

Дорожные карты в эпоху неопределенности: как интегрировать аналитику данных с экспертными знаниями

Сунджу Ли

Профессор, Департамент промышленного инжиниринга (Department of Industrial Engineering), sungjoo@ajou.ac.kr

Университет Аджу (Ajou University), Южная Корея, Worldcup-ro 206, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, South Korea

Кук Джин Джанг

Эксперт, kjin@hyundai-ngv.com

Мюн Хан Ли

Эксперт, hannie@hyundai.com

Сонг Рон Шин

Эксперт, ssdragon@hyundai.com

Hyundai Motor Company, Южная Корея, 2 Heolleung-ro, Yangjae-dong, Seocho-gu, Seoul, South Korea

Аннотация

Дорожные карты — эффективный инструмент, позволяющий принимать решения относительно научно-технологической и инновационной политики в условиях неопределенности. Растет интерес к изучению подходов, позволяющих синтезировать аналитические и экспертные методы при составлении карт. Однако публикаций, посвященных гибридным методам, пока немного.

В статье предлагается подход к формированию подобных инструментов, протестированный на примере разработки дорожных карт для автомобильной промышленности. Совместно с Hyundai Motor Company

создана дорожная карта технологического развития автомобильной индустрии на 10-летний период. Выявлены сферы применения гибридного инструментария и факторы, влияющие на его адаптивность к различным контекстам.

Настоящее исследование вносит вклад в развитие методологии разработки дорожных карт, демонстрируя преимущества гибридного подхода, сочетающего анализ данных и мнения экспертов. Его практическая ценность заключается в том, что представлена процедура формирования корпоративных дорожных карт и предложены варианты реализации Форсайт-процесса в будущем.

Ключевые слова: разработка дорожных карт; неопределенность; аналитика данных; экспертные мнения; Форсайт

Цитирование: Lee S., Jang K.J., Lee M.H., Shin S.R. (2021) Roadmapping in the Era of Uncertainty: How to Integrate Data-Driven Methods with Expert Insights. *Foresight and STI Governance*, 15(2), 39–51. DOI: 10.17323/2500-2597.2021.2.39.51

Roadmapping in the Era of Uncertainty: How to Integrate Data-Driven Methods with Expert Insights

Sungjoo Lee

Professor, Department of Industrial Engineering, sungjoo@ajou.ac.kr

Ajou University, Worldcup-ro 206, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, South Korea

Kook Jin Jang

Expert, kjin@hyundai-ngv.com

Myung Han Lee

Expert, hannie@hyundai.com

Seong Ryong Shin

Expert, ssdragon@hyundai.com

Hyundai Motor Company, 2 Heolleung-ro, Yangjae-dong, Seocho-gu, Seoul, South Korea

Abstract

Roadmapping has long been regarded as a practical tool for supporting decision-making for science and technology innovation and it has received recent attention for its potential use in responses to uncertainty. Indeed, roadmapping enables forward-looking strategy making and thus helps to reduce uncertainty. Accordingly, numerous studies have been conducted to propose new approaches to roadmapping for a wide range of contexts, including the data-driven and expert-based approaches. Although these two main approaches have distinct advantages and disadvantages, few previous studies have focused on how to integrate them into roadmapping to better support decision-making related to science and technology innovation. To address this research gap, this

study investigated how to integrate data-driven approaches with expert insights during roadmapping. For this purpose, a workshop-based roadmapping method was combined with data-driven methods to test this approach in the context of technology planning for the automobile industry. An ethnographic approach was used to collect data on when, where, and how data analysis must be conducted to support experts' discussions. The research findings open a discussion regarding how to integrate data-driven methods with expert insights during roadmapping based on the trade-offs between the two types of data, that is, hard data for data-driven methods and soft data from expert insights, and suggest possible opportunities for future roadmapping developments.

Keywords: roadmapping; uncertainty; data-driven approach; expert insights; foresight

Citation: Lee S., Jang K.J., Lee M.H., Shin S.R. (2021) Roadmapping in the Era of Uncertainty: How to Integrate Data-Driven Methods with Expert Insights. *Foresight and STI Governance*, 15(2), 39–51. DOI: 10.17323/2500-2597.2021.2.39.51

Технологические дорожные карты (ДК) как гибкий инструмент стратегического планирования сочетают долгосрочные и краткосрочные цели, связанные с разработкой эффективных технологий [Farrukh et al., 2003]. Впервые их применила компания Motorola в 1980-е гг. Затем ДК адаптировались к разным задачам: прогнозирования возникающих технологий [Gerdtsri, 2007], создания инноваций [Petrick, Echols, 2004; Lee et al., 2008], планирования услуг [Cho, Lee, 2014], управления проектами в сфере исследований и разработок (ИиР) [Cho et al., 2016]. Прогнозный функционал ДК независимо от контекста помогает ориентироваться в нечетких перспективах инновационных процессов. Правильно собранная стратегическая информация «рассеивает» неопределенность, создает основу для стабильного развития в турбулентной среде. Для большей результативности ДК дополняют другими методами соответственно специфике контекста. При их проектировании прежде всего используются инструменты обработки данных и экспертные методы. Исходя из «жестких» фактических сведений (например, патентных), анализируются текущие тенденции и прогнозируются будущие [Geum et al., 2015]. Экспертные методы опираются на компетенции специалистов, т. е. на «мягкую» информацию, извлеченную из дискуссий в рамках профильных семинаров [Phaal et al., 2004]. Первый подход используется представителями сеульской школы, второй — кембриджской [Park et al., 2020]. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Аналитика данных, несмотря на ретроспективную ориентацию, предполагает системный анализ информации из надежных источников. Благодаря новым достижениям в этом направлении (обработка естественного языка, углубленное изучение, искусственный интеллект) и расширению массивов данных об инновационной деятельности потенциал соответствующих методов для поддержки принятия решений значительно вырос. Экспертный подход генерирует некодифицированные знания, недоступные из других источников, и позволяет формулировать задачи для получения желаемых результатов, создавая базу для нормативного и поискового прогнозирования. Оба подхода комплементарны и при правильном использовании в процессе составления ДК способствуют принятию обоснованных решений. Однако этот вопрос изучен пока недостаточно. Среди посвященных ему исследований заслуживает внимания работа [Kostoff, Schaller, 2001], предлагающая синтез вычислительных и экспертных подходов. В публикации [Lee et al., 2007] представлены методы анализа данных для поэтапной разработки ДК. Объем и качество исходной информации играют определяющую роль в содержании карт [Lee et al., 2011; Schimpf, Abele, 2019].

Для восполнения указанного пробела в статье рассматриваются возможности комбинирования аналитики данных с экспертными методами. Предлагаемый инструмент протестирован в процессе разработки отраслевой ДК в компании Hyundai Motor Company. В рамках нашего исследования, основанного на этногра-

фическом подходе¹, удалось установить, когда, где и как экспертные дискуссии следует дополнять аналитикой данных. Визуализация собранных сведений выявила потребности в недостающей информации. Полученные нами результаты открывают дискуссию о способах интеграции средств обработки данных с экспертными методами за счет сбалансированного использования указанных типов информации. Предложены варианты процесса формирования ДК в будущем.

Обзор литературы

Визуальные методы, лежащие в основе создания ДК, например шаблон (*roadmapping canvas*), структурируют мышление участников Форсайта, придают ему системный характер. Закладывается фундамент для партисипативного подхода к решению проблем и реализации организационного потенциала, уточняются и согласуются позиции заинтересованных сторон при подготовке стратегий на разных уровнях [Park et al., 2020]. Как инструмент Форсайта ДК помогают организациям подготовиться к технологическим переменам, разработать программу инновационного развития [Linton, Walsh, 2004; Yoon et al., 2019]. Ввиду указанных преимуществ ДК интерес исследователей к ним в последнее время заметно вырос [Carvalho et al., 2013; Park et al., 2020]. Об этом свидетельствует число публикаций, посвященных рассматриваемому методу, который по данному показателю опережает такие инструменты, как Дельфи, сценарии и моделирование [Park et al., 2020]. Среди новых направлений исследований наиболее заметны дизайн процессов разработки ДК, форматы представления и создание вспомогательных методов [Park et al., 2020]. Выделяются три вида подходов: экспертные, компьютерные и гибридные [Kostoff, Schaller, 2001]. Экспертный принцип предполагает организацию семинаров для выявления элементов ДК и их взаимосвязей с учетом знаний специалистов [Wells et al., 2004; Phaal, Muller, 2009; Farrukh et al., 2003; Phaal et al., 2007]. В ряде случаев для необходимого охвата предметных областей ДК привлекаются междисциплинарные экспертные группы [Phaal et al., 2003, 2004; Gerdtsri et al., 2010].

Ключевыми факторами успеха в разработке ДК являются прежде всего дизайн процессов и методы создания шаблона, что объясняет высокий интерес к ним исследователей. Предложены варианты дизайна по таким направлениям, как выбор технологий и управление ими [Garcia, Bray, 1997; Gerdtsri, 2007], а также ускоренная разработка карт [Phaal et al., 2003]. Разные виды шаблона выполняют роль инструмента либо продукта, а наиболее востребованный формат — временная многослойная диаграмма. В верхнем слое отображаются тенденции и драйверы развития, в среднем — продукты, услуги, функции, в нижнем — технологии. Форматы могут меняться в зависимости от целей разработки ДК. Например, предусмотрен специальный шаблон для открытых инноваций — дорожная карта технологий двойного назначения (*dual-technology*

¹ Этнографический подход заключается в неформализованном, контекстно адаптивном сборе и анализе эмпирических данных.

roadmap) [Geum et al., 2013]. При этом что экспертный метод оптимален для корпоративного Форсайта, его эффективность существенно зависит от бэкграунда участников, оригинальности их мышления и готовности делиться информацией. Она снижается в контексте культуры, не поощряющей дискуссии, или в предметных областях, где экспертных знаний недостаточно для разработки карт. Наряду с этим стремительно распространяется компьютерный подход, заключающийся в разработке ДК на основе анализа больших данных с выявлением элементов и взаимосвязей между ними без участия экспертов. Гибридный инструментарию комбинирует «экспертное» и «вычислительное» направления. Компьютерные средства опираются на патентные данные — один из самых богатых и надежных источников информации. С помощью патентных данных выявляются и анализируются технологические тенденции [Jeong, Yoon, 2015; Jeong et al., 2015], деятельность конкурентов [Lee et al., 2012; Yu, Zhang, 2019], разрабатываются стратегии ИиР [Suh, Park, 2009]. Патентные данные повышают достоверность карт, однако не подходят для корпоративного Форсайта ввиду ретроспективного характера и недостаточного учета стратегий. Гибридный подход позволяет преодолеть ограничения компьютерного и экспертного методов, получить объективные результаты, обогащенные компетенциями специалистов. Он применяется для поддержки принятия решений на всех этапах разработки ДК. В рамках экспертного метода информация собирается с использованием сценарного планирования и оценки технологий. Увязка ДК с другими инструментами повышает эффективность работы с неопределенностью. Рассматриваются различные сценарии развития событий, влияние внешних и внутренних факторов на содержание и надежность ДК [Geum et al., 2014; Lee, Geum, 2017; Lee et al., 2016], необходимость ее корректировки [Gerdtsri et al., 2019]. Патентный и портфельный анализ, предназначенный для определения приоритетов [Lee et al., 2007], а также матрица структуры дизайна, используемые для выявления связей между элементами ДК [Son et al., 2018],

значительно повышают эффективность разработки ДК. Однако об их реальном применении в организациях пока нет полного представления. Ограничены и сведения об источниках информации для составления гибридных ДК, их встраивании в общий организационный процесс.

Настоящее исследование вносит вклад в литературу о разработке гибридных ДК. Рассматриваются вопросы, связанные с методологией составления подобных карт и ее использованием в корпорациях, поднятые ранее [Park et al., 2020; Amati et al., 2020; Simonse et al., 2015]. Перечислены факторы, обеспечивающие высокое качество ДК.

Дизайн гибридного подхода

Предлагаемый нами дизайн процесса (рис. 1) основан на подходе кембриджской школы S-Plan [Phaal et al., 2007]. Первые два этапа заключаются в формировании технологического ландшафта, а третий — в картировании тем. На начальной стадии собирается информация о внутренней среде. Осмысляются возможности для инновационной деятельности, исходя из краткосрочных потребностей рынка и компаний либо долгосрочных технологических трендов и изменений делового климата. Собранный контент оценивается, группируется в темы и ранжируется по приоритетам. Для каждой темы разрабатываются подробные схемы реализации. На этой стадии используются результаты анализа данных о технологических тенденциях и решениях. В нашем случае проведение экспертного семинара позволило выявить источники данных, необходимых для принятия решений на каждом этапе разработки ДК, и совместить методы обработки информации с экспертными знаниями.

Этап 1. Идеи

В рамках специального семинара участники ищут ответы на вопросы: «зачем?», «что?» и «как?», идентифицируя инновационные возможности. Новые пер-

Рис. 1. Общий процесс разработки ДК



Источник: [Phaal et al., 2007].

Рис. 2. Карта возможностей (на основе стратегического ландшафта S-плана)



Примечание: тема (i, j) означает i-ю тему j-го сценария.

Источник: составлено авторами.

спективы возникают в результате «технологического давления» (*technology push*) — поиска сфер применения новых технологий — либо «рыночного притяжения» (*market pull*) — спроса на них со стороны потребителей. Учет долгосрочных изменений расширяет спектр идей для создания прорывных инноваций. В процессе обмена соображениями о новых технологиях и перспективах для бизнеса возникает дискуссия, формируется коллективное знание о внутренней и внешней среде. Представления о внутренней картине, включая претензии потребителей, системные недостатки, проблемы с изготовлением, поставкой и послепродажным обслуживанием продукции, помогают лучше определить текущую рыночную ситуацию, создают понимание слабых мест текущего предложения. Анализ завершенных проектов позволяет совершенствовать стратегии на разных уровнях. Внешняя информация (из патентов, публикаций, СМИ) раскрывает технологические тенденции и потенциал конкурентов. В контексте высокой неопределенности целесообразна разработка сценариев (структура сценарного семинара представлена на рис. 2).

Выявленные инновационные возможности могут быть привязаны к конкретным сценариям либо присутствовать одновременно в нескольких вариантах развития. Для каждого сценария представляется своя карта перспектив.

Для того чтобы визуализировать сценарии и облегчить реализацию инновационных возможностей, формируется «шаблон предложений» (*value proposition canvas*). Графическое отображение действий, ожиданий и предпочтений клиентов способствует адресному удовлетворению их потребностей [Osterwalder et al., 2014].

Этап 2. Выбор

На данной стадии отбираются лучшие из предварительно собранных идей. Предложения, основывающиеся на сходных концепциях и присутствующие в разных сценариях, группируются по темам. Обсуждаются содержание и охват каждой темы. Затем они ранжируются по приоритетам с учетом критериев привлекательности и осуществимости. Специальные экспертные панели разрабатывают технологическую ДК по выбранным те-

мам. Исходя из опыта и знаний, эксперты формируют «картину будущего» для соответствующей темы, оценивают текущее состояние, намечают маршрут, обозначают контрольные точки. В этом процессе исследователи часто сталкиваются с дефицитом информации о технологиях, обусловленным неопределенностью и конвергентностью их развития. Патентный анализ способствует оптимизации планирования, обеспечивая всестороннее понимание технологических тенденций и потенциала конкурентов. Новейшие достижения в области обработки и визуализации данных позволяют эффективно извлекать необходимые сведения из огромных патентных массивов. Возникающие тренды идентифицируются с помощью поиска ключевых слов или концепций. Уровень детализации ДК варьирует в зависимости от имеющихся ресурсов и поставленных целей. На рис. 3 представлена схема семинара (этап 2). Карта в левой части служит для детального планирования отдельных тем, карта справа — для общего планирования работы по интересующим темам.

Этап 3. Планирование

На заключительном этапе рассматривается детальный план работ по приоритетным темам. Технологии оцениваются с позиций важности, срочности, рисков и потенциала. Первый критерий маркирует критичность приобретения конкретной технологии. Его значение будет высоким, если технология укрепит позиции организации и впишется в стратегию развития. Второй показывает, насколько незамедлительно следует приобретать указанную технологию. Третий иллюстрирует степень риска, связанного с ее разработкой и применением. Риск будет неоправданным, если понадобятся дополнительные сложные поддерживающие решения, требующие существенных расходов. Четвертый описывает уровень требуемых компетенций для работы с технологией. Критерии корректируются в зависимости от контекста ДК. Иногда вводятся подкритерии. Экспертные выводы синтезируются с помощью специальных инструментов поддержки принятия решений, таких как модели количественной оценки, аналитические иерархические или сетевые процессы. На этом этапе при необходимости

Рис. 3. Технологическая ДК (на основе тематической карты S-плана)

Тренды Драйверы Политические инициативы	Текущий момент	Краткосрочная перспектива	Среднесрочная перспектива	Долгосрочная перспектива	Тема 1	Текущий момент	Краткосрочная перспектива	Среднесрочная перспектива	Долгосрочная перспектива
Продукты Услуги Системы Функционал					Тема 2				
Технологии					Тема 3				
Катализаторы Вызовы					Тема 4				

Источник: составлено авторами.

организуется анализ данных. Так, мониторинг патентов раскрывает потенциал конкретной технологии, а анализ эффектов — ее значимость. Формируются два портфеля — для приоритизации направлений и разработки плана действий (рис. 4).

Анализ кейса

Контекст

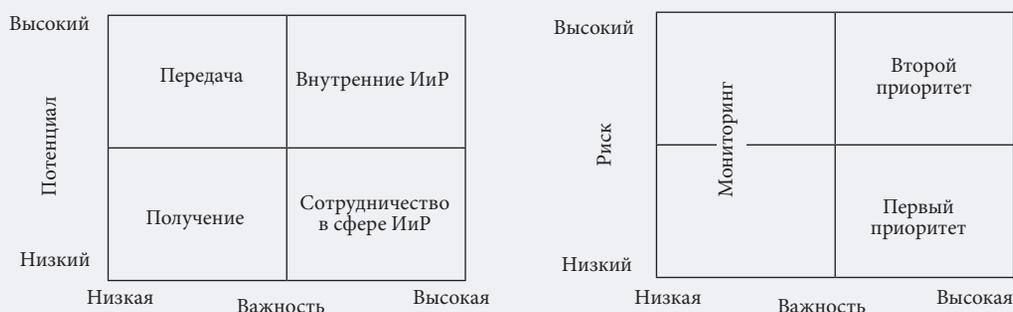
Представленный процесс разработки ДК реализован совместно с южнокорейской компанией Hyundai Motor Company. Автомобильная промышленность столкнулась с серьезными вызовами, связанными со структурным изменением бизнес-ландшафта в результате возникновения шеринг-экономики, распространения экологических автомобилей и новых возможностей для индивидуальной мобильности. Перечисленные факторы повышают риски для традиционных игроков отрасли, но снижают входные барьеры для новых. В поиске инвестиционных и технологических возможностей, стремлении адаптироваться к переменам компании автомобильной индустрии активно разрабатывают

ДК, что делает ее хорошим объектом для кейс-анализа. Исследование длилось два месяца (февраль-март 2018 г.). Рабочая группа предложила процесс, организовала экспертные мероприятия, собрала необходимые данные. Анализировались информационные пробелы и способы их восполнения.

Процесс разработки ДК

Трехэтапная процедура составления карт была осуществлена в рамках двух семинаров. Рабочую группу составили представители Hyundai Motor Company, фокусировавшиеся на разработке технологий для снижения шума, вибрации и жесткости движения автомобилей (*noise, vibration, and harshness, NVH*). Стояла задача создать долгосрочную программу ИиР с учетом значимости отмеченного технологического направления для развития услуг мобильности. В качестве горизонта планирования выбрана перспектива ближайших 10 лет, считающаяся оптимальной для многих организаций [Phaal, Muller, 2009]. Разрабатывался дизайн процесса, составлялись сценарии, идентифицировались возможности, готовились стратегии и планы действий. Анализ

Рис. 4. Портфельная карта для приоритизации (слева) и разработки плана действий (справа)



Источник: составлено авторами.

Табл. 1. Адаптированный процесс разработки ДК

Семинар	Этап	Вклад экспертов	Методы на основе обработки данных (источники данных)
1-й раунд	Идеи	Предложения и инновационные возможности для каждого сценария	Сценарный анализ для выявления трендов (документы государственных организаций и частных компаний)
	Выбор	Группировка возможностей по темам с оценкой привлекательности и реализуемости	Анализ технологических трендов в целевой и смежных областях (патенты и публикации)
2-й раунд	Планирование	Выявление технологий для каждой темы и их оценка по критериям срочности, риска, важности, потенциала	Статистический и портфельный анализ для оценки результатов, сканирование потенциальных партнеров (публикации)

Источник: составлено авторами.

патентов и публикаций выявил краткосрочные возможности, долгосрочные определились в ходе экспертных дискуссий. Адаптированная структура процесса отражена в табл. 1.

В ходе первого семинара (состоялся 9 февраля 2018 г.) обнаружили новые технологические и рыночные перспективы (этап 1). Участники предварительно подготовили сценарии развития мобильности. Для оценки эффектов от распространения технологий NVH были разработаны пять сценариев по трем направлениям, касающимся транспортных средств: управление, владение и инновации (рис. 5). Для стимулирования дискуссии по каждому сценарию разрабатывались профили клиентов, характеризующие использование ими транспортных средств, а также карта предложения с потребностями и предпочтениями, характерными для разных способов пользования транспортом. Идентифицированы возможности для бизнеса и создания технологий, обоснованы их полезность, содержание и реализуемость. Сходные возможности объединялись и группировались по 18 темам (этап 2). По критериям привлекательности и осуществимости выбраны 11 тем и 46 технологий. Пять из них, обозначенные как общие темы (О-темы), присутствовали в нескольких сценариях. Оставшиеся шесть, при-

вязанные к конкретным сценариям, маркировались как контекстные темы (К-темы).

Изучение тенденций на основе патентов и публикаций позволило составить ландшафт имеющихся технологий внутри сектора и за его пределами (рис. 6). Проанализированы 27 411 статей из базы Scopus, 5988 патентов из репозитория Ведомства по патентам и товарным знакам США (United States Patent and Trademark Office, USPTO), 1181 — Европейского (European Patent Office, EPO) и 329 — Корейского (Korean Patent Office, KPO) патентных ведомств на технологии NVH, опубликованные с января 2016 г. по март 2018 г. По итогам обобщения информации из патентов и публикаций с применением метода LDA² выбраны девять тем (29 подтем). Выявленные связи между темами и результатами анализа данных положены в основу ДК.

Для каждой темы подбирались ключевые слова, являлись ключевые документы и организации (табл. 2). Отмечались «горячие» темы, пользующиеся повышенным вниманием, и «холодные», интерес к которым снижается. Маркировка проводилась исходя из динамики числа публикаций и патентов с уникальным содержанием, отражающим прорывной потенциал технологий. Все это позволило определить, какие именно возможности

Рис. 5. Сценарии развития мобильности



² Полное название — Latent Dirichlet Allocation (латентное размещение Дирихле).

Табл. 2. Некоторые результаты тематического анализа (механизмы запираения дверей)

Тема	Механизмы запираения дверей (US-topic5)
Ключевые слова	Положение, привод, запираение, подвижный, рычаг, движение, замок, позиции, защелка, ход
Число документов	589
Главные документы	<ul style="list-style-type: none"> • Блок защелки двигателя с силовым пружинным механизмом запираения/отпираения и функцией плавного открывания (US20170089103A1) • Устройство и способ приведения в действие переключателя или датчика (US20160230427A1) • Поворотная защелка дверцы отсека (US20170218667A1) • Замок автомобильной дверцы (US20160340937A1) • Автомобильная защелка в сборе (US20170306661A1)
<i>Источник: составлено авторами.</i>	

соответствуют основным технологическим тенденциям. Составлен список патентов и публикаций, подлежащих глубокому изучению для оценки каждой темы.

Высказано предположение, что для улучшения автомобильных систем NVH применимы новейшие психоакустические технологии, особенно в отношении О-темы 1. Однако эти темы вышли за рамки компетенций участников, что потребовало дополнительного раунда анализа данных. В Scopus были найдены 1534 публикации на тему психоакустических технологий, изданные с января 2016 г. по март 2018 г. По результатам повторного моделирования LDA выявлены 40 подтем, объединенные в 10 тем. Мы ограничились анализом научных статей, поскольку компания искала партнеров в академических кругах. Идентифицированные связи между 13 технологиями О-темы 1 и 10 темами, сформулированными по итогам обработки данных, дают представление о новых психоакустических технологиях,

применимых в системах NVH. Таким образом, удалось выявить потенциальных партнеров для выполнения ИиР по выбранным темам.

В рамках второго семинара, охватившего этап 3 (состоялся 29 марта 2018 г.), детально обсуждались выбранные темы и соответствующие технологии. Предварительно 46 технологий, отнесенных к 11 темам, оценивались по четырем критериям: срочность, риск, важность и потенциал. Определялась связь между ними с помощью матрицы взаимного влияния. Полученная информация позволила глубже осмыслить темы и технологии, подобрать дополнительные сведения, что оказалось полезным для дискуссий. Учитывая широкий спектр тем, эксперты могли оставлять некоторые вопросы без ответа при нехватке компетенций в отношении тех или иных технологий либо в отсутствие необходимой информации. Результаты оценки технологий (средние значения и стандартное отклонение) и их взаимосвязи использовались для разработки предварительной ДК, подлежащей обсуждению на втором семинаре (рис. 7, 8).

В ходе данного мероприятия высказывались различные точки зрения, касавшиеся технологий с высоким стандартным отклонением результатов оценки, что позволило достичь консенсуса и скорректировать «черновой» вариант ДК. Подобный драфт можно разрабатывать отдельно для каждой темы либо в обобщенном виде. Поскольку ДК формировалась на уровне рабочей группы, а не организации, на ней разместились все темы и соответствующие технологии (рис. 9). Пять К-тем объединились в одну из-за небольшого числа представленных технологий. В итоге ДК охватила семь тематических уровней и 46 технологий, ранжированных по степени срочности. Связи между ними устанавливались с помощью матрицы перекрестного воздействия, в которой оценки важности представлены для сведения. В ходе анализа драфта ДК определились значения и позиции, подлежащие корректировке. На этом этапе имелась возможность добавлять или удалять технологии, однако участники ею не воспользовались.

Рис. 6. Результаты отраслевого тематического анализа



Рис. 7. Результаты тематического анализа за пределами сектора



Источник: составлено авторами.

Рис. 8. Результаты оценки технологий

а) Основные результаты оценки (представлены частично)

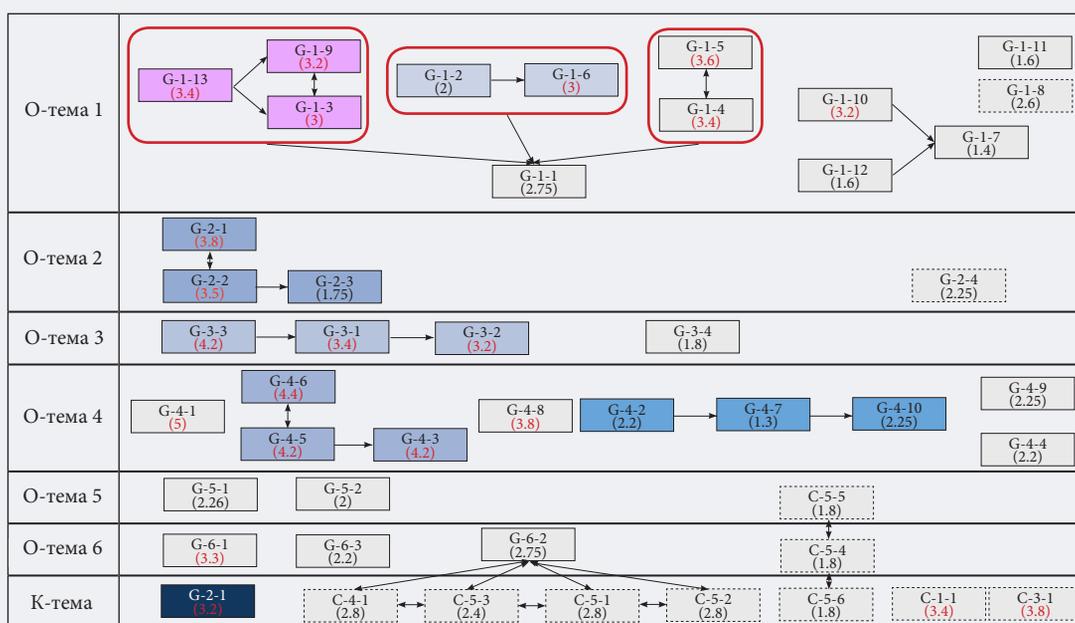
Срочность			Риск, связанный с разработкой			Важность			Технологический потенциал		
Ср. знач.	Ст. откл.	Место	Ср. знач.	Ст. откл.	Место	Ср. знач.	Ст. откл.	Место	Ср. знач.	Ст. откл.	Место
2.75	1.5	24	4	0	2	3.8	0.447213595	9	2.75	1.483239607	7
2	1	37	3.6	0.547722558	6	3.6	0.547722558	15	1.4	0.547722558	40
3	1	19	2.4	0.894427191	35	3.4	0.547722558	25	1.75	1.140175425	30
3.4	1.140175425	10	3.6	0.894427191	6	3.6	0.894427191	15	1.2	0.447213595	45
3.6	0.894427191	8	3	1	21	3.8	0.447213595	9	1.6	1.341640786	36

б) Матрица взаимного влияния технологий (представлена частично)

Индекс	G-1-1	G-1-2	G-1-3	G-1-4	G-1-5	G-1-6	G-1-7	G-1-8	G-1-9	G-1-
G-1-1										
G-1-2	○-----									
G-1-3	-----○	○-----								
G-1-4	○-----	○○○	○-----							
G-1-5	○-----	○○○	○-----	○○○						
G-1-6	○○○	○○○	○-----	○-----	○-----					

Источник: составлено авторами.

Рис. 9. Технологическая ДК



Источник: составлено авторами.

Табл. 3. Агрегированные результаты оценки тем

Тема	Срочность			Риск			Важность			Потенциал		
	Среднее	Станд. откл.	Место	Среднее	Станд. откл.	Место	Среднее	Станд. откл.	Место	Среднее	Станд. откл.	Место
О-тема 1	2.74	0.52	10	2.95	0.30	7	3.30	0.22	7	2.01	0.67	7
О-тема 2	2.75	0.68	9	3.60	0.68	1	2.95	0.54	9	1.75	0.85	9
О-тема 3	3.15	0.89	5	2.10	0.52	11	3.55	0.62	4	2.40	0.68	2
О-тема 4	3.26	0.49	3	2.78	0.43	8	3.79	0.43	3	2.15	0.62	6
О-тема 5	2.80	0.57	6	3.20	0.76	3	2.90	1.24	10	2.25	0.87	4
О-тема 6	2.77	0.91	8	3.00	0.91	6	2.73	0.89	11	2.27	0.98	3
К-тема 1	3.40	1.52	2	3.40	1.82	2	4.20	0.45	1	2.00	1.00	8
К-тема 2	3.20	1.10	4	2.20	1.10	10	4.00	1.22	2	3.40	1.67	1
К-тема 3	3.80	1.30	1	2.50	1.73	9	3.40	1.14	6	2.25	1.26	4
К-тема 4	2.80	1.30	6	3.20	1.48	3	3.20	1.10	8	1.25	0.50	11
К-тема 5	2.17	1.48	11	3.20	1.04	3	3.53	0.49	5	1.67	0.53	10

Источник: составлено авторами.

Результаты оценки технологий группировались по темам (табл. 3). Составлены портфельные карты: одна — для определения приоритетов, другая — для подготовки планов действий (рис. 10). В качестве границы зон высоко- и низкоприоритетных тем использовалось среднее значение индекса. Пять из 11 тем (О-темы 1, 3 и 4, К-темы 2 и 3) вошли в четвертый квадрант карты приоритетов, что означает высшую значимость разработки соответствующих технологий. Четыре из этих пяти тем (О-тема 1, О-тема 3, О-тема 4 и К-тема 3) оказались в четвертом квадранте ДК плана действий, и только К-тема 2 попала в первый. Следуя рекомендациям наладить сотрудничество в области ИиР по первым четырем темам, Hyundai Motor Company профинансировала создание совместной научно-промышленной лаборатории, а разработка К-темы 2 осталась на внутреннем ресурсном обеспечении компании.

Дискуссия

Сферы применения метода

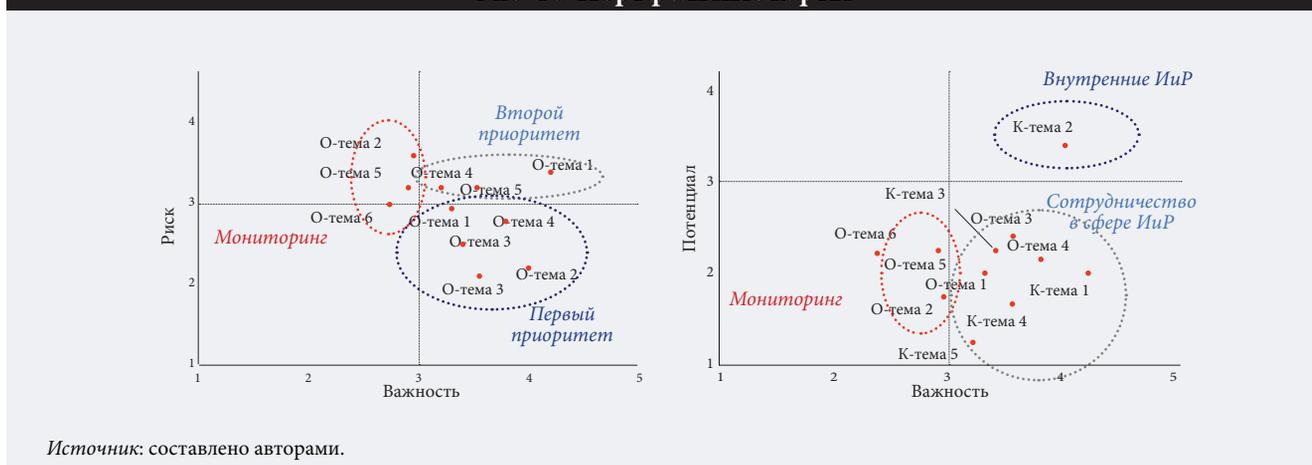
Компании вынуждены действовать в условиях растущей неопределенности ввиду быстроменяющихся

условий бизнеса, обусловленных постоянным появлением прорывных технологий и инновационных бизнес-моделей. В подобном контексте предлагаемый подход особенно полезен, поскольку синтезирует аналитику данных с экспертными знаниями. Последние служат ключом к долгосрочному планированию и формированию реалистичной картины будущего. В свою очередь методы обработки данных позволяют выявлять и приоритизировать возможности инновационного развития, появившиеся благодаря новым прорывным технологиям, помогают обобщать и систематизировать мнения экспертов. В условиях неопределенности эксперты могут иметь различные субъективные мнения об одних и тех же возможностях в зависимости от своих компетенций в предметной области. Для принятия обоснованных решений их знания следует интегрировать с методами, основанными на данных и обеспечивающими объективное представление о технологическом потенциале.

Искажение результатов

Несмотря на полезность сочетания экспертных оценок с методами обработки данных, использовать одновре-

Рис. 10. Портфельные карты



менно несколько подобных инструментов не всегда целесообразно. Сбор и анализ информации требуют колоссальных ресурсных затрат, что замедляет разработку ДК. В контексте неопределенности оперативность этого процесса играет решающую роль, поскольку обеспечивает реализацию краткосрочных инициатив. Следовательно, при составлении ДК важно не только обладать доступом к информации и привлекать высококвалифицированных специалистов, но и четко понимать потребности в анализе данных. Излишняя склонность полагаться на аналитику данных ограничивает творческий потенциал разработчиков ДК для генерации новых идей. Для повышения эффективности проектирования ДК необходимо установить оптимальный уровень глубины работы с данными. Следует учитывать, что потребность в дополнительной информации подразумевает специальные процедуры для отбора надежных источников и аналитических методов, формирования сбалансированного портфеля.

Теоретические выводы

Большинство исследований разработки ДК посвящены либо экспертным семинарам, либо методам обработки данных [Park et al., 2020]. В нашей статье описывается комплексное использование обоих подходов. Консультации с экспертами — важный источник неcodифицированных знаний. Не меньшее значение имеет анализ технологических и рыночных данных, расширяющий спектр возможностей для генерации и оценки идей. Поиск оптимальных путей синтеза обоих инструментов представляется ключевым направлением для исследований разработки ДК.

Практические выводы

Аналитика данных применяется преимущественно для выявления тенденций отраслевых ИиР, идентификации технологий в смежных отраслях, сбора и обобщения мнений экспертов, позволяющих перейти к следующему этапу разработки ДК. Это особенно актуально для повышения качества ДК, учитывая растущую сложность технологического ландшафта, появление прорывных и конвергентных технологий. Вычислительная аналитика служит источником объективной информации, наличие которой повышает эффективность общения экспертов. При этом исключается фактор доминирования какого-либо лица в обсуждении перспектив использования новых технологий. Возможности аналитики данных для повышения качества ДК подлежат дальнейшему изучению.

Замечания по практическому применению

Перед началом разработки ДК важно четко определить сферу ее охвата, цель, подготовить план реализации полученных результатов. Дизайн процесса нуждается в тщательной проработке при ограниченном бюджете

и в условиях применения гибридного подхода, когда одновременно задействуются эксперты и аналитические инструменты. К квалификации и мотивации экспертов также предъявляются высокие требования. Применение шаблонов ДК способствует извлечению и совместному использованию экспертных знаний. Процедура и направления аналитики данных должны планироваться таким образом, чтобы заполнить пробел в знаниях экспертов. В противном случае их не удастся интегрировать в ДК, разработанную в ходе семинара. В целях оптимизации процесса следует также учитывать затраты на анализ каждого типа данных и ожидаемые результаты.

Уроки кейс-анализа

Эксперты сформулировали выводы из опыта реализации прошлых и текущих проектов, а анализ данных привел к появлению реалистичных представлений о деятельности конкурентов и технологиях из других секторов. Аналитика может оказаться полезной для экспертов при условии, что сведения представлены в определенном формате, с надлежащим уровнем детализации. Их эффективную презентацию обеспечивают современные инструменты анализа и визуализации данных. В литературе по компьютерным методам разработки ДК рассматриваются в основном патенты и публикации, применимые для изучения прошлых тенденций. Не менее значимыми источниками информации (о планах конкурентов и др.) оказываются мнения экспертов из сторонних организаций, транслируемые через СМИ, YouTube, LinkedIn и подкасты.

Направления дальнейших исследований

Опыт проведения семинаров указывает на пробелы, которые предстоит устранить в ходе дальнейших исследований. В нашем кейсе аналитика данных выполнялась на уровне рабочей группы по конкретному направлению деятельности. Составление ДК для организации в целом может обусловить другие потребности в информации, которые варьируют в зависимости от контекста — долгосрочное или краткосрочное планирование, разработка продукта, услуги, постановка либо решение проблем, внутренние ИиР, стратегии сотрудничества. Источники данных для разработки ДК носят открытый либо закрытый характер, включая анализ рынка, поставщиков, клиентов, конкурентов, доклады ассоциаций, исследовательских организаций, университетов, консалтинговых компаний, законодательство, научные издания, СМИ, другие карты [Schimpf, Abele, 2019]. Их применимость в разных контекстах подлежит дальнейшему изучению, равно как и подходы к формированию гибридных процессов и методологии разработки ДК³. Эффективность гибридного инструментария может возрасти с появлением механизмов, обеспечивающих системный сбор, совместное использование и уточне-

³ Среди применяемых методов — технологический радар, портфельное моделирование, стратегические карты, сбалансированная система показателей, сценарный анализ, функция качества, технологические карты, модели зрелости, регрессионный анализ и Дельфи-обследования [Schimpf, Abele, 2019].

ние данных разными подразделениями организации [Amati et al., 2020]. Это облегчит интеграцию экспертных и аналитических методов, упростит обновление ДК [Phaal et al., 2004; Lee, Park, 2005]. Следует продолжить исследования по созданию структуры разработки, оценки и совершенствования гибридного процесса. Предстоит решить задачу актуализации ДК путем своевременного обновления. Сбор и анализ данных обеспечивает мониторинг изменения бизнес-среды и появления перспективных технологий. Более пристального рассмотрения заслуживают методы оценки статуса ДК и выбора времени ее корректировки.

Заключение

В статье рассматриваются пути сочетания методов аналитики данных с экспертными знаниями в ходе разработки ДК. Современная бизнес-среда характеризуется высокой неопределенностью. Появление и стремительное развитие прорывных технологий⁴ изменило модели ведения бизнеса. Планирование будущего организациями затрудняется и влиянием труднопредсказуемых социальных изменений, таких как текущая пандемия. Разработка ДК в рамках семинаров позволяет оперативно реагировать на меняющуюся среду, достичь гибкости и четкого видения долгосрочной перспективы при условии восполнения пробелов в экспертных знаниях путем оптимального применения аналитики данных.

В ходе настоящего исследования совместно с Hyundai Motor Company разработана ДК технологического развития автомобильной индустрии на 10-летний период. В фокусе — оценка потребностей экспертов в анализе данных и использования его результатов для принятия решений. Обращение к аналитике стимулировало дискуссии между участниками, обеспечило перспективный подход на этапе генерации идей, позволило учесть разные мнения при подготовке драфта ДК на

стадии выбора технологий, а в случае планирования — выявить отраслевые тенденции, имеющиеся технологии и партнеров из смежных отраслей.

Настоящее исследование вносит вклад в развитие методологии разработки ДК, демонстрирует преимущества гибридного подхода, сочетающего анализ данных и мнения экспертов. Его уникальность и практическая ценность состоят в описании процесса формирования ДК для корпоративных нужд.

Несмотря на это, представленная работа имеет ряд ограничений. Рассмотренный единичный кейс проанализирован применительно к разным контекстам: 1) разработка ДК на уровне рабочей группы; 2) автомобильная промышленность; и 3) Азиатский регион. Потребности в «жестких» данных для создания достоверной ДК могут меняться под влиянием различных факторов, в частности целевого назначения карты, состояния отрасли, организационной (и, возможно, национальной) культуры. Для того чтобы повысить объективную ценность полученных результатов, необходимо продолжить исследования. Большинство выводов базируются на наблюдениях за процессом разработки ДК. При том, что использовался этнографический подход, более значимая информация может быть извлечена из интервью с разработчиками ДК или опросов для оценки организационных потребностей в «жесткой» информации. Для уточнения последних и степени их удовлетворения требуется дополнительный анализ на этапах подготовки к разработке ДК и оценки полученных результатов. Наконец, рассматриваются способы синтеза аналитических и экспертных методов, однако формальной структуры для их интеграции не предложено. Новейшие достижения в области аналитических инструментов наряду с существенным расширением разнообразия источников данных кардинально повлияют на формирование четкого видения перспектив и последующего принятия решений. Эти вопросы будут рассмотрены в ходе дальнейших исследований.

Библиография

- Amati G., Motta V., Vecchiato R. (2020) Roadmapping for innovation management: Evidence from Pirelli. *R&D Management*, 50(4), 462–477. <https://doi.org/10.1111/radm.12398>
- Carvalho M.M., Fleury A., Lopes A.P. (2013) An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(7), 1418–1437. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.008>
- Cho C., Lee S. (2014) Strategic planning using service roadmaps. *The Service Industries Journal*, 34(12), 999–1020. <https://doi.org/10.1080/02642069.2014.915951>
- Cho Y., Yoon S.P., Kim K.S. (2016) An industrial technology roadmap for supporting public R&D planning. *Technological Forecasting and Social Change*, 107, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.03.006>
- Farrukh C., Phaah R., Probert D. (2003) Technology roadmapping: Linking technology resources into business planning. *International Journal of Technology Management*, 26(1), 2–19. [10.1504/IJTM.2003.003140](https://doi.org/10.1504/IJTM.2003.003140)
- Garcia M.L., Bray O.H. (1997) *Fundamentals of technology roadmapping*. Albuquerque, NM: Sandia National Labs.
- Gerdri N. (2007) An analytical approach to building a technology development envelope (TDE) for roadmapping of emerging technologies. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 4(02), 121–135. <https://doi.org/10.1142/S0219877007001004>
- Gerdri N., Assakul P., Vatananan R.S. (2010) An activity guideline for technology roadmapping implementation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 22(2), 229–242. <https://doi.org/10.1080/09537320903498553>

⁴ Таких как автономные автомобили, робототехника, искусственный интеллект, большие данные, интернет вещей, мобильные технологии, виртуальная реальность, блокчейн, финтех, дроны, 3D-печать, цифровое здравоохранение, биомедицина, новые материалы и источники энергии.

- Gerdsri N., Puengrusme S., Vatananan R., Tansurat P. (2019) Conceptual framework to assess the impacts of changes on the status of a roadmap. *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 16–31. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2017.12.001>
- Geum Y., Kim J., Son C., Park Y. (2013) Development of dual technology roadmap (TRM) for open innovation: Structure and typology. *Journal of Engineering and Technology Management*, 30(3), 309–325. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2013.06.001>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.03.003>
- Geum Y., Lee S., Park Y. (2014) Combining technology roadmap and system dynamics simulation to support scenario-planning: A case of car-sharing service. *Computers & Industrial Engineering*, 71, 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.02.007>
- Groenveld P. (1997) Roadmapping integrates business and technology. *Research Technology Management*, 40(5), 48–55. <https://doi.org/10.1080/08956308.1997.11671157>
- Jeong Y., Lee K., Yoon B., Phaal R. (2015) Development of a patent roadmap through the Generative Topographic Mapping and Bass diffusion model. *Journal of Engineering and Technology Management*, 38, 53–70. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2015.08.006>
- Jeong Y., Yoon B. (2015) Development of patent roadmap based on technology roadmap by analyzing patterns of patent development. *Technovation*, 39, 37–52. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2014.03.001>
- Kostoff R.N., Schaller R.R. (2001) Science and technology roadmaps. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48(2), 132–143. DOI:10.1109/17.922473
- Lee C., Kim J., Lee S. (2016) Towards robust technology roadmapping: How to diagnose the vulnerability of organisational plans. *Technological Forecasting and Social Change*, 111, 164–175. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.06.022>
- 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>
- Lee J.H., Kim H.I., Phaal R. (2012) An analysis of factors improving technology roadmap credibility: A communications theory assessment of roadmapping processes. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(2), 263–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.05.003>
- Lee J.H., Phaal R., Lee C. (2011) An empirical analysis of the determinants of technology roadmap utilization. *R&D Management*, 41(5), 485–508. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2011.00657.x>
- Lee S., Kang S., Park Y., Park Y. (2007) Technology roadmapping for R&D planning: The case of the Korean parts and materials industry. *Technovation*, 27(8), 433–445. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.02.011>
- Lee S., Lee S., Seol H., Park Y. (2008) Using patent information for designing new product and technology: Keyword based technology roadmapping. *R&D Management*, 38(2), 169–188. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2008.00509.x>
- Lee S., Park Y. (2005) Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(5), 567–583. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.11.006>
- Lee S., Yoon B., Lee C., Park J. (2009) Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(6), 769–786. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.01.003>
- Linton J.D., Walsh S.T. (2004) Integrating innovation and learning curve theory: an enabler for moving nanotechnologies and other emerging process technologies into production. *R&D Management*, 34(5), 517–526. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2004.00359.x>
- Osterwalder A., Pigneur Y., Bernarda G., Smith A. (2014) *Value Proposition Design: How to Create Products and Services Customers Want*, New York: John Wiley & Sons.
- 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>
- Petrick I.J., Echols A.E. (2004) Technology roadmapping in review: A tool for making sustainable new product development decisions. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1–2), 81–100. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00064-7](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00064-7)
- Phaal R., Farrukh C., Mitchell R., Probert D. (2003) Starting-up roadmapping fast. *Research-Technology Management*, 46(2), 52–59. <https://doi.org/10.1080/08956308.2003.11671555>
- Phaal R., Farrukh C.J., 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., Probert D.R. (2007) Strategic roadmapping: A workshop-based approach for identifying and exploring strategic issues and opportunities. *Engineering Management Journal*, 19(1), 3–12. <https://doi.org/10.1080/10429247.2007.11431716>
- Phaal R., Muller G. (2009) An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(1), 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.03.018>
- Schimpf S., Abele T. (2019) How German companies apply roadmapping: Evidence from an empirical study. *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 74–88. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2017.10.001>
- Simonse L.W., Hultink E.J., Buijs J.A. (2015) Innovation roadmapping: Building concepts from practitioners' insights. *Journal of Product Innovation Management*, 32(6), 904–924. <https://doi.org/10.1111/jpim.12208>
- Son H., Kwon Y., Park S.C., Lee S. (2018) Using a design structure matrix to support technology roadmapping for product–service systems. *Technology Analysis & Strategic Management*, 30(3), 337–350. <https://doi.org/10.1080/09537325.2017.1310377>
- Suh J.H., Park S.C. (2009) Service-oriented technology roadmap (SoTRM) using patent map for R&D strategy of service industry. *Expert Systems With Applications*, 36(3), 6754–6772. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.08.062>
- Wells R., Phaal R., Farrukh C., Probert D. (2004) Technology roadmapping for a service organization. *Research-Technology Management*, 47(2), 46–51. <https://doi.org/10.1080/08956308.2004.11671619>
- Yoon J., Kim Y.J., Vonortas N.S., Han S.W. (2019) A moderated mediation model of technology roadmapping and innovation: The roles of corporate foresight and organizational support. *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2017.10.002>
- Yu X., Zhang B. (2019) Obtaining advantages from technology revolution: A patent roadmap for competition analysis and strategy planning. *Technological Forecasting and Social Change*, 145, 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.10.008>