

Методология Форсайта и дорожных карт — тенденции и перспективы

Юсуке Кисита

Доцент, Инженерная школа (School of Engineering), kishita@pe.t.u-tokyo.ac.jp

Университет Токио (University of Tokyo), Япония, 7-3-1, Hongo, Bunkyo-Ku, Tokyo 1138656, Japan

Аннотация

Вступительный материал приглашенного редактора обозначает контекстуальные и теоретические основы методологии Форсайт-исследований. Продемонстрирован вклад статей специального выпуска в решение актуальных задач развития данной методологии. Намечены направления дальнейших исследований для ответа на вопросы, которые пока остаются нерешенными.

Ключевые слова: исследования будущего; Форсайт; методология; дорожные карты; сценарии; прогнозирование.

Цитирование: Kishita Y. (2021) Foresight and Roadmapping Methodology: Trends and Outlook. *Foresight and STI Governance*, 15(2), 5–11. DOI: 10.17323/2500-2597.2021.2.5.11

В условиях растущей неопределенности организации все сильнее нуждаются в системах поддержки принятия стратегических решений, основанных на инструментах исследований будущего и Форсайта (*futures and foresight*)¹ [Glenn, Gordon, 2009; Popper, 2008a, b]. К наиболее распространенным методам относятся ретрополяция (*backcasting*), Дельфи, прогнозирование, разработка дорожных карт (ДК) и сценариев, которые используются для формирования научно-технологической и инновационной политики [Miles, 2010]. Каждый из этих методов обеспечивает структурированный сбор информации и позволяет создавать научно обоснованные знания о будущем [van der Duin, 2016; Bishop et al., 2007; Glenn, 2009b; Gordon et al., 2020; Popper, 2008a,b].

Форсайт-исследования традиционно имеют практическую направленность, при этом их теоретической и методологической базе уделяется относительно мало внимания [Fergnani, Chermack, 2021; Kishita et al., 2021; Wilkinson, 2009]. Многообразие методов и слабая систематизация процедур затрудняют выбор подходящего инструмента для решения конкретной задачи. Тем не менее Форсайт-сообщество признает значимость теоретических основ для понимания сущности

методов исследования будущего, стимулирования к их применению и обучения необходимым навыкам.

В данном специальном выпуске рассматриваются современное состояние инструментария Форсайт-исследований и методологические задачи, ожидающие своего решения. Особое внимание уделено инструментам прогнозирования, разработки сценариев и ДК. Предложена структура для углубленного понимания общих процессов Форсайта, исходя из которой обозначены направления дальнейшего развития теории и методологии.

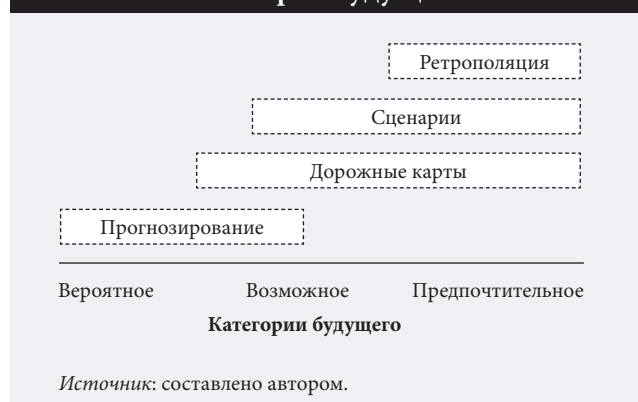
Таксономия будущего

Среди разнообразных классификаций видов будущего чаще всего выделяют следующие [Börjeson et al., 2006; Hancock, Bezold, 1994; Voros, 2003].

- *Вероятное (probable) будущее.* Высказываются предположения о развитии событий на основе экстраполяции современных тенденций.
- *Возможное (possible) будущее.* Изучается максимально широкий спектр образов будущего, формируемых на основе доступных знаний и с помощью воображения. В результате появляются

¹ Термин *futures and foresight* охватывает собственно Форсайт, прогнозные и футурологические исследования.

Рис. 1. Соотнесение основных методов Форсайта с изучением различных категорий будущего

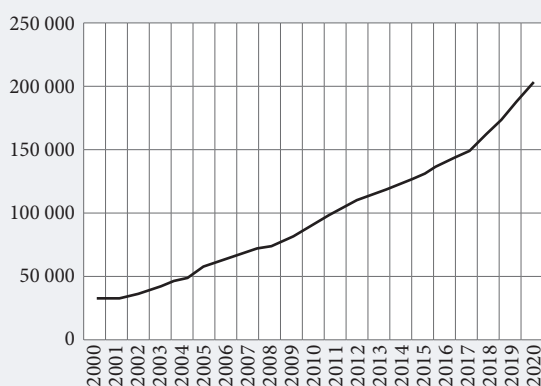


новые представления о будущем. *Реалистичные* сценарии, базирующиеся на имеющихся знаниях, относятся к возможным либо желаемым опциям.

- *Предпочтительное (preferable) будущее.* Данная категория охватывает «нормативные» варианты, признанные таковыми с учетом индивидуальных либо коллективных критериев.

Методы исследования выбираются в зависимости от типа рассматриваемого будущего (рис. 1) [Popper, 2008a; van der Duin, 2016]. Прогнозирование направлено на выявление наиболее вероятного варианта. Дорожные карты подходят для всех типов будущего, поскольку они описывают траекторию движения к любому перспективному состоянию. Сценарии используются преимущественно для описания возможного и предпочтительного будущего. Иногда они применимы к вероятному будущему: подобные траектории ча-

Рис. 2. Динамика числа статей с упоминанием терминов «Форсайт» и «исследования будущего»



Примечание: поиск проводился по названиям статей, аннотациям и ключевым словам.

Источник: составлено автором на основе поиска по базе Scopus 20 марта 2021 г.

сто называют базовыми или «идем прежним курсом» (*business-as-usual*, BaU). С помощью ретрополяции чаще всего описывают нормативные варианты будущего, иногда — антиутопии или катастрофы.

Основные методы исследований будущего и Форсайта

Поиск в Scopus по терминам «Форсайт» (*foresight*) и «варианты будущего» (*futures*) в заголовках, аннотациях и ключевых словах статей, вышедших в 2020 г., дал примерно 200 000 результатов, что в шесть раз больше числа статей, опубликованных в 2000 г. (рис. 2). Публикации разделены на четыре категории: «сценарии», «прогнозирование», «дорожные карты» и «ретрополяция» (рис. 3). В 2020 г. статьи о сценариях составили примерно 5% (~10 000) общего числа (~200 000); на втором месте оказались работы по теме «прогнозирование» (примерно 3%). В 2020 г. вышло около 700 статей о дорожных картах — в 10 раз больше, чем в 2000 г. Число работ, посвященных ретрополяции, начиная с середины 2000-х гг. выросло незначительно (~30 в 2020 г.).

Прогнозирование

В ходе прогнозирования применяются качественные и количественные методы. К первым относятся Дельфи и глубинный анализ текстов (текст-майнинг), ко вторым — экстраполяция трендов и эконометрические инструменты [Armstrong, 2001; Glenn, 2009b; Martino, 1993; Popper, 2008a]. Прогнозирование в первую очередь направлено на оценку перспектив технологического развития [Gerstenfeld, 1971; Martino, 1993]. Наиболее популярные методы — Дельфи и экстраполяция трендов.

Метод Дельфи, разработанный в 1950-е гг. корпорацией RAND для оборонных исследований, широко практикуется при сборе экспертных оценок². Проводится итеративное (в два-три раунда) анкетирование респондентов с целью достижения консенсуса в отношении перспективных технологических разработок [Linstone, Turoff, 1975; Gordon, 2009]. Подбор экспертов — ключевой фактор успеха Дельфи-обследований [Gordon, 2009]. За последние 50 лет этот метод использовался многими учеными и практиками [Rowe, Wright, 2011]. С 1969 г. в Японии проводятся масштабные Дельфи-опросы по широкому кругу направлений для разработки и реализации научно-технологической и инновационной политики [Kuwahara, 1999; Kuwahara et al., 2008]. Анализ результатов обследований, выполненных в 1971–1992 гг., показал, что сформулированные в них прогнозы подтвердились примерно на 70% [Urashima et al., 2012]. Дельфи часто сочетается с другими методами, например, для уточнения сценариев [Wright et al., 2013; Chen et al., 2020; Culot et al., 2020; von der Gracht, Darkow, 2010].

Экстраполяция трендов — инструмент количественного прогнозирования, опирающийся на ретро-

² <https://www.rand.org/topics/delphi-method.html>, дата обращения 20.03.2021.

Рис. 3. Динамика числа статей, посвященных использованию сценариев, прогнозирования, дорожных карт и ретрополяции



Источник: составлено автором на основе поиска по базе Scopus 20 марта 2021 г.

спективную динамику показателей, таких как ВВП на душу населения, продолжительность жизни и потребление энергии. С его помощью, в частности, оценивают перспективы распространения технологий. Согласно теории проникновения инноваций (*diffusion of innovation*) пользователи делятся на пять категорий: новаторы, ранние последователи, раннее большинство, позднее большинство и отстающие [Rogers, 2002]. Процесс принятия новой технологии обычно описывается с помощью S-образной кривой [Gerstenfeld, 1971; Meade, Islam, 2006; Rogers, 2002].

Для прогнозирования распространения технологий широко применяется модель Басса, в соответствии с которой принятие новых разработок определяется стремлением к новшествам и желанием подражать другим [Bass, 1969]. С ее помощью оценивают динамику изменения доли пользователей технологии во времени. Нередко модель адаптируется под решение специфических задач [Fan et al., 2017; Seol et al., 2012].

Сценарии

Сценарий — гипотетическая последовательность событий, ведущих к возможному будущему [Kahn, Wiener, 1967]. Сценарный анализ служит для поддержки принятия решений в условиях неопределенности с 1950-х гг. Широко известна практика его применения в Royal Dutch Shell, позволившая компании успешно преодолеть первый нефтяной кризис 1970-х гг. [Wack, 1985]. Сценарное планирование стало популярным инструментом создания корпоративных стратегий. Сценарий рассматривается как правдоподобная причинно-следственная цепочка событий, соединяющая предполагаемую будущую ситуацию с текущей [Glenn, 2009a]. Задача метода — не предугадывать будущее, а описывать его возможные картины, отталкиваясь от современного положения дел, чтобы получить максимальное представление о факторах неопределенности [Schwartz, 1991; Kishita et al., 2016; Spaniol, Rowland, 2019]. Представление альтернативных перспектив в

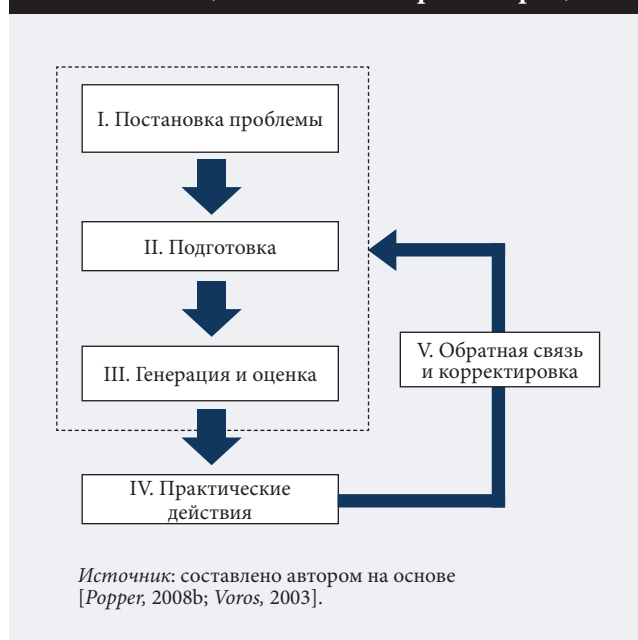
нарративном формате помогает заинтересованным сторонам осмыслить будущее и выработать согласованные представления о нем [Spaniol, Rowland, 2019; van Notten et al., 2003].

Многообразие подходов к сценарному анализу, описанное в работах [Amer et al., 2013; Bishop et al., 2007; Kishita et al., 2016], характеризуется как «методологический хаос» [Bradfield et al., 2005; Martelli, 2001]. Наиболее распространенная методика — матрица 2x2, подразумевающая составление четырех сценариев на основе двух ключевых факторов неопределенности [Ogilvy, Schwartz, 1998]. В зависимости от отправной точки чаще всего выделяют прогнозные и ретроспективные сценарии [Börjeson et al., 2006; van Notten et al., 2003]. Первая категория исходит из текущей ситуации и описывает возможные варианты будущего. Сценарии второй группы начинаются с характеристики желательных либо нежелательных картин будущего и описывают траекторию «назад к настоящему» [Börjeson et al., 2006; Quist, Vergragt, 2006]. Для разработки обоих типов сценариев предусмотрен набор инструментов [Kishita et al., 2016].

Формирование дорожных карт

ДК определяется как структурированный графический способ хронологического представления и анализа динамических связей технологических ресурсов с целями организации и изменениями внешней среды [Phaal et al., 2004]. С момента первого применения компанией Motorola в 1970-х гг. технологические ДК широко используются организациями для поддержки стратегического планирования и разработки продукции [Willyard, McClees, 1987], служат информационной основой для формирования отраслевой политики по развитию науки, технологий и инноваций [Carayannis et al., 2016; Yasunaga et al., 2009]. ДК разрабатываются в разных форматах в зависимости от конкретных целей и контекста [Phaal et al., 2010]. Как правило, они состоят из нескольких слоев, иллюстрирующих взаи-

Рис. 4. Обобщенная схема Форсайт-процесса



мосвязи рынков, товаров, услуг и технологий [Phaal et al., 2004].

Обычно ДК разрабатываются в рамках экспертных семинаров, чтобы стимулировать коммуникацию между заинтересованными сторонами, обмен опытом и создание новых знаний [de Alcantara, Martens, 2019; Park et al., 2020; Vatananan, Gerdri, 2012]. Например, метод T-Plan предполагает планирование разработки продукта с помощью «быстрого запуска» (*fast-start*) корпоративной ДК [Phaal et al., 2003]. Технологические ДК, ориентированные на создание добавленной стоимости, служат инструментом интеграции процесса принятия решений с маркетинговыми мероприятиями [Fenwick et al., 2009]. Структурированный процесс формирования подобных карт для энергетического сектора описан в публикации [Daim, Oliver, 2008].

В последние годы ДК комбинируются с аналитикой данных для изучения динамики конкурентной среды [Geum et al., 2015; Pora et al., 2020], а их сочетание со сценариями позволяет оценивать факторы неопределенности будущего [Hussein et al., 2017; Lee, Geum, 2017;

Saritas, Aylen, 2010; Siebelink et al., 2016]. Подобная интеграция повышает надежность ДК как инструмента поддержки принятия решений.

Развитие методологии исследований будущего и Форсайта

Исследования будущего и Форсайт — междисциплинарные направления, интегрирующие разнообразные базы знаний для поиска ответов на масштабные вызовы, стоящие перед организацией или обществом [Kishita et al., 2021]. На рис. 4 представлена обобщенная схема Форсайт-исследования, а его этапы кратко описаны в табл. 1. Этот процесс часто реализуется на основе партисипативного подхода — в рамках семинаров с участием исследователей, практиков и других заинтересованных сторон создаются, оцениваются и используются знания о будущем.

При всем многообразии инструментов извлечения знаний о будущем остается ряд вопросов в отношении развития методологии Форсайт-процесса по таким направлениям, как:

- применимость цифровых технологий, искусственного интеллекта (ИИ) и других подходов на основе обработки данных для исследований будущего и Форсайта, оценка их результативности;
- повышение эффективности использования результатов Форсайт-исследований;
- возможность диверсификации и персонализации дизайна Форсайт-исследований, позволяющая учитывать социальные либо рыночные потребности, способы ее повышения;
- способы оценки результатов Форсайта до момента их введения в практику;
- повышение гибкости и эффективности поддержки принятия решений, эффекты для конкурентоспособности;
- идентификация подходящих инструментов для формирования представлений об отдаленном будущем (например, на перспективу 2050–2060 г.) с учетом растущей значимости стратегий устойчивого развития;
- корректировка инструментария исследований будущего в связи с пандемией COVID-19 (которая

Табл. 1. Этапы Форсайт-процесса

Этап	Содержание
I. Постановка проблемы	Определение целей и задач, уточнение темы, предметной области, пространственных и временных рамок исследования, идентификация потенциальных участников
II. Подготовительный этап	Выбор методов исследования (например, прогнозирование, сценарии, ДК), сбор данных из внешних источников (литература, веб-сайты, интервью и т. д.), подготовка подробного плана работы, подбор участников семинара
III. Создание и оценка знаний	Генерация знаний о будущем, формирование альтернативных образов на основе собранных данных и полученных знаний с последующей экспертизой
IV. Практическое использование знаний	Использование результатов предыдущего этапа для поддержки принятия решений, разработки стратегий и политики
V. Получение обратной связи и корректировка результатов	Сбор отзывов о результатах этапов I–III и их корректировка на основе анализа полученной обратной связи

Источник: составлено автором.

привела к радикальным переменам в организации работы, связанным с использованием виртуальной среды).

Новейшие достижения в области цифровых технологий и ИИ повышают эффективность доступа к огромным объемам информации [Gordon et al., 2020]. В Форсайт-исследованиях получили распространение такие методы, как глубинный анализ текстов (текст-майнинг) [Kayser, Blind, 2017; Ozcan et al., 2021], сайтов (веб-майнинг) [Kayser, Shala, 2020; Kehl et al., 2020], машинное обучение [Zhou et al., 2020] и теория графов [Kishita et al., 2020]. Сочетание результатов деятельности ИИ с экспертными знаниями в качестве основы принятия решений представляет большой интерес для организаций [Gordon et al., 2020]. Серьезное внимание уделяется вовлечению в Форсайт заинтересованных сторон по модели «практико-ориентированных исследований» (*action research*) [Gattringer, Wiener, 2020; Lehoux et al., 2020].

Восполнение методологического пробела

Материалы, опубликованные в этом специальном выпуске, вносят вклад в развитие соответствующей методологии и решение некоторых из ранее упомянутых вопросов.

Статья Тугрула Дайма (Tugrul Daim), Эсраа Бухари (Esraa Bukhari), Даны Бакри (Dana Bakry), Джеймса ВанХуиса (James VanHuis), Хайдара Ялсина (Haydar Yalcin) и Сяоли Ванг (Xiaoli Wang) «**Прогнозирование технологических трендов с учетом временных интервалов между научными публикациями и патентами**» посвящена выявлению технологических тенденций, на основе чего идентифицируются рынки для инновационных продуктов и услуг. С помощью глубинного анализа текстов научных статей и патентов, вычисления временных интервалов между их публикациями авторы выявили пять ключевых тенденций развития технологии «программное обеспечение как услуга» (*software as a service*, SaaS). Предложенный метод имеет перспективы применения в сфере государственного управления, деловых и научных кругах при разработке стратегий развития.

В работе Гильермо Веласко (Guillermo Velasco), Рафаэля Поппера (Rafael Popper) и Йена Майлса (Ian Miles) «**Погружение в креативное будущее как основа для разработки рекомендаций в рамках поисковых сценариев**» анализируется влияние различных сценариев будущего на подготовку рекомендаций по мерам политики. Выполнен углубленный анализ семинаров по разработке альтернативных траекторий развития Европейского исследовательского пространства (European Research Area, ERA). Продемонстрирована значимость «погружения» экспертов в трансформационные сценарии для генерации гибких творческих идей.

Публикация Сунджу Ли (Sungjoo Lee), Кука Джина Джанга (Kook Jin Jang), Мюна Хана Ли (Myung Han Lee) и Сонга Рона Шина (Seong Ryong Shin) «**Дорожные карты в эпоху неопределенности: как интегрировать**

аналитику данных с экспертными знаниями» иллюстрирует комплексный подход к разработке ДК, синтезирующий обработку данных с привлечением экспертов в целях повышения эффективности научно-технологической и инновационной политики. Исследование проведено на примере планирования разработки технологий для снижения шума, вибрации и жесткости движения автомобилей (*noise, vibration, and harshness*, NVH) с горизонтом 10 лет. Авторы описывают трехэтапный процесс подготовки ДК в ходе семинара, включающий генерацию, отбор идей и планирование. Обработка и анализ данных из патентов и научных публикаций помогают экспертам выявлять тенденции, имеющие место внутри и за пределами отрасли, генерировать стратегические предложения и отбирать из них наиболее перспективные.

В статье Хисаси Мураты (Hisashi Murata), Котаро Накамуры (Kotaro Nakamura) и Кунио Сирахады (Kunio Shirahada) «**Перспективы сопроизводства знаний для планирования умной инфраструктуры**» представлен комплексный подход к стимулированию обмена опытом между заинтересованными сторонами в организации с последующей генерацией новых знаний. Подобный подход предполагает итеративное взаимодействие участников, которые делятся некодифицированными и формализованными знаниями. Процесс состоит из четырех стадий: социализация, экстернализация, интеграция и интернализация — согласно модели SECI (*socialization — externalization — combination — internalization*) [Nonaka, 1990]. На примере построения ДК в области интеллектуальной социальной инфраструктуры продемонстрирован вклад рассматриваемого коммуникационного инструмента в коллективное формирование знаний.

Исследование Оуэна О'Салливана (Eoin O'Sullivan), Роба Фаала (Rob Phaal) и Чарльза Фезерстона (Charles Featherston) «**Гибкая разработка дорожных карт как адаптивный подход к технологическому Форсайту**» фокусируется на методологических пробелах в обеспечении стратегической актуальности, надлежащей детализации и достоверности ДК с акцентом на структурировании и визуализации последних. Характер распределения информации на шаблоне ДК иллюстрирует потенциальные «проблемные зоны» Форсайт-исследования. Шаблон выполняет диагностическую функцию, позволяя оценить детализацию, достоверность и эффективность результатов стратегического Форсайта. Авторы сформулировали пять принципов адаптивной разработки ДК, которые рекомендовано включить в методологические руководства.

Заключение

Представлен обзор методов исследований будущего и Форсайта с акцентом на прогнозировании, разработке сценариев и ДК, сформулированы ключевые вопросы дальнейшего развития их методологической базы. В статьях номера освещаются перспективы применения цифровых технологий, ИИ и других инструментов обработки данных в Форсайт-проектах.

Предлагаются способы более эффективного применения результатов этих исследований. Уточняются аспекты, имеющие потенциал диверсификации и персонализации для лучшего учета потребностей рынка и общества, и способы раскрытия этого потенциала.

Предстоит найти ответы на такие вопросы, как возможность оценки результатов Форсайта до их практического применения, повышение гибкости и адаптивности системы, обеспечивающей поддержку принятия решений, оценка его эффектов для повышения конкурентоспособности. В связи с растущей актуальностью задач устойчивого развития усиливается потребность в средствах получения знаний об отдаленной перспективе (до 2050–2060 гг.). Инструментарий Форсайта

подлежит корректировке под влиянием пандемии COVID-19, которая привела к радикальным переменам в организации работы, связанным с использованием виртуальной среды.

Форсайт-исследования по своей природе носят междисциплинарный характер — в плане не только тематики, но и с точки зрения формата исходных данных и результатов. Как следствие, к ним необходимо привлекать исследователей и практиков, специализирующихся в различных областях. По мере растущего осознания этого факта увеличиваются возможности инструментария Форсайта для ответа на вызовы разных масштабов — от микроуровня (отдельных компаний) до отраслевых, территориальных и глобальных.

Библиография

- Amer M., Daim T.U., Jetter A. (2013) A review of scenario planning. *Futures*, 46, 23–49. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2012.10.003>
- Armstrong J.S. (2001) *Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners*, Dordrecht Kluwer Academic Publishers.
- Bass F.M. (1969) A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, 15(5), 215–227. <http://www.jstor.org/stable/2628128>
- Bishop P., Hines A., Collins T. (2007) The current state of scenario development: An overview of techniques. *Foresight*, 9(1), 5–25. <https://doi.org/10.1108/14636680710727516>
- Börjeson L., Höjer M., Dreborg K.H., Ekvall T., Finnveden G. (2006) Scenario types and techniques: Towards a user's guide. *Futures*, 38(7), 723–739. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.002>
- Bradfield R., Wright G., Burt G., Cairns G., van der Heijden K. (2005) The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. *Futures*, 37(8), 795–812. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.01.003>
- Carayannis E., Grebeniuk A., Meissner D. (2016) Smart roadmapping for STI policy. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.003>
- Chen K., Ren Z., Mu S., Sun T.Q., Mu R. (2020) Integrating the Delphi survey into scenario planning for China's renewable energy development strategy towards 2030. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120157. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120157>
- Culot G., Orzes G., Sartor M., Nassimbeni G. (2020) The future of manufacturing: A Delphi-based scenario analysis on Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 157, 120092. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120092>
- Daim T.U., Oliver T. (2008) Implementing technology roadmap process in the energy services sector: A case study of a government agency. *Technological Forecasting and Social Change*, 75(5), 687–720. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.04.006>
- De Alcantara D.P., Martens M.L. (2019) Technology Roadmapping (TRM): A systematic review of the literature focusing on models. *Technological Forecasting and Social Change*, 138, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.014>
- Fan Z.P., Che Y.J., Chen Z.Y. (2017) Product sales forecasting using online reviews and historical sales data: A method combining the Bass model and sentiment analysis. *Journal of Business Research*, 74, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.01.010>
- Fenwick D., Daim T.U., Gerdtsri N. (2009) Value Driven Technology Road Mapping (VTRM) process integrating decision making and marketing tools: Case of Internet security technologies. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 1055–1077. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.04.005>
- Fergnani A., Chermack T.J. (2021) The resistance to scientific theory in futures and foresight, and what to do about it. *Futures and Foresight Science*, e61. <https://doi.org/10.1002/ffo2.61>
- Gattringer R., Wiener M. (2020) Key factors in the start-up phase of collaborative foresight. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119931. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119931>
- Gerstenfeld A. (1971) Technological forecasting. *The Journal of Business*, 44(1), 10–18. <http://dx.doi.org/10.1086/295328>
- Geum Y., Lee H., Lee Y., Park Y. (2015) Development of data-driven technology roadmap considering dependency: An ARM-based technology roadmapping. *Technological Forecasting and Social Change*, 91, 264–279.
- Glenn J.C. (2009a) Introduction. In: *Futures Research Methodology* (CD-ROM version 3.0) (eds. J.C. Glenn, T.J. Gordon), Washington, D.C.: The Millennium Project. <http://www.millennium-project.org/publications-2/futures-research-methodology-version-3-0/>, дата обращения 15.06.2020.
- Glenn J.C. (2009b) Scenarios. In: *Futures Research Methodology* (CD-ROM version 3.0) (eds. J.C. Glenn, T.J. Gordon), Washington, D.C.: The Millennium Project. <http://www.millennium-project.org/publications-2/futures-research-methodology-version-3-0/>, дата обращения 15.06.2020.
- Gordon A.V., Ramic M., Rohrbeck R., Spaniol M.J. (2020) 50 Years of corporate and organizational foresight: Looking back and going forward. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119966. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119966>
- Gordon T.J. (2009) Delphi. In: *Futures Research Methodology* (CD-ROM version 3.0) (eds. J.C. Glenn, T.J. Gordon), Washington, D.C.: The Millennium Project. <http://www.millennium-project.org/publications-2/futures-research-methodology-version-3-0/>, дата обращения 15.06.2020.
- Gordon T.J., Glenn J.C. (2009) Environmental scanning. In: *Futures Research Methodology* (CD-ROM version 3.0) (eds. J.C. Glenn, T.J. Gordon), Washington, D.C.: The Millennium Project. <http://www.millennium-project.org/publications-2/futures-research-methodology-version-3-0/>, дата обращения 15.06.2020.
- Hancock T., Bezold C. (1994) Possible futures, preferable futures. *The Healthcare Forum Journal*, 37(2), 23–29. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10132155/>, дата обращения 15.06.2020.
- Hussein M., Tapinos E., Knight L. (2017) Scenario-driven roadmapping for technology foresight. *Technological Forecasting and Social Change*, 124, 160–177. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.005>
- Kahn H., Wiener A.J. (1967) *The year 2000: A framework for speculation on the next thirty-three years*, New York: Macmillan.
- Kayser V., Blind K. (2017) Extending the knowledge base of foresight: The contribution of text mining. *Technological Forecasting and Social Change*, 116, 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.10.017>
- Kayser V., Shala E. (2020) Scenario development using web mining for outlining technology futures. *Technological Forecasting and Social Change*, 156, 120086. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120086>

- Kehl W., Jackson M., Fergnani A. (2020) Natural language processing and futures studies. *World Futures Review*, 12(2), 181–197. <https://doi.org/10.1177%2F1946756719882414>
- Kishita Y., Hara K., Uwasu M., Umeda Y. (2016) Research needs and challenges faced in supporting scenario design in sustainability science: A literature review. *Sustainability Science*, 11(2), 331–347. <https://doi.org/10.1007/s11625-015-0340-6>
- Kishita Y., Kusaka T., Mizuno Y., Umeda Y. (2021) Toward theory development in futures and foresight by drawing on design theory: A commentary on Fergnani and Chermack 2021. *Futures and Foresight Science*, e91. <https://doi.org/10.1002/ffo2.91>
- Kishita Y., Mizuno Y., Fukushima S., Umeda Y. (2020) Scenario structuring methodology for computer-aided scenario design: An application to envisioning sustainable futures. *Technological Forecasting and Social Change*, 160, 120207. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120207>
- Kuwahara T. (1999) Technology forecasting activities in Japan. *Technological Forecasting and Social Change*, 60(1), 5–14. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(98\)00048-1](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(98)00048-1)
- Kuwahara T., Cuhls K., Georghiou L. (2008) Foresight in Japan. In: *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice* (eds. L. Georghiou, J.C. Harper, M. Keenan, I. Miles, R. Popper), Cheltenham: Edward Elgar, pp. 170–183.
- Lee H., Geum Y. (2017) Development of the scenario-based technology roadmap considering layer heterogeneity: An approach using CIA and AHP. *Technological Forecasting and Social Change*, 117, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.01.016>
- Lehoux P., Miller F.A., Williams-Jones B. (2020) Anticipatory governance and moral imagination: Methodological insights from a scenario-based public deliberation study. *Technological Forecasting and Social Change*, 151, 119800. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119800>
- Linstone H.A., Turoff M. (1975) *The Delphi method: Techniques and applications*, London: Addison-Wesley.
- Maede N., Islam T. (2006) Modelling and forecasting the diffusion of innovation: A 25-year review. *International Journal of Forecasting*, 22(3), 519–545. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.01.005>
- Martelli A. (2001) Scenario building and scenario planning: State of the art and prospects of evolution. *Futures Research Quarterly*, 17(2), 57–74.
- Martino J.P. (1993) *Technological forecasting for decision making* (3rd ed.), New York: McGraw-Hill.
- Miles I. (2010) The development of technology foresight: A review. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(9), 1448–1456. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.07.016>
- Nonaka I. (1990) *Management of Knowledge Creation*, Tokyo: Nihon Keizai Shinbun-sha.
- Ogilvy J., Schwartz P. (1998) Plotting your scenarios. *Learning from the future* (eds. L. Fahey, R. Randall), Hoboken, NJ: John Wiley, pp. 57–80.
- Ozcan S., Homayounfar A., Simms C., Wasim J. (2021) Technology roadmapping using text mining: A foresight study for the retail industry. *IEEE Transactions on Engineering Management* (в печати, доступно онлайн). DOI: 10.1109/TEM.2021.3068310.
- Park H., Phaal R., Ho J.Y., O'Sullivan E. (2020) Twenty years of technology and strategic roadmapping research: A school of thought perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119965. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119965>
- Phaal R., Farrukh C., Mitchell R., Probert D. (2003) Starting-up roadmapping fast. *Research-Technology Management*, 42(2), 52–59. <https://doi.org/10.1080/08956308.2003.11671555>
- Phaal R., Farrukh C.J.P., Probert D.R. (2004) Technology roadmapping: A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1–2), 5–26. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)
- Phaal R., Farrukh C.J.P., Probert D.R. (2010) *Roadmapping for Strategy and Innovation: Aligning technology and markets in a dynamic world*, Cambridge: University of Cambridge.
- Popper R. (2008a) Foresight methodology. In: *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice* (eds. L. Georghiou, J.C. Harper, M. Keenan, I. Miles, R. Popper), Cheltenham: Edward Elgar, pp. 44–88.
- Popper R. (2008b) How are foresight methods selected. *Foresight*, 10(6), 62–89. <https://doi.org/10.1108/14636680810918586>
- Pora U., Gerdri N., Thawesaengskulthai N., Triukose S. (2020) Data-driven roadmapping (DDRM): Approach and case demonstration. *IEEE Transactions on Engineering Management* (в печати, доступно онлайн). DOI: 10.1109/TEM.2020.3005341
- Quist J., Vergragt P. (2006) Past and future of backcasting: The shift to stakeholder participation and a proposal for a methodological framework. *Futures*, 38(9), 1027–1045. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2006.02.010>
- Rogers E. (2002) *Diffusion of Innovations* (5th ed.), New York: Free Press.
- Rowe G., Wright G. (2011) *The Delphi technique: Past, present, and future prospects* (Introduction to the special issue). *Technological Forecasting and Social Change*, 78(9), 1487–1490. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.09.002>
- Saritas O., Aylen J. (2010) Using scenarios for roadmapping: The case of clean production. *Technological Forecasting and Social Change*, 77, 1061–1075. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.03.003>
- Schwartz P. (1991) *The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World*, New York: John Wiley & Sons, Doubleday.
- Seol H., Park G., Lee H., Yoon B. (2012) Demand forecasting for new media services with consideration of competitive relationships using the competitive Bass model and the theory of the niche. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(7), 1217–1228. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.03.002>
- Siebelink R., Halman J.L.M., Hofman E. (2016) Scenario-driven roadmapping to cope with uncertainty: Its application in the construction industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 226–238. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.01.030>
- Spaniol M.J., Rowland N.J. (2019) Defining scenario. *Futures and Foresight Science*, 1(1), e3. <https://doi.org/10.1002/ffo2.3>
- Urashima K., Yokoo Y., Nagano H. (2012) S&T policy and foresight investigation — Impacts in Japan. *Foresight*, 14(1), 15–25. <https://doi.org/10.1108/14636681211210332>
- Van der Duin P. (ed.) (2016) *Foresight in organizations: Methods and tools*, New York: Routledge.
- Van Notten P.W.F., Rotmans J., van Asselt M.B.A., Rothman D.S. (2003) An updated scenario typology. *Futures*, 35, 423–443. [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(02\)00090-3](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(02)00090-3)
- Vatananan R.S., Gerdri N. (2012) The current state of technology roadmapping (TRM) research and practice. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 9(4), 1250032. <https://doi.org/10.1142/S0219877012500320>
- Von der Gracht H.A., Darkow I.L. (2010) Scenarios for the logistics services industry: A Delphi-based analysis for 2025. *International Journal of Production Economics*, 127(1), 46–59. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.013>
- Voros J. (2003) A generic foresight process framework. *Foresight*, 5(3), 10–21. <https://doi.org/10.1108/14636680310698379>
- Wack P. (1985) Scenarios: Uncharted waters ahead. *Harvard Business Review*, 63, 73–89.
- Wilkinson A. (2009) Scenarios practices: In search of theory. *Journal of Futures Studies*, 13, 107–114.
- Willyard C.H., McClees C.W. (1987) Motorola's technology roadmap process. *Research Management*, 30(5), 13–19. <https://doi.org/10.1080/00345334.1987.11757057>
- Wright G., Cairns G., Bradfield R. (2013) Scenario methodology: New developments in theory and practice (Introduction to the Special Issue). *Technological Forecasting and Social Change*, 80, 561–565. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.011>
- Yasunaga Y., Watanabe M., Korenaga M. (2009) Application of technology roadmaps to governmental innovation policy for promoting technology convergence. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(1), 61–79. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.06.004>
- Zhou Y., Dong F., Liu Y., Li Z., Du J.F., Zhang L. (2020) Forecasting emerging technologies using data augmentation and deep learning. *Scientometrics*, 123, 1–29. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03351-6>