // *Scientometrics*. Vol. 68. № 3. P. 595–610.
- Spasser M.A. (1997) Mapping the terrain of pharmacy: Co-classification analysis of the International Pharmaceutical Abstracts database // *Scientometrics*. Vol. 39. № 1. P. 77–97.
- TechCast (2014) TechCast database. Режим доступа: <http://www.techcastglobal.com>, дата обращения 01.05.2014.
- Trappey A.J.C., Hsu F.-Ch., Trappey Ch.V., Lin Ch.-I. (2006) Development of a patent document classification and search platform using a back-propagation network // *Expert Systems with Applications*. Vol. 31. P. 755–765.
- TrendHunter (2014) TrendHunter database. Режим доступа: <http://www.trendhunter.com>, дата обращения 01.05.2014.
- Tseng Y.-H., Lin C.-J., Lin Y.-I. (2007) Text mining techniques for patent analysis // *Information Processing and Management*. Vol. 43. P. 1216–1247.
- Upham S.P., Small H. (2010) Emerging research fronts in science and technology: Patterns of new knowledge development // *Scientometrics*. Vol. 83. P. 15–38.
- Wang M.-Y., Chang D.-S., Kao C.-H. (2010) Identifying technology trends for R&D planning using TRIZ and text mining // *R&D Management*. Vol. 40. № 5. P. 491–509.
- Yoon B., Park Y. (2004) A text-mining-based patent network: Analytical tool for high-technology trend // *Journal of High Technology Management Research*. Vol. 15. P. 37–50.
- Z_Punkt (2014) Trend Radar 2020. Режим доступа: <http://www.trendradar2020.de/index.php?uselang=en>, дата обращения 01.05.2014.

Global Technology Trends Monitoring: Theoretical Frameworks and Best Practices

Nadezhda Mikova

Research Fellow, Department for Private-Public Partnership in Innovation Sector. E-mail: nmikova@hse.ru

Anna Sokolova

Senior Research Fellow, Research Laboratory for Science and Technology Studies. E-mail: avokolova@hse.ru

Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, National Research University — Higher School of Economics

Address: 20, Myasnitskaya str., Moscow 101000, Russian Federation

Abstract

Theoretical and applied studies about monitoring technology trends are carried out by organizations at global, national, sectoral, and corporate levels. Demand for them comes from the government, business, academic institutions, as well as the general public. Qualitative methods (expert interviews, surveys, workshops, etc.) play a significant role in large practical projects. At the same time, there is a need to validate expert assessments with quantitative methods, which involve searching for implicit signs of technological change based on analysing large volume of information. Approaches that have been developed in the framework of theoretical research are based on integrating qualitative and quantitative methods, with an emphasis on the latter. They aim to create a well-grounded methodology for identifying global technology trends, define the necessary criteria, and use automated tools for processing large amounts of data.

The paper presents an analytical review of international practices for monitoring global technology trends, as well as the key theoretical approaches and methods, which have been developed in this field. Next, it analyses the purposes of technology monitoring projects, examines the types of organizations implementing them, the methodology and results of such projects; explores the key areas of theoretical research on technology monitoring, and studies the criteria for determining the trends, as well as possible classifications of them. In addition, it presents the main stages of technology monitoring, studies the methodological trajectories of this process and information sources that can be used by various researchers. Finally, the paper analyses the combinations of methods that serve as the basis for identifying different types of technology trends.

Keywords

global technology trends monitoring; technology mining; Foresight; qualitative and quantitative methods; evidence-based approach; bibliometric analysis; patent analysis; text mining; information overload; information sources; automated tools

Citation

Mikova N., Sokolova A. (2014) Global Technology Trends Monitoring: Theoretical Frameworks and Best Practices. *Foresight-Russia*, vol. 8, no 4, pp. 64–83.

References

- Battelle (2014) *Battelle database*. Available at: <http://www.battelle.org>, accessed 01.05.2014.
- Campbell R.S. (1983) Patent trends as a technological forecasting tool. *World Patent Information*, vol. 5, no 3, pp. 137–143.
- Chen Ch. (2006) CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 57, pp. 359–377.
- Christensen C.M. (1997) *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Boston: Harvard Business School Press.
- Cobo M.J., Lopez-Herrera A.G., Herrera-Viedma E., Herrera F. (2011) An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, vol. 5, pp. 146–166.
- Corrocher N., Malerba F., Montobbio F. (2003) *The emergence of new technologies in the ICT field: Main actors, geographical distribution and knowledge sources*. Varese: Università degli Studi dell'Insubria.
- Cozzens S., Gatchair S., Kang J., Kim K.-S., Lee H.J., Ordóñez G., Porter A. (2010) Emerging technologies: Quantitative identification and measurement. *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 22, no 3, pp. 361–376.
- Daim T.U., Rueda G., Martin H., Gerdtsri P. (2006) Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 73, pp. 981–1012.
- Deloitte (2012) *Tech Trends 2012: Elevate IT for digital business*. Available at: http://www.deloitte.com/assets/Dcom-UnitedStates/Local%20Assets/Documents/us_cons_techtrends2012_013112.pdf, accessed 01.05.2014.
- Dereli T., Durmusolgu A. (2009) A trend-based patent alert system for technology watch. *Journal of Scientific and Industrial Research*, vol. 68, pp. 674–679.
- European Commission (2009) *Final recommendations towards a methodology for technology watch at EU level* (EUR 23762 EN), Brussels: European Commission. Available at: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/12930/1/reqno_jrc50348_staccato%20tech%20watch.pdf, accessed 01.05.2014.
- Fattori M., Pedrazzi G., Turra R. (2003) Text mining applied to patent mapping: A practical business case. *World Patent Information*, vol. 25, pp. 335–342.

- Fraunhofer ISI (2014) *Emerging technologies*. Available at: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/t/projekte.php>, accessed 01.05.2014.
- Gartner (2014) *Top 10 Strategic Technology Trends for 2014*. Available at: <http://www.gartner.com/technology/research/top-10-technology-trends>, accessed 01.05.2014.
- Gokhberg L., Fursov K., Miles I., Perani G. (2013) Developing and using indicators of emerging and enabling technologies. *Handbook of Innovation Indicators and Measurement* (ed. F. Gault), Cheltenham: Edward Elgar, pp. 349–380.
- Guo H., Weingart S., Borner K. (2011) Mixed-indicators model for identifying emerging research areas. *Scientometrics*, vol. 89, no 1, pp. 421–435.
- IBM (2014) *Next Five to Five*. Available at: http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibm_predictions_for_future/ideas, accessed 01.05.2014.
- IEA (2012) *Energy Technology Perspectives 2012*. Available at: <http://www.iea.org/Textbase/npsum/ETP2012SUM.pdf>, accessed 01.05.2014.
- Igami M., Saka A. (2007) *Capturing the evolving nature of science, the development of new scientific indicators and the mapping of science* (OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2007/1), Paris: OECD Publishing.
- ITU (2014) *Technology Watch*. Available at: <http://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/reports.aspx>, accessed 01.05.2014.
- Kajikawa Y., Yoshikawa J., Takeda Y., Matsushima K. (2008) Tracking emerging technologies in energy research: Toward a roadmap for sustainable energy. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 75, pp. 771–782.
- Kim Y., Jeong Y., Jihee R., Myaeng S.-H. (2009) Automatic discovery of technology trends from patent text. *Proceedings of the 2009 ACM Symposium on Applied Computing*, pp. 1480–1487.
- Kim Y.G., Suh J.H., Park S.C. (2008) Visualization of patent analysis for emerging technology. *Expert Systems with Applications*, vol. 34, pp. 1804–1812.
- Kostoff R.N., Briggs M.B., Solka J.L., Rushenberg R.L. (2008) Literature-related discovery (LRD): Methodology. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 75, pp. 186–202.
- Kostoff R.N., Tshiteya R., Pfeil K.M., Humenik J.A. (2002) Electrochemical power source roadmaps using bibliometrics and database tomography. *Journal of Power Sources*, vol. 110, no 1, pp. 163–176.
- Kostoff R.N., Del Rio J.A., García E.O., Ramirez A.M., Humenik J.A. (2001) Citation mining: Integrating text mining and bibliometrics for research user profiling. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, vol. 52, no 13, pp. 1148–1156.
- Kostoff R.N., Shlesinger M., Malpohl G. (2004) Fractals roadmaps using bibliometrics and database tomography. *Fractals*, vol. 12, no 1, pp. 1–16.
- Lee H., Lee S., Yoon B. (2011) Technology clustering based on evolutionary patterns: The case of information and communications technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 78, pp. 953–967.
- Lee S., Yoon B., Park Y. (2009) An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach. *Technovation*, vol. 29, pp. 481–497.
- Li Y.-R., Wang L.-H., Hong Ch.-F. (2009) Extracting the significant-rare keywords for patent analysis. *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 5200–5204.
- Lux Research (2014) *Lux Research database*. Available at: <http://www.luxresearchinc.com>, accessed 01.09.2013.
- Manchester IIR (2013) *iKNOW database*. Available at: <http://community.iknowfutures.eu>, accessed 01.05.2014.
- Microsoft-Fujitsu (2011) *Key ICT Trends and Priorities* (vol. 1). Available at: http://download.microsoft.com/documents/Australia/InsightsQuarterly/IQ_IG%20Full%20Report.pdf, accessed 01.05.2014.
- MIT (2013) *Emerging Trends Report 2013*, Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology. Available at: http://2013.forinnovations.org/upload/MIT_Technology_Review.pdf, accessed 01.05.2014.
- MIT (2014) *Ten Breakthrough Technologies 2014*. Available at: <http://www.technologyreview.com/lists/technologies/2014>, accessed 01.05.2014.
- Morgan Stanley (2014) *Morgan Stanley Blue Papers*. Available at: <http://www.morganstanley.com/views/perspectives>, accessed 01.05.2014.
- Morris S., DeYong C., Wu Z., Salman S., Yemenu D. (2002) DIVA: A visualization system for exploring document databases for technology forecasting. *Computers and Industrial Engineering*, vol. 1, no 43, pp. 841–862.
- NIC (2012) *Global Trends 2030: Alternative Worlds*, Washington, DC: National Intelligence Council. Available at: <http://globaltrends2030.files.wordpress.com/2012/11/global-trends-2030-november2012.pdf>, accessed 01.05.2014.
- NIC (2014) *Technology Warning*. Available at: <http://www.nationalacademies.org/nrc/index.html>, accessed 01.05.2014.
- NISTEP (2010) *The 9th Science and Technology Foresight (Report no 140: The 9th Delphi Survey)*, Tokyo: NISTEP. Available at: <http://www.nistep.go.jp/achiev/sum/eng/rep140e/pdf/rep140se.pdf>, accessed 01.05.2014.
- NISTEP (2014) *Science and Technology Trends — Quarterly Review*, Tokyo: Science and Technology Foresight Center, NISTEP. Available at: http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/stfc/stfc_all-e.html, accessed 01.05.2014.
- Noma E. (1984) Co-citation analysis and the invisible college. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 35, pp. 29–33.
- OECD (2007) *Infrastructure to 2030: Mapping policy for electricity, water and transport* (vol. 2), Paris: OECD. Available at: <http://www.oecd.org/dataoecd/61/27/40953164.pdf>, accessed 01.05.2014.
- OECD (2014) *OECD Work on Science, Technology and Industry 2014*, Paris: OECD. Available at: <http://www.oecd.org/sti/sti-brochure.pdf>, accessed 01.05.2014.
- ONR (2014) *Text mining*. Available at: <http://www.onr.navy.mil>, accessed 01.05.2014.
- Palomino M.A., Vincenti A., Owen R. (2013) Optimising web-based information retrieval methods for horizon scanning. *Foresight*, vol. 15, no 3, pp. 159–176.
- Porter A.L., Cunningham S.W. (2005) *Tech mining: Exploiting new technologies for competitive advantage*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Shaping Tomorrow (2014) *Shaping Tomorrow database*. Available at: <http://www.shapingtomorrow.com>, accessed 01.05.2014.
- Shell (2009) *Shell Energy Scenarios to 2050*, The Hague: Shell International BV. Available at: <http://s00.static-shell.com/content/dam/shell/static/future-energy/downloads/shell-scenarios/shell-energy-scenarios2050.pdf>, accessed 01.05.2014.
- Shibata N., Kajikawa Y., Sakata I. (2008) Detecting emerging research fronts based on topological measures in citation networks of scientific publications. *Technovation*, vol. 28, pp. 758–775.
- Shibata N., Kajikawa Y., Sakata I. (2010) Extracting the commercialization gap between science and technology — case study of a solar cell. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 77, pp. 1147–1155.
- Silbergliet R., Antón Ph.S., Howell D.R., Wong A. (2006) *The global technology revolution 2020, in-depth analysis: Bio/Nano/Materials/Information trends, drivers, barriers and social applications*, Santa Monica, CA: RAND Corporation. Available at: http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_briefs/2006/RAND_RB9179.pdf, accessed 01.05.2014.
- Singh S. (2012) *New Mega Trends: Implication for Our Future Lives*, Palgrave Macmillan.
- Smalheiser N.R. (2001) Predicting emerging technologies with the aid of text-based data mining: The micro approach. *Technovation*, vol. 21, pp. 689–693.
- Small H. (2006) Tracking and predicting growth areas in science. *Scientometrics*, vol. 68, no 3, pp. 595–610.
- Spasser M.A. (1997) Mapping the terrain of pharmacy: Co-classification analysis of the International Pharmaceutical Abstracts database. *Scientometrics*, vol. 39, no 1, pp. 77–97.
- TechCast (2014) *TechCast database*. Available at: <http://www.techcastglobal.com>, accessed 01.05.2014.
- Trappey A.J.C., Hsu F.-Ch., Trappey Ch.V., Lin Ch.-I. (2006) Development of a patent document classification and search platform using a back-propagation network. *Expert Systems with Applications*, vol. 31, pp. 755–765.
- TrendHunter (2014) *TrendHunter database*. Available at: <http://www.trendhunter.com>, accessed 01.05.2014.
- Tseng Y.-H., Lin C.-J., Lin Y.-I. (2007) Text mining techniques for patent analysis. *Information Processing and Management*, vol. 43, pp. 1216–1247.
- Upham S.P., Small H. (2010) Emerging research fronts in science and technology: Patterns of new knowledge development. *Scientometrics*, vol. 83, pp. 15–38.
- Wang M.-Y., Chang D.-S., Kao C.-H. (2010) Identifying technology trends for R&D planning using TRIZ and text mining. *R&D Management*, vol. 40, no 5, pp. 491–509.
- Yoon B., Park Y. (2004) A text-mining-based patent network: Analytical tool for high-technology trend. *Journal of High Technology Management Research*, vol. 15, pp. 37–50.
- Z_Punkt (2014) *Trend Radar 2020*. Available at: <http://www.trendradar2020.de/index.php?uselang=en>, accessed 01.05.2014.