

Перспективы сопроизводства знаний для планирования умной инфраструктуры

Хисаси Мурата ^a

Аспирант, s1940412@jaist.ac.jp

Котаро Накамура ^b

Преподаватель, koutarou@soka.ac.jp

Кунио Сирахада ^a

Доцент, kunios@jaist.ac.jp

^a Японский институт перспективных научно-технологических исследований (Japan Advanced Institute of Science and Technology), Япония, 1-1 Asahidai, Nomi-shi, Ishikawa, 923-1292, Japan

^b Университет Сока (Soka University), Япония, 1-236 Tangimachi, Hachioji-shi, Tokyo, 192-8577, Japan

Аннотация

В статье предложен инструмент картирования сопроизводства знаний, направленный на развитие сотрудничества конкурирующих игроков и формирование согласованной отраслевой стратегии. Он представляет собой адаптацию метода дорожных карт к формированию коллективной базы знаний. Применение этого подхода не ограничивается рамками одной организации, а подразумевает диалог между представителями соперничающих компаний. Процедура сопроизводства знаний с разработкой дорожной карты может быть делегирована открытой отраслевой ассоциации, которая объединяет представителей компаний,

заинтересованных в преодолении ограничений для развития.

Представленный инструмент апробирован Ассоциацией развития инжиниринга Японии (Engineering Advancement Association of Japan, ENAA) при подготовке дорожных карт в области умной социальной инфраструктуры. В результате обмена знаниями сложились общие представления о потенциале умных технологий, доказана эффективность предлагаемого метода для получения знаний, недоступных отдельным компаниям или отраслевым организациям.

Ключевые слова: разработка стратегий; совместное формирование представлений о будущем; дорожные карты; создание знаний; будущее социальной инфраструктуры; умные технологии

Цитирование: Murata H., Nakamura K., Shirahada K. (2021) Knowledge Co-Creation Roadmapping for Future Industrial Visions: Case Study on Smart Infrastructure. *Foresight and STI Governance*, 15(2), 52–64. DOI: 10.17323/2500-2597.2021.2.52.64

Knowledge Co-Creation Roadmapping for Future Industrial Visions: Case Study on Smart Infrastructure

Hisashi Murata^a

PhD Student, s1940412@jaist.ac.jp

Kotaro Nakamura^b

Part-time Lecturer, koutarou@soka.ac.jp

Kunio Shirahada^a

Associate Professor, kunios@jaist.ac.jp

^a Japan Advanced Institute of Science and Technology, 1-1 Asahidai, Nomi-shi, Ishikawa, 923–1292, Japan

^b Soka University, 1-236 Tangimachi, Hachioji-shi, Tokyo, 192–8577, Japan

Abstract

This paper proposes a knowledge co-creation roadmapping tool for knowledge creation in future-oriented discussions for members of competing firms with the aim of co-creatively envisioning the future of the industry. This approach adapts the roadmapping method to knowledge creation, thus building a communication infrastructure for discussing future plans beyond an organization (i.e., participants are from competing companies). Knowledge co-creation roadmapping could be commissioned to an open industry organization consisting of members sent by

individual companies interested in overcoming obstacles to development. We put our method into practice with the subcommittee of the Engineering Advancement Association of Japan and set the subject as “The Future of Smart Social Infrastructure”, a theme involving multiple stakeholders. We were able to draw up a vision of smart technology on the basis of the insights gained through the roadmapping activities. These results demonstrate the effectiveness of our method in terms of acquiring knowledge that could not be obtained by our own company or a single industry organization alone.

Keywords: strategy design; co-creative future design; roadmapping; knowledge creation; future of social infrastructure; smart technologies

Citation: Murata H., Nakamura K., Shirahada K. (2021) Knowledge Co-Creation Roadmapping for Future Industrial Visions: Case Study on Smart Infrastructure. *Foresight and STI Governance*, 15(2), 52–64. DOI: 10.17323/2500-2597.2021.2.52.64

В настоящее время основой для развития социальной инфраструктуры служат такие передовые технологии, как интернет вещей (ИВ), искусственный интеллект (ИИ) и робототехника¹. Для оценки ее «интеллектуального потенциала» (*smartness*) чаще всего применяются модели SCIAM² [Neureiter et al., 2014], RAMI 4.0³ [Zezulka et al., 2016] и SCSP⁴ [Koshizuka et al., 2018; Santana et al., 2018], ключевые задачи которых — распространение перечисленных технологий и унификация методов их внедрения с учетом соответствующих стандартов. Распространение умной социальной инфраструктуры (УСИ) требует всестороннего изучения возможностей интеграции аппаратных систем и программных средств на базе передовых решений и оценки долгосрочного спроса на их функционал. Вовлеченным в этот процесс компаниям рекомендуется выйти за пределы собственной бизнес-модели и формировать стратегии развития с привлечением широкого круга заинтересованных сторон [Smith et al., 2010].

В Японии предприятия, обслуживающие социальную инфраструктуру, объединены в рамках Ассоциации развития инжиниринга (Engineering Advancement Association of Japan, ENAA). Несмотря на конкуренцию между ними, ENAA активно поощряет коммуникации, нацеленные на развитие отрасли. Для этого создан специальный подкомитет по УСИ, члены которого обсуждают долгосрочные тенденции и возможности технологического развития данного направления с точки зрения достижения желаемого образа будущего. Подобные площадки играют важную роль в расширении стратегических горизонтов корпоративного менеджмента и формировании представлений о перспективах отрасли. Однако отсутствие эффективного управления препятствует их нормальному функционированию, поскольку из-за конфликта целей различных игроков имеют место такие факторы, как:

- сокрытие информации (например, идей, представляющих угрозу для конкретной организации) [Serenko, 2019];
- неспособность сосредоточиться на общих задачах [Chambers, 2004];
- ограниченность круга обсуждаемых тем узкими областями специализации, что делает совместную работу бесплодной («никаких идей не появилось») [Shirahada, Hamazaki, 2013].

Перечисленные барьеры для интеграции формализованных и неформализованных знаний участников затрудняют выработку новых идей и согласованной отраслевой стратегии. Способы их преодоления пока мало изучены.

В статье предлагается новый метод составления дорожных карт (ДК) на основе сопроизводства знаний (*knowledge co-creation roadmapping*) для создания коммуникационной инфраструктуры планирования будущего. Метод представляет собой сочетание модели SECI⁵ [Nonaka, 1994], описывающей формирование корпоративной базы знаний, с разработкой ДК.

Обзор литературы

Составление дорожных карт

В ДК исходная информация представлена в виде многослойной хронологической диаграммы, которая сводит различные функции и перспективы организации в обобщенную «стратегическую линзу», отражающую долгосрочную эволюцию бизнеса [Gordon et al., 2020; Phaal et al., 2004]. ДК применяются для выработки национальных, отраслевых или корпоративных стратегий, требующих разной степени детализации [Amer, Daim, 2010; Gordon et al., 2020; Phaal, Muller, 2009]. При этом выявляются незаполненные рыночные, технологические, продуктовые или сервисные ниши [Daim et al., 2018; Daim, Oliver, 2008; Gerdtsri et al., 2009; Hansen et al., 2016; Lee et al., 2013; Sauer et al., 2017; Wells et al., 2004]. Обмен идеями и образами будущего повышает эффективность вовлечения участников в процесс подготовки стратегии [Kerr et al., 2013] и достижения консенсуса между ними [Kerr et al., 2019].

Картирование обычно проходит в четыре этапа: 1) формирование команды, планирование работы; 2) сбор и анализ информации; 3) обобщение данных, составление диаграммы; 4) практическая реализация, оценка результатов [Gerdtsri et al., 2009]. Вторая стадия реализуется в форме семинаров с участием заинтересованных лиц для обмена опытом и создания новых знаний. Из существующего разнообразия форматов диаграмм [Cuhls et al., 2015; Kerr et al., 2012; Lee et al., 2012; Lee, Park, 2005; Yoon et al., 2008] для целей нашей статьи избрана многоуровневая схема, отображающая распределение рынков, продуктов, услуг и технологий на временной шкале [Phaal et al., 2005]. Иллюстрация текущего состояния, желаемого положения дел (цели) и путей его достижения позволяет участникам дискуссии находить оптимальную траекторию.

Эффективность ДК как коммуникационной платформы для обсуждения будущего привлекает внимание исследователей в сфере технологического менеджмента и Форсайта с 2000-х гг. [Gordon et al., 2020]. ДК нашли применение в таких областях, как создание новых продуктов [Petrick, Echols, 2004], прогнозирование прорывных технологий [Phaal et al., 2011; Walsh, 2004],

¹ Социальная инфраструктура включает физическую (здания и оборудование) и программную (технологии связи и управления и т. д.) составляющие. Современные технологические решения направлены на ее оптимизацию и автономизацию за счет повышения «интеллектуальности», а также на формирование новых предложений для пользователей — компаний и физических лиц.

² Smart City Infrastructure Architecture Model — архитектурная модель умной городской инфраструктуры.

³ Reference Architecture for Industry 4.0 — эталонная архитектура для Индустрии 4.0.

⁴ Smart City Software Platform — программная платформа для управления умным городом.

⁵ Socialization, Externalization, Combination, Internalization (социализация — экстернализация — комбинирование — интернализация).

стратегическое управление [Fenwick et al., 2009; Gerdsri, 2007; Gerdsri, Kocaoglu, 2007; Phaal et al., 2006; Toro-Jarrín et al., 2016]. Однако компании недостаточно активны в их разработке, поскольку вынуждены делиться с конкурентами существующими знаниями и совместно создавать новые. Описание процесса генерации знаний посредством составления ДК представлено лишь в одной работе [Phaal et al., 2005]. Исследований, посвященных применению этого процесса в дискуссиях о будущем, а также эмпирических данных о его эффективности нам обнаружить не удалось.

Совместное создание знаний

Модель SECI [Nonaka, 1994] описывает процесс наращивания корпоративной базы знаний на основе соединения формализованных и неявных знаний, их социализации, экстернализации, комбинирования и интернализации. *Социализация* означает агрегирование имплицитных знаний в ходе обмена опытом. *Экстернализация* предполагает их формализацию с помощью языка, изображений и других средств выражения, преобразование в коллективное знание. Последнее на этапе *комбинирования* систематизируется путем взаимной увязки, моделирования и классификации концепций. На стадии *интернализации* кодифицированные знания трансформируются в неформализованные. Согласно модели SECI обмен опытом между участниками обеспечивает развитие общей базы знаний по восходящей спирали. Полученное коллективное знание становится достоянием всей организации и затем в трансформированном виде передается сотрудникам.

Динамическая модель создания знаний [Nonaka et al., 2008; Nonaka, Toyama, 2005] к основным факторам процесса SECI относит формирование представлений о желаемом будущем, постановку целей и задач, интеллектуальные активы и внешнюю среду [Nonaka et al., 2000; Nonaka, Konno, 1998]. Желаемое будущее означает сценарий, в реализации которого заинтересована организация. Цели и задачи заключаются в ориентирах и нормах поведения, способствующих реализации процесса SECI; интеллектуальные активы — приобретенные знания; регулярные коммуникации — основа механизма SECI и генерации знаний; внешняя среда — структурированная экосистема, связывающая компанию с внешними партнерами. Новые знания создаются в ходе взаимодействия организации с внешней средой посредством усвоения (интеграции) и интерпретации циркулирующих в ней знаний. Для обсуждения перспектив УСИ наряду с представлениями о физических объектах необходимы знания другого типа, которые отраслевая ассоциация может получить из внешней среды и соответствующим образом интерпретировать. Подобные дискуссии во многом аналогичны созданию внутренних знаний, так как решают одни и те же задачи. Добровольному обмену информацией и генерации идей способствует комплементарность функций сотрудников [Lakhani, von Hippel, 2003].

Этапы картирования сопроизводства знаний

Предлагаемый метод картирования направлен на активизацию производства знаний организациями и совместную разработку перспективных мер по развитию социальной инфраструктуры. Он реализуется в несколько стадий:

- обмен мнениями и идеями;
- проведение полевых исследований для получения знаний и опыта;
- разработка ДК на их основе;
- подготовка отчета.

Конечная цель процесса — построение проекции желаемого будущего. Остановимся на каждом из этапов подробнее.

Обмен идеями и мнениями. На данном этапе компании направляют представителей на совещание профильного комитета, исходя из организационных целей и задач. При обсуждении плана действий члены подкомитета делятся представлениями о существующих вызовах, декларируют мотивы участия в дискуссии, предложения по конкретным мероприятиям и ожидаемые результаты. Обмен полезными сведениями создает конструктивную атмосферу сотрудничества, способствующую выработке планов и направлений работ.

Обретение знаний и опыта в предметной области. После изучения литературы по согласованным направлениям организуется ознакомительный визит на инфраструктурные объекты. В ходе общения с руководителями и изучения операционных процессов участники приобретают неявные знания. Посещение нескольких локаций позволяет выявить их общие черты и специфику, а серия визитов на один и тот же объект — проанализировать эволюцию деятельности в сторону оптимизации. Для членов подкомитета также организуются лекции, которые транслируют неявные знания в форме личных оценок и суждений экспертов. В ходе подобных презентаций выявляются общие черты и расхождения в позициях специалистов. Расширению пространства знаний и углублению понимания ситуации способствуют активизация полевых исследований, сбор эмпирического материала [Kolb et al., 2001] и синтез экспертных мнений.

Разработка ДК на основе полученных знаний. После посещения объектов участники обсуждают полученную информацию и делают выводы о предполагаемых причинно-следственных связях, трансформируя индивидуальные знания в коллективные. Итоги дискуссий и их интерпретация становятся основой ДК (в нашем случае — применительно к УСИ).

Подготовка отчета. Результаты, достигнутые по каждой теме, синтезируются в отчет. Документация — завершающий этап генерации формализованного специального знания. Оцениваются значимость каждой из тем, их взаимосвязь и согласованность. Отчет предоставляется всем участникам для распространения в компаниях в качестве руководства по созданию нового бизнеса и совершенствованию текущих процессов.

Производство знаний в отраслевых ассоциациях

Построение ДК на основе сопроизводства знаний в терминах модели SECI выглядит следующим образом:

- *социализация*: обмен идеями и пониманием проблем, формулирование планов действий, конкретизация тем;
- *экстернализация*: обсуждение конкретных ситуаций, проблем, причин их возникновения и подходов к устранению;
- *комбинирование*: систематизация причинно-следственных связей и путей решения проблем через разработку ДК;
- *интернализация*: подготовка и представление пользователям отчета о результатах.

В подобном контексте деятельность подкомитета ENAA выглядит следующим образом. Стадия *социализации* подразумевает обмен представлениями о проблеме исходя из официальной информации, знакомство с оценками и суждениями экспертов в формате лекций и совещаний, приобретение компетенций посредством взаимодействия с руководителями инфраструктурных объектов, наблюдение за их работой на местах. На этапе *экстернализации* готовятся индивидуальные меморандумы членов подкомитета и отчет на базе анализа конкретных ситуаций и результатов обсуждения в рабочих группах. *Комбинирование* заключается в систематизации результатов, причинно-следственных связей и практических выводов в рамках избранной схемы. *Интернализация* подразумевает корректировку корпоративной практики в соответствии с неявными знаниями участников о ситуации в компании.

Непрерывное восходящее (спиралевидное) развитие процесса SECI обеспечивается при соблюдении ряда условий:

- учет специфики деятельности отраслевых организаций;
- оценка уровня «интеллектуальности» социальной инфраструктуры исходя из фактической надежности и эффективности;
- осмысление знаний, приобретенных в ходе посещения объектов и коммуникации с экспертами.

Предлагаемая базовая схема процесса SECI нацелена на повышение качества концептуализации и систематизации. Перечисленные аспекты позволяют максимально задействовать уникальные особенности поведения, мышления предпринимателей и инженеров рассматриваемой отрасли, компенсировать их слабые стороны. Перечислим важнейшие составляющие динамической модели производства знаний:

- цель (проекция будущего) — осмысление и концептуализация интеллектуального потенциала социальной инфраструктуры;
- задача — совместная работа по повышению конкурентоспособности каждой компании;
- информационные активы — годовые отчеты, лекционные материалы и официальные публикации;
- формы взаимодействия — ежемесячные совещания подкомитетов и рабочих групп, посещение

объектов, прослушивание лекций и использование онлайн-сервисов (электронная почта, облачные вычисления);

- внешняя среда — сеть компаний и их партнеров, делегировавших представителей в подкомитеты (сама ENAA играет нейтральную роль), обеспечивающая контакты с экспертами и персоналом инфраструктурных объектов, а также доступ к исследованиям, выполненным академическими научными центрами.

Практическое применение метода

Процедура исследования

В соответствии со схемой построения ДК для сектора услуг, предложенной в работе [Wells et al., 2004], упомянутый ранее профильный комитет ассоциации организовал два семинара. На этапе их планирования обсуждались основные вызовы в сфере социальной инфраструктуры. Участники пришли к консолидированному соглашению о главной задаче отрасли, заключающейся в усилении кадрового потенциала технологическими возможностями. В качестве первой темы согласована разработка ДК в области строительства социальной инфраструктуры с применением умных технологий. Вторая ДК была посвящена эксплуатации и техническому обслуживанию готовой социальной инфраструктуры с учетом ее жизненного цикла.

Этапы процесса отражены на рис. 1. Блоки в четырех внешних углах соответствуют базовой структуре разработки ДК [Wells et al., 2004]. В центре — схема составления ДК на основе сопроизводства знаний. Описание этапов этого процесса и их сопоставление со стадиями модели SECI представлены в табл. 1.

Последовательность реализации этапов соответствует движению часовой стрелки. При этом переход от второго пункта к третьему носит итеративный характер и нацелен на уточнение проекции будущего. Движение между первым и четвертым этапами требует перекрестного сравнения и учета различных точек зрения для составления полной картины.

Все четыре этапа можно спроецировать на модель SECI, в отличие от которой построение долгосрочных ДК на основе сопроизводства знаний не ограничивается одной организацией, а включает представителей конкурирующих компаний.

Все участники (максимальным числом 17 человек) входили в подкомитет ENAA и состояли в рабочих группах по соответствующим темам (I и II). Разработке ДК предшествовала лекция эксперта по составлению ДК, посвященная ключевым аспектам и процедурам этого процесса. Далее участники обменялись знаниями о важнейших социальных и технологических тенденциях, извлеченных из литературы либо полученных в ходе посещения объектов и лекций. Затем были собраны и сгруппированы элементы, необходимые для разработки прогноза, включая идеи по поводу смежных технологий, услуг, тенденций социального развития и т. д. Они фиксировались на стикерах и упорядочивались для выявления базовых компонентов.

Табл. 1. Стадии построения ДК на основе сопроизводства знаний

Стадия процесса	Содержание	Соответствующий этап по модели SECI
1. Обмен мнениями	Обмен идеями и пониманием проблемы	Обсуждение ключевых вопросов, определенных на стадии планирования
2. Накопление знаний	Приобретение специальных компетенций	Получение неявных знаний в результате общения с экспертами и посещения изучаемых объектов
3. Совместная выработка образа будущего	Преобразование неявных знаний отдельных участников в коллективные	Выявление причинно-следственных связей в рамках каждой отдельной темы
4. Документирование проекции будущего	Интеграция и формализация коллективных знаний	Подготовка отчета и распространение ДК среди работников организации для ответа на выявленные вызовы

Источник: составлено авторами.

Последние легли в основу матрицы смежных слоев, построенной методом связующей сетки (*linking-grid*). Подобный подход позволил оценить силу взаимосвязи между составляющими и выявить наиболее устойчивые комбинации. Составлена иерархическая схема, иллюстрирующая связи и отношения фрагментов. С помощью ретрополяции социальных и технологических аспектов формировалась проекция будущего и обсуждались возможные решения. Наконец, посредством синтеза результатов прогнозирования и ретрополяции была составлена ДК с временной шкалой.

По теме I процесс разработки занял менее месяца: шесть часов — групповые дискуссии, включая извлечение элементов (два совещания по три часа), и три недели — непосредственное создание ДК. По теме II групповые дискуссии длились два дня, разработка ДК — один день.

Оценка результатов

Для того чтобы проанализировать эффективность составления ДК на основе сопроизводства знаний, по окончании процесса опрашивались все участники — 17 членов подкомитета ($n = 17$), активно вовлеченные в работу на протяжении не менее года (с апреля 2017 г. по март 2020 г.). Анкетирование проводилось в марте 2020 г. по электронной почте, после совещания по итогам 2019 финансового года. Вопросы касались эффективности картирования, объективности оценки самой процедуры и ее результатов.

При оценке *результатов исследования* респонденты выражали общую удовлетворенность знаниями, полученными на начальных и заключительных этапах процесса, — как формализованными (например, отчеты), так и неявными. Изучение *процедуры* формирования ДК на основе сопроизводства знаний продемон-

Рис. 1. Схема построения ДК на основе сопроизводства знаний



стрировало ее вклад в расширение компетентности участников. Измерялся вес каждой составляющей — анализа документов, интервью, полевых исследований и интерпретации результатов. *Объективная оценка* заключалась в измерении достижений по конкретным аспектам составления ДК — процедурам, инструментам, результатам, инициативам. *Эффективность картирования* обсуждалась респондентами с точки зрения полезности, практической ценности и общего вклада в формирование коллективного знания.

Вопросы предварительно кодировались и носили открытый характер. Отношения к утверждениям ранжировались по пятибалльной шкале Лайкерта. Для оценки удовлетворенности участников исследования ответы подвергались статистической обработке, а также первичному и вторичному индуктивному кодированию [Gioia et al., 2013]. Объектом анализа являлись процесс и результаты картирования. Также обсуждалась организационная деятельность профильного комитета. Индивидуальные отзывы формулировались в произвольной форме и обобщались.

Результаты

Дорожная карта как продукт

На рис. 2 приведен пример подробной ДК по теме I — строительство социальной инфраструктуры, разработанной с учетом факторов снижения рождаемости, старения населения в Японии и, как следствие, дефицита человеческих ресурсов. Все 78 элементов,

извлеченных с помощью метода KJ⁶, дифференцировались по трем группам: «Технологии», «Услуги» и «Социальные тенденции».

- к технологиям отнесены сенсорные устройства и средства связи, цифровые помощники, робототехника, ИИ и виртуальные технологии;
- услуги включают систематизацию, эффективность работы (визуализацию), поддержку иностранных работников, женщин и пожилых людей, автоматизацию основных рабочих операций, автоматизацию квалифицированного труда, планирование и эксплуатацию;
- социальные тенденции охватывают оптимизацию человеческих ресурсов, создание базы данных, реформирование стиля работы, вопросы охраны здоровья и техники безопасности.

В результате составления ДК по теме I получены следующие результаты. Спектр услуг на основе ИВ будет расширяться за счет увеличения емкости аккумуляторов, снижения стоимости и уменьшения размеров устройств. Распространение технологий LPWA (low-power wide-area — маломощные сети дальнего радиуса действия), 5G и квазизенитных спутников позволит устранить ограничения связи, обусловленные местоположением. Это приведет к дальнейшему внедрению технологий ИВ, не ограниченных пределами офиса или объекта, а применимых к цепочке поставок в целом. Соответствующие услуги и решения работают на платформе, покрывающей потребности не только

Табл. 2. Карта слоев умной инфраструктуры

Слой	Перспектива		
	Краткосрочная	Среднесрочная	Долгосрочная
I. Социальные аспекты, проекции будущего, политика	Снижение рождаемости и старение населения, Общество 5.0, Индустрия 4.0, Цели устойчивого развития, износ инфраструктуры	Кадровый дефицит, национальная устойчивость, монетизация для достижения социальных и региональных целей	Сверхстареющее общество, экспорт интеллектуальных инфраструктур
II. Решения, услуги	Социальное обеспечение одиноких людей, обмен знаниями с престарелыми, обслуживание изношенной инфраструктуры, служба энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии	Умный дом, автоматизированные кассы, профилактическое техобслуживание, подписные бизнес-модели	Услуги по запросу (например, транспорт), водородная экономика
III. Организации, рабочие процедуры	Межведомственное взаимодействие, государственно-частное партнерство, концессионные механизмы, ведущая роль местных органов власти	Цифровизация государственного управления, интеграция уровней	Пересмотр правил, мегаполисы
IV. Данные, информация, программная инфраструктура	Облачные вычисления, специализированные платформы, голосовой ввод	Совершенствование анализа больших данных, удаленная работа	Сотрудничество всех платформ, виртуальные близнецы
V. Физическая инфраструктура, информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), оборудование	Беспроводные локальные сети (в любом месте), интеллектуальные счетчики (датчики, подключенные к ИВ)	Сети 5G, модернизация оборудования	Новое оборудование (например, для беспилотного транспорта)
VI. Умные технологии (обычные ИКТ + сенсоры, ИВ, ИИ, удаленная телекоммуникация)	5G, неразрушающий контроль, технология анализа данных, ИВ (сенсоры), дроны, виртуальная и дополненная реальность, кибербезопасность	Прикладной программный интерфейс ИИ, блокчейн, робототехника (например, для контроля инфраструктуры)	Космические солнечные энергосистемы

Источник: составлено авторами.

⁶ Названная по имени создателя Дзиро Кавакиты (Jiro Kawakita) техника систематизации субъективных мнений участников дискуссии.

Рис. 3. Анализ ответов на открытые вопросы о результатах исследования

Анализ первого порядка	Анализ второго порядка
<ul style="list-style-type: none"> • Знание новейших тенденций • Осведомленность о результатах углубленных исследований конкретных ситуаций • Корректировка собственных представлений • Получение в ходе лекций и ознакомительных визитов информации, ранее неизвестной компании • Стимулы, которых не предлагает компания 	→ Получение знаний
<ul style="list-style-type: none"> • Направление развития страны, вызовы, стоящие перед отдельным муниципалитетом, концепция реагирования на них • Горизонтальная интеграция плана как серьезный вызов 	→ Проблемы интеллектуальной инфраструктуры
<ul style="list-style-type: none"> • Дефицит времени для формирования и уточнения образа желаемого будущего • Низкая дискуссионная активность в отношении темы 	→ Углубленные исследования и аналитическая деятельность
<ul style="list-style-type: none"> • Сбор и изучение материалов перед ознакомительными визитами • Разработка ДК по развитию перспективных технологий • Исследования на постоянной основе 	→ Задачи для углубленных исследований

Примечание: ответы представлены в виде концептуальных терминов и репрезентативных текстовых данных.
Источник: составлено авторами.

конкретной компании, но и всей цепочки стоимости, способствуя общей рационализации бизнеса. В табл. 2 приведен пример многослойной карты, подготовленной по теме II.

Выявление элементов и формирование соответствующих иерархий выполнялись руководителями рабочих групп с использованием ключевых слов, определенных участниками исследования исходя из анализа конкретных ситуаций. В левом столбце табл. 1 представлена логическая иерархическая ось, положение элементов на которой соответствует инфраструктурным иерархиям умных мегаполисов и «супергородов».

С помощью метода связующей сетки показано, что репрезентативные составляющие слоя IV, включая облачные вычисления и платформы, можно соединить с элементами ИВ, ИИ и робототехники (слои V и VI) и обслуживанием изношенной инфраструктуры (слои II и III). Связанность компонентов «профилактического обслуживания» и «государственно-частного партнерства» будет учтена при разработке более подробных ДК.

Эффекты синтеза производства знаний с разработкой дорожных карт

Результаты анализа ответов на открытые вопросы представлены на рис. 3. Выявлены следующие концептуальные термины: «получение знаний», «вызовы для

интеллектуальной инфраструктуры», «углубленные исследования» и «задачи углубленных исследований». Для извлечения первого из упомянутых терминов использовались по два атрибута репрезентативных текстовых данных, относящихся соответственно ко второму и третьему терминам, и три — к четвертому.

Применение системного подхода в нашем исследовании дало возможность участникам приобрести новые знания с прояснением образа будущего. Их коммуникации с руководителями инфраструктурных объектов и экспертами позволили уточнить вызовы, сопутствующие развитию интеллектуальной инфраструктуры, определить поведенческие и ментальные характеристики предпринимателей и инженеров (рис. 4). Подобных результатов не удалось бы добиться, ограничившись лишь анализом опубликованной литературы. Таким образом, на высокий уровень удовлетворенности процессом повлияло преимущественно приобретение знаний и опыта в ходе полевых исследований. Однако обмен информацией и соображениями сдерживается неодинаковыми (не всегда развитыми) способностями экспертов выражать свою точку зрения. Сохраняются перспективы совершенствования процессов и инструментария. Для максимизации эффекта картирования следует уделить первоочередное внимание извлечению и формализации неявных знаний, несмотря на временные затраты.

Рис. 4. Анализ ответов на открытые вопросы о процессе исследования

Анализ первого порядка	Анализ второго порядка
Получение в ходе полевых исследований уникальной информации, недоступной из официальных источников	→ Полезность посещения объектов и экспертных лекций
Постепенное налаживание обмена ценным контентом между членами в течение 3–4 лет в рамках совместных исследований	→ Постепенное овладение процессом
Низкая способность выразить полученные знания	→ Недостаточная репрезентация

Источник: составлено авторами.

Табл. 3. Дескриптивная статистика результатов опроса

Переменная	Среднее значение	Стандартное отклонение	95% доверительный интервал		Минимальное значение	Максимальное значение
			Нижний предел	Верхний предел		
(1) Результаты исследования	4.247	0.738	3.896	4.598	2	5
(2) Процесс исследования	4.441	0.669	4.123	4.759	2	5
(3–1) Объективная оценка: процесс	4.00	0.707	3.66	4.34	2	5
(3–2) Объективная оценка: инструментарий (программное обеспечение и др.)	4.29	0.588	4.01	4.57	3	5
(3–3) Объективная оценка: результаты	3.961	0.848	3.56	4.36	1	5
(3–4) Объективная оценка: инициатива	4.147	0.821	3.76	4.54	3	5
(4–1) Методология и эффективность картирования: важность процесса	4.53	0.514	4.29	4.77	4	5
(4–2) Методология и эффективность картирования: эффективность инструментария	4.382	0.652	4.072	4.692	3	5
(4–3) Методология и эффективность картирования: получение коллективного знания	4.029	0.674	3.709	4.35	3	5

Источник: составлено авторами.

Общая оценка процесса разработки ДК на основе сопроизводства знаний

Описательная статистика, приведенная в табл. 3, позволяет обобщить средние значения оценок процесса, инструментов и результатов картирования. Значимость процедур (индекс 4–1) имеет наивысший показатель среди всех переменных. Удовлетворенность исследованием также получила высокий балл (с позиций индивидуальных отзывов (2) и объективности (3–1)), что подтверждает эффективность используемого метода. Вместе с тем значение индивидуальной удовлетворенности оказалось ниже объективных оценок, прежде всего в подкомпоненте «инициатива» (3–4), что ставит вопрос о необходимости совершенствования процесса.

Эффективность (4–2) и объективная оценка (3–2) инструментария исследования получили высокие значения. При этом во втором случае баллы ниже, следовательно, по мнению респондентов, инструментарий можно использовать более продуктивно. О необходимости его совершенствования свидетельствует и тот факт, что инструментарий получил более низкие оценки по сравнению с процессом.

Объективная оценка результатов (3–3) отмечена самыми низкими баллами среди всех переменных, несмотря на высокие показатели для результатов исследования (1) и выработки коллективного знания (4–3). Ситуацию с составляющими, получившими невысокие оценки, можно исправить за счет совершенствования процесса и инструментария картирования.

Высокие оценки большинства переменных подтверждают результативный вклад сопроизводства знаний в разработку ДК применительно к сфере социальной инфраструктуры, а его модернизация требует доработки упомянутых аспектов.

Обсуждение

Теоретические выводы

Разработка ДК по направлению I (формирование социальной инфраструктуры с учетом мер по наращиванию ресурсов, комплементарных трудовым) отражает вклад различных факторов в оптимизацию производительности рассматриваемого направления. К ним относятся снижение стоимости устройств, увеличение емкости аккумуляторов, преодоление коммуникационных ограничений (например, использование автоматизации на всей территории офиса или объекта). Оптимизация переходит с локального уровня (отдельно взятый офис или строительная площадка) на глобальный, охватывая всю цепочку поставок. ДК по направлению II (эксплуатация и обслуживание) продемонстрировала возможности повышения «интеллектуальности» социальной инфраструктуры на основе облачного и платформенного программного обеспечения. Прежний опыт составления ДК в области социальной инфраструктуры ограничивался преимущественно разработкой технологий [Daim, Oliver, 2008; Lee et al., 2013]. Новизна предпринятого исследования заключается в том, что в результате обмена соображениями, взаимного обогащения знаниями и опытом в ходе полевых исследований, изучения контекста, в котором используются технологии, доказана продуктивность метода ДК в оценке социальных факторов, определяющих перспективы рассматриваемого технологического направления.

Большинство участников обследования признали значимость и эффективность сопроизводства знаний применительно к разработке ДК. При том что этот процесс уже рассматривался [Phaal et al., 2005], ранее он не касался практики отраслевых организаций в контексте взаимодействия с конкурентами.

Традиционными факторами, ограничивающими эффективность дискуссии о будущем, выступают недальновидность [Smith et al., 2010] и неготовность обмениваться знаниями с другими игроками отрасли [Serenko, 2019]. Предлагаемый нами подход, основанный на теории создания знаний в организации [Nonaka, 1994], рассчитан на преодоление подобной тенденции. Возможность приобретения новых компетенций делает его весьма эффективным для проведения Форсайт-исследований по совместной разработке долгосрочных отраслевых стратегий.

Как показали ответы на открытые вопросы, удовлетворенность картированием обусловлена в первую очередь приобретением компетенций в ходе посещения инфраструктурных объектов. Это свидетельствует о значимости обмена опытом для коллективного усвоения неявных знаний, в том числе о реальных проблемах и настроениях людей, а также стимулирования сотрудничества на данной основе. Данный фактор является действенным механизмом преодоления проблем в процессе создания знаний в открытых (отраслевых) организациях, включая разногласия между участниками дискуссий [Chambers, 2004] и продуктивную организацию совещаний.

Практические выводы

Разработка ДК на основе сопроизводства знаний представляется эффективным инструментом для компаний из зрелых секторов, испытывающих растущее давление со стороны передовых цифровых технологий и новых участников рынка. ENAA потребовалось три года, чтобы освоить и использовать данный метод для разработки серии тематических ДК. Опыт ассоциации в применении рассматриваемого подхода может оказаться полезным и для других отраслевых объединений. Это касается, например, организации обмена мнениями между участниками исследования и получения знаний, отличных от накопленного секторального опыта, как первого шага к налаживанию эффективного распространения информации и практическому применению картирования. Кроме того, данный метод позволит сгладить негативное влияние поведенческих и ментальных паттернов лиц, принимающих решения, за счет диалогов с местными руководителями во время визитов на объекты и с экспертами на лекциях. Продуктивным может оказаться проведение вводного курса, знакомящего с основными принципами и механизмами составления ДК.

Предвзятость в отношении описанного метода может объясняться сложившимися поведенческими и ментальными установками предпринимателей и инженеров отрасли. В процессе картирования участники склонны предлагать конкретные практические

решения, базирующиеся скорее на личном опыте, чем на абстрактных представлениях. Ответы на открытые вопросы показывают, что сопроизводство знаний позволяет преодолеть указанные установки, в частности, благодаря диалогу с заинтересованными сторонами в ходе посещения объектов и на лекциях.

Заключение

С развитием концепции «умного города» инфраструктурным компаниям, действующим в области строительства (индустриального и т. д.), следует выйти за рамки внутренних представлений и планировать будущее развитие отрасли, исходя из коллективных интересов всех ее участников. На примере ENAA, объединяющей группу инфраструктурных компаний, проанализирована роль разработки ДК в коллективном производстве знаний и формировании согласованного образа будущего.

Исследовательская группа разработала две ДК, намекающие перспективы повышения «интеллектуальности» инфраструктуры. Согласована базовая схема нового типа инфраструктуры. С помощью новых методов иерархического дизайна и анализа временных рядов визуализирована ее ожидаемая роль, отражающая специфику инфраструктурного бизнеса. Результаты исследования обогащают базу знаний предпринимателей и инженеров, связанных с проектированием и обслуживанием умных городов и региональной инфраструктуры.

Разработку ДК на основе сопроизводства знаний [Nonaka, 1994] целесообразно делегировать открытой отраслевой ассоциации, члены которой заинтересованы в преодолении ограничений для развития. Эффективность усвоения неявных знаний при посещении инфраструктурных объектов и экспертных лекций и их трансформация в коллективное достояние зависят от индивидуальных характеристик участников. Для оптимизации процесса составления ДК и использования его результатов необходим более простой инструментарий, который стимулировал бы обмен знаниями между участниками. Последующие углубленные исследования позволят решить эту задачу.

Построение ДК на основе сопроизводства знаний позволяет отраслевым организациям планировать будущее, преодолевая социальные проблемы, для решения которых недостаточно одних только узкоотраслевых компетенций. Полученные нами результаты иллюстрируют продуктивность метода при совместном планировании деятельности, в том числе в контексте устойчивого развития умных городов, так как эти вопросы требуют всеобъемлющей координации действий разных игроков. Дальнейшие исследования позволят оценить применимость рассматриваемого инструментария в других областях.

Библиография

- Amer M., Daim T.U. (2010) Application of technology roadmaps for renewable energy sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1355–1370. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.05.002>.
- Chambers S. (2004) Behind Closed Doors: Publicity, Secrecy, and the Quality of Deliberation. *Journal of Political Philosophy*, 12(4), 389–410. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9760.2004.00206.x>
- Cuhls K., de Vries M., Li H., Li L. (2015) Roadmapping: Comparing cases in China and Germany. *Technological Forecasting and Social Change*, 101, 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.008>.
- 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>
- Daim T.U., Yoon B.S., Lindenberg J., Grizzi R., Estep J., Oliver T. (2018) Strategic Roadmapping of Robotics Technologies for the Power Industry: A Multicriteria Technology Assessment. *Technological Forecasting and Social Change*, 131, 49–66. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.006>.
- Fenwick D., Daim T.U., Gerdri N. (2009) Value Driven Technology Road Mapping (VTRM) Process Integrating Decision Making and Marketing Tools: Case of Internet Security Technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(8), 1055–1077. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.04.005>
- 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(2), 121–135. <https://doi.org/10.1109/picmet.2005.1509682>
- Gerdri N., Kocaoglu D.F. (2007) Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Build a Strategic Framework for Technology Roadmapping. *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7–8), 1071–1080. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.015>
- Gerdri N., Vatananan R.S., Dansamasatid S. (2009) Dealing With the dynamics of Technology Roadmapping Implementation: A Case Study. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(1), 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.03.013>
- Gioia D.A., Corley K.G., Hamilton A.L. (2013) Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research. *Organizational Research Methods*, 16(1), 15–31. <https://doi.org/10.1177/1094428112452151>
- 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, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119966>
- Hansen C., Daim T., Ernst H., Herstatt C. (2016) The Future of Rail Automation: A Scenario-Based Technology Roadmap for the Rail Automation Market. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 196–212. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.017>
- Kerr C., Farrukh C.J.P., Phaal R., Probert D.R. (2013) Key Principles for Developing Industrially Relevant Strategic Technology Management Toolkits. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), 1050–1070. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.006>
- Kerr C., Phaal R., Probert D.R. (2012) Cogitate, Articulate, Communicate: The Psychosocial Reality of Technology Roadmapping and Roadmaps. *R&D Management*, 42(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2011.00658.x>
- Kerr C., Phaal R., Thams K. (2019) Customising and Deploying Roadmapping in an Organisational Setting: The LEGO Group Experience. *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2017.10.003>
- Kolb D.A., Boyatzis R.E., Mainemelis C. (2001) Experiential Learning Theory: Previous Research and New Directions. In: *Perspectives on Thinking, Learning, and Cognitive Styles* (eds. R.J. Sternberg, L. Zhang), New York: Routledge, pp. 227–248. <https://doi.org/10.4324/9781410605986-9>
- Koshizuka N., Haller S., Sakamura K. (2018) CPaaS.io: An EU — Japan Collaboration on Open Smart City Platforms. *Computer*, 51(12), 50–58. <https://doi.org/10.1109/MC.2018.2880019>
- Lakhani K., von Hippel E. (2004) How Open Software Works: “Free” User-to-User Assistance. In: *Produktentwicklung mit virtuellen Communities* (eds. C. Herstatt, J.G. Sander), Wiesbaden: Gabler Verlag, pp. 923–943. https://doi.org/10.1007/978-3-322-84540-5_13
- Lee J.H., Kim H., 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 S.-H. (2013) An Integrated Service-Device-Technology Roadmap for Smart City Development. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(2), 286–306. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.020>
- 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>
- Neureiter C., Rohjans S., Engel D., Dănekas C., Uslar M. (2014) *Addressing the Complexity of Distributed Smart City Systems by Utilization of Model Driven Engineering Concepts*. Paper presented at the VDE-Kongress, Frankfurt am Main, 1–6 October 2014. <https://doi.org/10.13140/2.1.3776.8646>
- Nonaka I. (1994) A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science*, 5(1), 14–37. <https://doi.org/10.1287/orsc.5.1.14>
- Nonaka I., Konno N. (1998) The Concept of “Ba”: Building a Foundation for Knowledge Creation. *California Management Review*, 40(3), 40–54. <https://doi.org/10.2307/41165942>
- Nonaka I., Toyama R. (2005) The Theory of the Knowledge-Creating Firm: Subjectivity, Objectivity and Synthesis. *Industrial and Corporate Change*, 14(3), 419–436. <https://doi.org/10.1093/icc/dth058>
- Nonaka I., Toyama R., Hirata T. (2008) *Managing Flow: A Process Theory of the Knowledge-Based Firm*, London: Palgrave MacMillan. <https://doi.org/10.1057/9780230583702>
- Nonaka I., Toyama R., Konno N. (2000) SECI, Ba and Leadership: A Unified Model of Dynamic Knowledge Creation. *Long Range Planning*, 33(1), 5–34. [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(99\)00115-6](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(99)00115-6)
- Petrack 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.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. (2005) Developing a Technology Roadmapping System. In: *Proceedings of the PICMET2005 Conference, Portland, OR, USA, 31 July — 4 August 2005*, Portland, OR: Portland International Center for Management of Engineering and Technology, pp. 99–111. <https://doi.org/10.1109/picmet.2005.1509680>

- Phaal R., Farrukh C.J.P., Probert D.R. (2006) Technology Management Tools: Concept, Development and Application. *Technovation*, 26(3), 336–344. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.02.001>
- 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>
- Phaal R., O'Sullivan E., Routley M., Ford S., Probert D.R. (2011) A Framework for Mapping Industrial Emergence. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(2), 217–230. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.06.018>
- Santana E.F.Z., Chaves A.P., Gerosa M.A., Kon F., Milojicic D.S. (2018) Software Platforms for Smart Cities. *ACM Computing Surveys*, 50(6), 1–37. <https://doi.org/10.1145/3124391>
- Sauer A., Thielmann A., Isenmann R. (2017) Modularity in Roadmapping — Integrated Foresight of Technologies, Products, Applications, Markets and Society: The Case of “Lithium Ion Battery LIB 2015.” *Technological Forecasting and Social Change*, 125, 321–333. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.017>
- Serenko A. (2019) Knowledge Sabotage as an Extreme Form of Counterproductive Knowledge Behavior: Conceptualization, Typology, and Empirical Demonstration. *Journal of Knowledge Management*, 23(7), 1260–1288. <https://doi.org/10.1108/JKM-01-2018-0007>
- Shirahada K., Hamazaki K. (2013) Trial and Error Mindset of R&D Personnel and Its Relationship to Organizational Creative Climate. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), 1108–1118. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.005>
- Smith N.C., Drumwright M.E., Gentile M.C. (2010) The New Marketing Myopia. *Journal of Public Policy & Marketing*, 29(1), 4–11. <https://doi.org/10.1509%2Fjppm.29.1.4>
- Toro-Jarrín M.A., Ponce-Jaramillo I.E., Güemes-Castorena D. (2016) Methodology for the of Building Process Integration of Business Model Canvas and Technological Roadmap. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 213–225. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.01.009>
- Walsh S.T. (2004) Roadmapping a Disruptive Technology: A Case Study: The Emerging Microsystems and Top-Down Nanosystems Industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1–2), 161–185. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2003.10.003>
- 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 B., Phaal R., Probert D.R. (2008) Morphology Analysis for Technology Roadmapping: Application of Text Mining. *R&D Management*, 38(1), 51–68. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2007.00493.x>
- Zezulka F., Marcon P., Vesely I., Sajdl O. (2016) Industry 4.0 — An Introduction in the Phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.002>