

На правах рукописи



БАКАНОВА СВЕТЛАНА АЛЕКСАНДРОВНА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗНАНИЙ
В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПАНИЯХ**

Специальность – 08.00.13 – Математические и инструментальные методы
экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Санкт-Петербург - 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Научный руководитель	Силкина Галина Юрьевна , доктор экономических наук, профессор
Официальные оппоненты	Стельмашонок Елена Викторовна , доктор экономических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», заведующий кафедрой «Вычислительные системы и программирование» Шамина Любовь Константиновна , доктор экономических наук, доцент, Санкт-Петербургский филиал Федерального государственного образовательного бюджетного учреждения высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», заведующий кафедрой «Менеджмент», заместитель директора по научно-методической работе
Ведущая организация	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Защита состоится «25» июня 2015 года в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.23 при ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» по адресу: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., дом 29, корпус 3, ауд. 506.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», <http://www.spbstu.ru/science/defences.html>.

Автореферат разослан «___» _____ 2015 года

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор экономических наук,
профессор



Сулоева Светлана Борисовна

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В рамках доминирующей в настоящее время концепции инновационного развития определяющая роль принадлежит диффузии инноваций, которая интерпретируется действующими международными нормативными документами как ее распространение в хозяйственной среде по рыночным и нерыночным каналам. При этом диффузия инноваций всегда сопряжена с потоками знаний, обеспечивающими инновацию и сопровождающими ее.

Взаимосвязь процессов диффузии инноваций и распространения знаний отражена, в том числе, в синонимичности понятий экономики инноваций и экономики знаний, которыми сегодня в равной степени характеризуют современный экономический уклад. Последнее, получившее сегодня широкое распространение в экономической науке, отражает признание того, что именно знания обретают статус ключевого фактора развития, зачастую превосходящего по значимости традиционные ресурсы производства.

В этой связи особое значение приобретают анализ процессов производства и распространения знаний, формирование концептуальных основ, изучение прикладных аспектов и разработка практического инструментария по поддержке принятия решений в новой области менеджмента – менеджменте знаний. Взвешенное и аналитически обоснованное управление знаниевыми процессами в компаниях, непосредственная деятельность которых связана с высокими технологиями, на государственном уровне и в бизнес-сообществе признается одной из необходимых мер поступательного перехода к инновационной экономике. В последнее время приходит понимание того, что залогом конкурентоспособности и экономического роста является способность сотрудников компании создавать новые знания и обмениваться ими. И найти здесь решение намного сложнее, чем для любой производственной задачи.

Особо актуальными в этой связи становятся прикладные исследования в области управления знаниями в компаниях – в пользу практической значимости и ценности данного научного направления свидетельствует возросшее количество отечественных и зарубежных разработок. Вопросы теории и практики экономики знаний, ее фундаментальных основ и прикладных аспектов, получили широкое освещение в трудах ученых и практиков. Среди зарубежных ученых, внесших существенный вклад в разработку фундаментальных и прикладных аспектов экономики знаний, особыми достижениями отмечены Й. Шумпетер, Ф. Махлуп, Д. Белл, Э. Роджерс, К. Вииг, Р. Нельсон, С. Уинтер, И. Нонака, Г. Такеучи, П. Друкер, Т. Давенпорт, Л. Прусак, Э. Брукинг и др.

Вклад в отечественный научный задел инновационной экономики внесли В.Л. Макаров, Б.З. Мильнер, Ю.В. Яковец, А.Г. Кругликов, Г.Б. Клейнер, В.В. Глухов, Л.Э. Миндели, А.И. Яблонский, А.Н. Козырев, В.Г. Халин, Л.К. Пипия, А.Р. Бахтизин, В.В. Трофимов, Л.К. Шамина, А.В.

Бабкин, А.Е. Карлик, С.Ю. Шевченко. Значительный вклад в разработку математических методов моделирования экономических процессов и инструментов их информационной поддержки внесли В.Л. Макаров, В.В. Глухов, Б.И. Кузин, И.В. Ильин, В.Н. Юрьев, Г.Ю. Силкина, Р.В. Соколов, С.В. Ратнер, Е.В. Стельмашонок, М.Д. Медников, А. С. Соколицын, Г.А. Ботвин.

В широком смысле управление знаниями в организациях подразумевает создание, накопление и распространение таковых среди сотрудников. Все составляющие этого процесса принципиально значимы для успеха современных компаний, но существенно различны с точки зрения возможности научной формализации, обоснования и практической реализации конкретных управленческих решений. Наиболее сложным в этом смысле является творческий процесс создания знаний; задача накопления знаний успешно решается при современном уровне развития информационных технологий. И, наконец, распространение знаний, подразумевающее не только использование современных средств коммуникации, но, главным образом, взаимодействие носителей знаний, является краеугольным камнем процесса управления знаниями и имеет наибольшее научно-практическое значение, критичное для высокотехнологичных компаний.

Исторически интерес к управлению знаниями и процессами их распространения возник одновременно со становлением инноватики как самостоятельной научной дисциплины. В то же время приходится констатировать, что многие модели менеджмента знаний являются эвристическими и не имеют должного аналитического обоснования. Немногочисленные математические модели процессов распространения знаний оперируют простейшими показателями (индексы цитирования, библиометрические характеристики) и не отражают в полной мере качественные особенности этих процессов. Отмеченные недостатки научно-методического обеспечения обусловили постановку диссертационного исследования, определили цель, объект и предмет исследования.

Цель диссертационного исследования – развитие математического аппарата анализа сетевых взаимодействий, разработка методов его применения к анализу процессов распространения знаний для повышения обоснованности решений в менеджменте знаний.

Объектом исследования выступают высокотехнологичные компании, основным ресурсом в которых являются знания и компетенции сотрудников.

Предметом исследования выступают экономические процессы, протекающие в компаниях при распространении знаний.

Выявленная проблематика прикладного обеспечения экономики знаний, цель, объект и предмет диссертации определили логику исследования, реализованную постановкой и решением комплекса научно-практических задач:

- проанализировать предметную область, выявить принципиальные особенности и закономерности процессов распространения знаний в высокотехнологичных компаниях;
- изучить и систематизировать существующие научно-методические заделы в моделировании процессов распространения знаний;
- обосновать подбор математического аппарата, адекватного специфике процессов распространения знаний;
- построить комплекс математических моделей процессов распространения знаний, учитывающих их особенности;
- определить направления практического использования разработанного математического аппарата и апробировать его на материалах о деятельности высокотехнологичной компании;
- выявить перспективы дальнейшего развития избранного аспекта исследования процессов распространения знаний.

Логику проведенного диссертационного исследования представляет рис. 1.

Теоретической и методологической основой диссертации послужили результаты фундаментальных и прикладных исследований зарубежных и отечественных авторов в области экономики знаний, анализа и моделирования процессов производства и распространения знаний в социально-экономических системах. В основу разработанного модельного представления исследуемого процесса легли положения математического анализа, аппарата теории графов и инструментарий нечеткой математики.

Информационную базу исследования составили данные международной и национальной отраслевой статистики, материалы о деятельности и результаты анкетирования сотрудников компании, на материалах которой апробировались результаты исследования.

Научную новизну исследования составляют следующие его результаты:

- на основе совместного анализа процессов распространения знаний и математических методов их моделирования обоснован выбор графоаналитического инструментария. Дифференцированы случаи применения моделей, основанных на классической теории графов, и мотивирована необходимость привлечения аппарата нечеткой математики;
- разработана и исследована базовая модель распространения знаний, учитывающая структуру знаний индивидов и позволяющая определить конфигурацию сети распространения знаний. Предложены количественные оценки факторов, определяющих потенциальную возможность передачи знаний (масштаб распространения знания, «активность» каждого агента процесса обмена знаниями, кратчайшие маршруты распространения знаний);
- определены качественные особенности процесса распространения знаний – когнитивный потенциал и интенсивность процесса; построены их количественные оценки, параметризующие сеть распространения знаний;

- разработан и реализован алгоритм распространения знаний в параметризованной сети, позволяющий оценить структуру сети, выявить ее «проблемные зоны» (области знаний с малым масштабом распространения, низким коэффициентом покрытия «работающими» связями и т.п.), критически значимые направления реорганизации сети и на этой основе выполнить ее настройку;

- выявлены и отражены в математических моделях динамические характеристики процесса распространения знаний в компаниях: увеличение объема знаний отдельного индивида и одновременно общее устаревание знаний. Полученные характеристики представлены функциональной зависимостью, отражающей актуальный уровень знаний в конкретный момент времени, что служит аналитическим обоснованием организации процессов распространения знаний.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в следующем:

- разработанный инструментарий модельного описания и анализа процессов распространения знаний предоставляет аналитическую базу принятия решений по управлению знаниями в компаниях высокотехнологичных отраслей;

- разработанный и алгоритмически представленный инструментарий допускает возможность автоматизации и встраивания в корпоративные информационные системы (корпоративные социальные сети), как модуля, обеспечивающего поддержку принятия решений в менеджменте знаний.

Результаты исследования были использованы для анализа сети распространения знаний в подразделении ИТ-компании ReturnonIntelligence, Inc. По результатам апробации разработан ряд практических рекомендаций, направленных на обеспечение устойчивого процесса обмена знаниями среди сотрудников компании.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в постановке цели и задач исследования, подборе математического аппарата описания процесса распространения знаний; разработке модельного описания и анализа процессов распространения знаний.



Рис. 1 Логическая схема исследования

Область исследования. Диссертация по своей цели и содержанию соответствует специальности 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики» по части следующих пунктов:

1.2. Теория и методология экономико-математического моделирования, исследование его возможностей и диапазонов применения: теоретические и методологические вопросы отображения социально-экономических процессов и систем в виде математических, информационных и компьютерных моделей.

1.4. Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования доложены на XLI Неделе науки СПбГПУ, международных научно-практических конференциях: «Интеграция мировых научных процессов как основа общественного прогресса» (г. Казань), «Прорывные экономические реформы в условиях риска и неопределенности» (г. Уфа), «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире» (г. Санкт-Петербург).

Публикации основных положений диссертационного исследования. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 8 статьях, в научных журналах и сборниках докладов научных конференций, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, 6 приложений.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. На основе совместного анализа процессов распространения знаний и математических методов их моделирования обоснована адекватность графоаналитического инструментария специфике этих процессов. Дифференцированы случаи применения моделей, основанных на классической теории графов, и мотивирована необходимость привлечения аппарата нечеткой математики.

На сегодняшний день существует ряд моделей, описывающих механизмы диффузии инноваций и сопровождающие их процессы распространения знаний. Общим свойством этих моделей диффузных процессов является ориентирование на количественные результаты процесса в ущерб его качественным аспектам (табл. 1).

Математические методы и модели описания диффузии инноваций

Механизм диффузии	Математические инструменты	Существующие математические модели
Распространение знаний	Теория вероятностей Теория игр Теория графов Теория нечетких множеств	Модели индивидуальных цен Графовые модели
Трансфер технологий	Теория вероятностей Теория игр Теория нечетких множеств Теория графов	Модели индивидуальных цен
Тиражирование	Дифференциальное исчисление Теория вероятностей Теория графов	Логистическая кривая Модели влияния и индексы влиятельности Модели на основе социальных сетей

В то же время именно свойства знаний и качественные особенности процессов их распространения являются принципиальными моментами, обеспечивающими адекватность их модельных представлений. Среди свойств знаний, значимых с точки зрения их математического моделирования, особо выделены следующие: дискретность, уникальность – знание непосредственно ассоциируется с его носителем (навыки, опыт, компетенции), что проявляется в степени владения ими, инвариантность относительно пространства, чувствительность относительно времени, градация по уровню владения, проявление в форме явного или неявного знания.

Оправданным подходом к моделированию обменных процессов в социальных системах является использование аппарата теории графов. Классическая теория графов дает возможность наметить потенциальные маршруты распространения знаний в сети, в то время как качественные особенности этого процесса допускают нечетко-множественную интерпретацию, позволяющую оценить возможность распространения знаний в сети. Интеграция теории графов и нечеткой математики, реализованная аппаратом нечетких графов, позволяет представить сеть распространения моделью графа и применить аппарат нечеткой математики для идентификации параметров модели.

2. Разработана и исследована базовая модель распространения знаний, учитывающая структуру знаний индивидов и позволяющая определить конфигурацию сети распространения знаний. Предложены количественные оценки факторов, определяющих потенциальную возможность передачи знаний (масштаб распространения знания,

«активность» каждого агента процесса обмена знаниями, кратчайшие маршруты распространения знаний).

В основу модели положено структурное представление используемых в компании знаний. Выполнена их трехуровневая декомпозиция: предметные группы, области знаний и компоненты знаний. Знания i -го сотрудника, применяемые для профессиональной деятельности, представлена двоичным вектором $v^i = ((x_k)_l)_m$, где x – атомарный компонент области знаний, принимает значение 0 или 1 в зависимости от того, обладает ли индивид этим знанием ($m = 1, 2, \dots, M$ – предметные группы, $l_m = 1, \dots, L_m$ – области знаний, $k_{lm} = 1, \dots, K_{ml}$ – компоненты знаний). Такая форма представления знаний отражает свойство дискретности знаний.

Профессиональное сообщество (высокотехнологичная компания или ее структурное подразделение) представлено неориентированным графом G , вершины (V) которого соответствуют индивидам, а ребра (E) – связям между ними: $G = \langle V, E \rangle$, $V = \{v_1, \dots, v_n\}$, $E = \{e_{ij}, i, j = \overline{1, n}\}$. Ребра определяются одновременным выполнением двух условий: совпадение знаний индивидов хотя бы одной компоненте и фактор общения. Первое из этих условий формализовано построением матрицы смежности знаний $S_{n \times n}^l = (s_{ij})$,

элементы которой задаются формулой: $s_{ij} = \begin{cases} 1, & v_{i \cap j}^l > 0 \\ 0, & v_{i \cap j}^l = 0 \end{cases}$, где $v_{i \cap j}^l$ – вектор

пересечений знаний индивидов i и j по l -ой области знаний: $v_{i \cap j}^l = (\min \{x_k^i, x_k^j\})_l, l \in L_m$.

Общение индивидов описывается матрицей $P_{n \times n} = (p_{ij})$, в которой $p_{ij} = 1$, только в случае, если выполняется условие «сотрудники организации знакомы лично», и $p_{ij} = 0$, в противном случае. В терминах введенных обозначений, ребра, по которым возможно распространение знания из области знаний l_m , задаются элементами матрицы $R_{n \times n}^{l_m} : r_{ij}^{l_m} = s_{ij}^{l_m} \cdot p_{ij}^{l_m}$.

Маршруты распространения знаний в сети определяются с помощью алгоритма фронта волны. На основании графового представления сети распространения знаний и анализа результатов построения маршрутов диффузии знаний в сети предложены две группы аналитических показателей.

Активность *вершины* в процессе обмена знаниями:

- степень вершины $\alpha_i^{l_m} = \left| \left\{ v_j \mid r_{ij}^{l_m} = 1 \right\} \right|$ – круг профессиональных связей индивида;

- масштаб распространения знания от вершины $w_i^{l_m} = \{W_1 \cup \dots \cup W_f\}$ – влияние индивида на коллектив;

- средняя длина маршрута распространения знания от вершины

$$\bar{f}_i^{l_m} = \frac{\sum |W_f| \cdot f}{|w_i|} - \text{«глубина» распространения знаний от индивида по сети;}$$

Пропускная способность *сети* для распространения знаний из определенной области:

- потенциальный масштаб распространения знания по всей сети

$$w_{l_m}^* = \{v_i \mid (x_{klm})_{l_m} > 0\};$$

- средний охват распространения знания для всей сети $\bar{w}_{l_m} = \frac{\sum w_i^{l_m}}{|w_{l_m}^*|}$;

- средняя «глубина» распространения знаний для всей сети $\bar{f}_{l_m} = \frac{\sum \bar{f}_i^{l_m}}{|w_{l_m}^*|}$.

3. Определены качественные особенности процесса распространения знаний – когнитивный потенциал и интенсивность процесса; построены их количественные оценки, параметризующие сеть распространения знаний.

Базовая модель, базирующаяся на инструментарии классической теории графов, отражает лишь наличие ребра между вершинами, но никак не характеризует качество распространения знаний по этому ребру. Для доработки базовой модели в направлении учета качественных составляющих процессов был применен аппарат нечеткой математики, реализованный на этапе параметризации сети распространения знаний.

Процесс распространения знаний разворачивается в пространстве и развивается во времени, вследствие чего ребра сети были нагружены двумя параметрами, отражающими пространственную и временную компоненты.

Близость профессиональных знаний индивидов отражается параметром

когнитивного потенциала $\alpha_{ij}^{l_m} = \frac{(v_i \cdot v_j)^m}{|v_i|^{l_m} \cdot |v_j|^{l_m}} = \frac{\sum_{k=1}^K x_k y_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^K (x_k)^2} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^K (y_k)^2}}$, где

$v_i = ((x_k)_l)_m$ и $v_j = ((y_k)_l)_m$ – векторы, представляющие знания индивидов i и j ($x \in [0, 1]$, $y \in [0, 1]$); в числителе записано скалярное произведение этих векторов, в знаменателе – произведение их длин. Параметр $\alpha_{ij}^{l_m}$ принимает значения на отрезке $[0; 1]$, что позволяет использовать его в качестве функции принадлежности в нечетком множестве ребер графа: $\tilde{E} = \langle \alpha_{ij}(v_i, v_j) / \{v_i, v_j\} \rangle$.

Временным параметром сети распространения знаний избрана интенсивность общения: $\beta(e_{ij}) = \begin{cases} 1, & \delta_{ij} \geq \bar{\delta} \\ \delta_{ij}/\bar{\delta}, & \delta_{ij} < \bar{\delta} \end{cases}$, где $\delta_{ij} = \frac{\theta_{ij}}{T}$ – количество общения по каналу связи между индивидами i и j (θ_{ij} – количество актов общения индивидов за временной период, T – длина временного периода в днях), $\bar{\delta} = \frac{1}{|E|} \sum_{i,j:\{v_i,v_j\} \in V} \delta_{ij}$ – среднее количество общений между парами индивидов в сети.

4. Разработан и реализован алгоритм распространения знаний в параметризованной сети, позволяющий оценить структуру сети, выявить ее «проблемные зоны» (области знаний с малым масштабом распространения, низким коэффициентом покрытия «работающими» связями и т.п.), критически значимые направления реорганизации сети и на этой основе выполнить ее настройку.

Для моделирования процесса распространения знаний в параметризованной сети используются маршруты и характеристики их прочности: конъюнктивная, дизъюнктивная и кумулятивная.

Для маршрута $L(v_i, v_j)$, соединяющего вершины i и j , конъюнктивная и дизъюнктивная прочности (на примере когнитивного потенциала) определяются формулами: $\eta_{\&}^{\alpha}(L(v_i, v_j)) = \min_{L \langle v_b, v_m \rangle \in L(v_i, v_j)}^{\alpha} \{\alpha_{bm}\}$ и $\eta_{\cup}^{\alpha}(L(v_i, v_j)) = \max_{L \langle v_b, v_m \rangle \in L(v_i, v_j)}^{\alpha} \{\alpha_{bm}\}$ соответственно.

Кумулятивная прочность маршрута в модели строится с учетом сразу двух показателей процесса и характеризует весь маршрут целиком, его обобщенную надежность $\eta_{\times}^{\alpha}(L(v_i, v_j)) = \prod_{\langle v_e, v_m \rangle \in L(v_i, v_j)}^{\alpha} \alpha_{\langle v_e, v_m \rangle} \beta_{\langle v_e, v_m \rangle} \geq \lambda^{\beta}$, где λ^{β} – пороговый уровень временной прочности звена, при котором связь считается «полновесной». В сетях распространения знаний максимальный по кумулятивной прочности маршрут можно интерпретировать как наиболее надежное направление распространения знаний.

Максимальная кумулятивная прочность в модели определяется через матрицу нечеткой достижимости вершин (аналог матрицы достижимости в теории графов), в которой каждый элемент показывает наиболее прочный маршрут между вершинами в когнитивных единицах.

Алгоритм построения матрицы нечеткой достижимости:

1. Строится матрица нечеткой смежности вершин, каждый элемент которой задается показателем когнитивного потенциала между вершинами с учетом заданного уровня интенсивности общения: $\tilde{S}_{\alpha} = (\alpha_{ij} \mid \beta_{ij} \geq \lambda^{\beta})$.

2. Вводится следующее правило умножения матриц $\tilde{S}_\alpha \bullet \tilde{S}_\alpha = \tilde{S}_\alpha^2 = C$:
 $c_{ij} = \begin{cases} \max\{\alpha_{ir} \cdot \alpha_{rj}\}, r = 1, \dots, n, i \neq j \\ 0, i = j \end{cases}$; вычисляются степени матрицы нечеткой смежности $\tilde{S}_\alpha^2, \tilde{S}_\alpha^3, \dots, \tilde{S}_\alpha^{n-1}$.

3. Матрица нечеткой достижимости задается поэлементным сравнением матриц $\tilde{S}_\alpha, \tilde{S}_\alpha^2, \tilde{S}_\alpha^3, \dots, \tilde{S}_\alpha^{n-1}$: $d_{ij}^\alpha = \max\{\alpha_{ij}^k\}, k = 2, \dots, n-1$.

С учетом параметризации базовая модель дополнена рядом показателей анализа сетевых взаимодействий, которые составляют аналитическое обоснование практических рекомендаций по улучшению проводимости новых знаний в сети.

1. Пропускная способность вершины с точки зрения ее когнитивной удаленности от ближайших соседей: $b_\alpha(v_i) = \overline{\alpha_{ij}} = \frac{\sum \alpha_{ij}}{|\Gamma(v_i)|}$, где $\Gamma(v_i)$ – множество вершин, достижимых из v_i за один шаг.

2. Общее количество пар индивидов с высоким когнитивным потенциалом: $u_{l_m} = \left\{ \mu_E(v_i, v_j) \mid \mu_E(v_i, v_j) \geq \lambda^\alpha \right\}$, где λ^α – принятый минимально допустимый уровень прочности маршрута в когнитивных единицах.

3. Общее количество пар вершин с высокой интенсивностью общения: $q = \left\{ \beta_E(v_i, v_j) \mid \beta_E(v_i, v_j) \geq \lambda^\beta \right\}$, где λ^β – принятый минимально допустимый уровень интенсивности общения двух индивидов.

4. Покрытие и относительное покрытие сети контактами с высоким когнитивным потенциалом $u'_{l_m} = \left\{ e_{ij} \mid \mu_E(v_i, v_j) \geq \lambda^\alpha \right\}$ и $u_{l_m}^* = \frac{|u'_{l_m}|}{|u_{l_m}|}$.

5. Покрытие сети контактами с высокой интенсивностью общения и когнитивным потенциалом: $q' = \left\{ e_{ij} \mid \beta_E(v_i, v_j) \geq \lambda^\beta, \mu_E(v_i, v_j) \geq \lambda^\alpha \right\}$.

6. Средняя прочность маршрута в когнитивных $\bar{w}_{l_m}^\alpha = \frac{\sum_{i,j=1}^n d_{ij}^\alpha}{n^2}$ и временных

единицах: $\bar{w}_{l_m}^\beta = \frac{\sum_{i,j=1}^n d_{ij}^\beta}{n^2}$.

7. Средняя численность групп по интересам $\bar{V} = \frac{|V_p|}{p}$.

8. Относительное покрытие сети «работающими» контактами: $q^* = \frac{|q'|}{|E|}$.

Значения некоторых показателей, рассчитанных для фрагмента сети, на которой проводилась апробация модели, приведены в табл.2.

Таблица 2

Характеристики процесса распространения знаний

Показатель	Значение	
	До реорганизации	После реорганизации
Средняя прочность маршрута (когнитивные единицы)	0,23	0,5
Средняя прочность маршрута (временные единицы)	0,32	0,75
Относительное покрытие сети «работающими» контактами	0,11	0,5
Количество групп по интересам (показатель учитывает обе характеристики процесса распространения знаний)	3	1
Средняя численность групп по интересам	2,6	10

5. Выявлены и отражены в математических моделях динамические характеристики процесса распространения знаний в компаниях: увеличение объема знаний отдельного индивида и одновременно общее устаревание знаний. Полученные характеристики представлены функциональной зависимостью, отражающей актуальный уровень знаний в конкретный момент времени, что служит аналитическим обоснованием организации процессов распространения знаний.

Практика показывает и теория подтверждает, что знание эволюционирует во времени. Построение динамических моделей науки базируется на концепции экспоненциального роста, выявленную и многократно наблюдаемую эмпирически, обоснованную и всесторонне исследованную теоретически.

Каждый рост, и в первую очередь, экспоненциальный, несет в себе зачатки падения, скорость которого пропорционально скорости подъема. Так, знания, существующие в начальный момент времени t_0 , будут составлять лишь долю знаний, существующих в момент времени t_n : $X_0 = \frac{1}{(1+r)^n} X_n$.

Для непрерывного времени: $X_0 = e^{-\delta t} X(t)$, где $\delta = \ln(1+r)$ – интенсивность, а $e^{-\delta}$ – коэффициент устаревания знаний.

В современной практике управления знаниями установлена своеобразная единица устаревания – период полураспада знаний. По аналогии с физическим явлением полураспада радиоактивного вещества период полураспада знаний трактуется как время после завершения обучения, в течение которого специалисты теряют половину первоначальной компетенции или, для знания как такового, период, в течение которого знания некоторой области потеряют половину своей актуальности. Библиометрический анализ параметра полураспада знаний в отраслях прикладной науки выявил следующие особенности этого процесса: скорость старения информации достаточно низка для гуманитарных наук и весьма высока в технологичных отраслях (табл.3)

Таблица 3

Скорость устаревания знаний для различных отраслей

Отрасль науки	Период полураспада (лет)	Коэффициент устаревания знаний (%)
Ядерная физика	5	15%
Биология	10	7%
Гуманитарные науки	25	3%
Сфера ИКТ	4	19%

Эволюция знаний индивида представлена в диссертации уравнением логистической динамики $\frac{dx(t)}{dt} = x(t)(1 - x(t))$, общее решение которого имеет

$$\text{вид } x(t) = \frac{Ce^t}{1 + Ce^t} = \frac{C}{C + e^{-t}}, \quad \text{частное } -x(t) = \frac{x_0}{x_0 + e^{-t}(1 - x_0)}, \text{ где } x_0 \in (0, 1) -$$

начальный (минимальный) уровень знаний индивида, начиная с которого фиксируется сам факт обладания этим знанием. Геометрия логистической кривой, представленная на рис. 2, позволяет определить ключевые этапы накопления знаний индивидом.

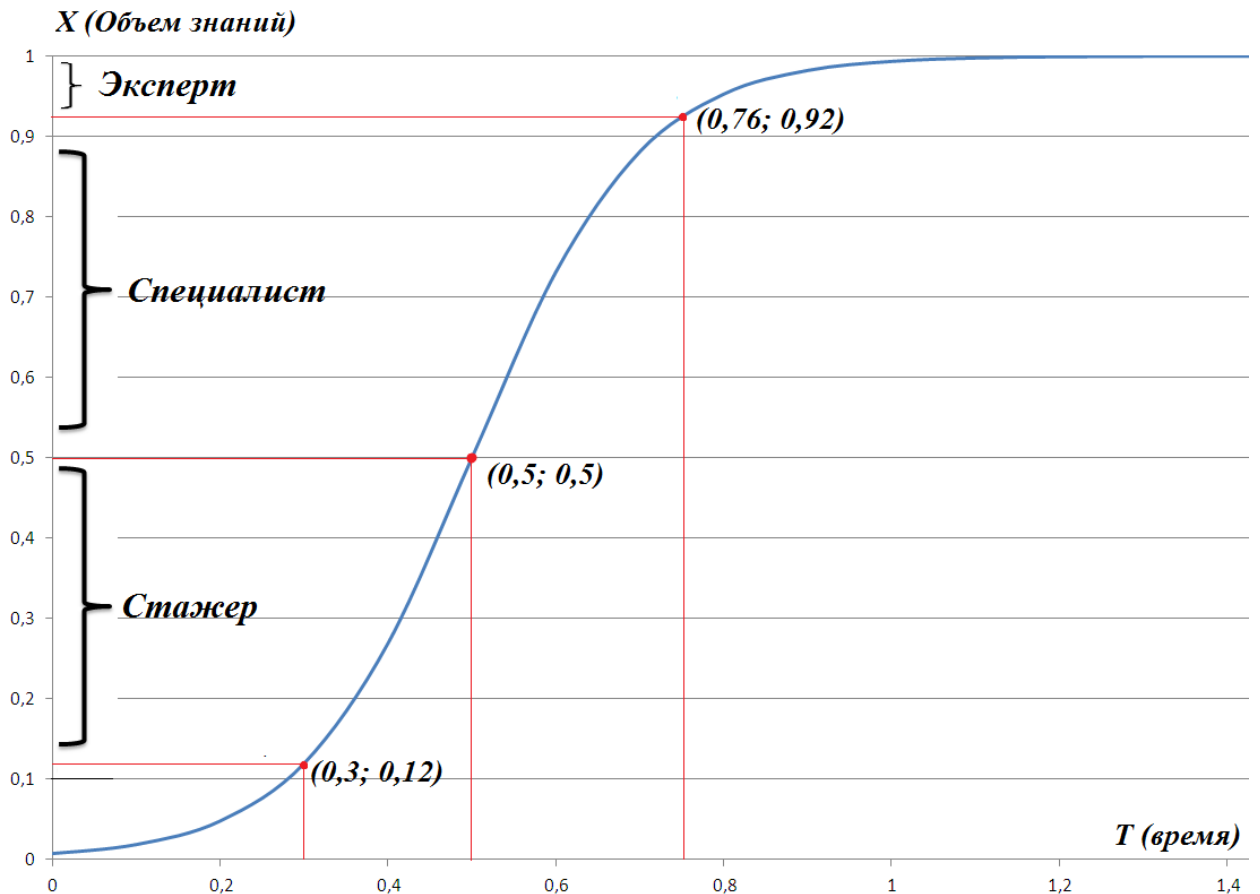


Рис. 2. График функции накопления знаний

Если же рассматривать распространение знаний в компании, то оно реализуется наложением двух процессов – усвоения знаний отдельным индивидуумом и устаревание знаний в целом. Уровень владения знанием отдельным индивидуумом с учетом актуальности знания определяется зависимостью $x(t) = \frac{x_0}{x_0 + e^{-t}(1-x_0)} e^{-\delta t}$.

Количественные оценки уровня знаний, в свою очередь, создают новые возможности для оптимизации процессов распространения знаний через совершенствование их графоаналитических моделей учетом дополнительных параметров. Они позволяют ввести фаззифицированные оценки не только ребер, но и вершин графа, что, в свою очередь, дает возможность определить понятие «порции знаний», передающихся за один временной интервал.

Тот факт, что знание может «созревать» у отдельного индивидуума, отражается включением в множество ребер графа петли в каждой вершине, причем эта связь считается полной и интенсивной. Модификация моделей позволит охватить различные постановки задачи оптимизации процессов распространения знаний – максимальный поток переданной информации, владение каждым сотрудником набором необходимых ему актуальных знаний и т.п.

Апробация разработанного инструментария на материалах компании ReturnonIntelligence, Inc. включает следующие действия и выводы.

- Была определена критичная область профессиональных знаний, для которой практически отсутствуют каналы распространения знаний.
- Определена и обоснована необходимость проведения регулярных образовательных мероприятий по всем анализируемым областям знаний, включая выявленную «критичную» область.
- Структура знаний индивидов предполагает возможность налаживания большого количества новых связей в сети, что опять же достигается за счет введения системы образовательных мероприятий.
- Выявлены наиболее активные с точки зрения распространения знаний сотрудники, которых следует стимулировать к получению новых знаний (отправлять на внешние тренинги и курсы повышения квалификации) для того, чтобы они «привносили» новое знание в систему.
- В существующие группы по интересам целесообразно добавить координаторов, которые бы могли организовать обмен знаниями между членами групп (к примеру, если есть необходимость получить опыт из соседней команды).
- Необходимо доработать существующую систему учета знаний и компетенций сотрудников – скорректировать существующий подход к понижению уровня владения компетенцией сотрудником в случае, если сотрудник не поддерживает знания в этой области с учетом обоснованного коэффициента устаревания знаний в области ИКТ (19% в год).

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Баканова С.А. Механизмы диффузии инноваций: особенности и методы моделирования // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2013. - № 6-1(209) – С. 144 – 149 (0.75 п.л. автора).
2. Баканова С.А. Графоаналитическая модель распространения знаний в организациях // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2015. - №1(211) – С. 189 – 196 (0.9 п.л. автора).
3. Bakanova S.A., Silkina G.Iu. Knowledge dissemination process in parametrized networks of enterprises // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. - №2 (216)– pp. 133 – 146 (0.6 п.л. автора).

В других изданиях:

4. Баканова С.А., Силкина Г.Ю. К вопросу о моделировании трансфера знаний и технологий / С.А. Баканова, Г.Ю. Силкина // XLI Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием. Ч. VII. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. - С. 263 – 265 (0.08 п.л. автора).
5. Баканова С.А., Силкина Г.Ю. Системный анализ инновационных

процессов как логическая основа математического моделирования / С.А. Баканова, Г. Ю. Силкина // Экономические реформы в России. Тенденции и перспективы: сб. науч. трудов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. - С. 27 – 33 (0.17 п.л. автора).

6. Баканова С.А. Современные инновации: жизненный цикл и механизмы диффузии // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире: материалы VII международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во «Стратегия будущего», 2014. – С. 99 – 104 (0.29 п.л. автора).

7. Баканова С.А. Графоаналитический подход к описанию процесса распространения знаний в организациях // Прорывные экономические реформы в условиях риска и неопределенности. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа: Изд-во «Аэтерна», 2014. – С. 9 – 11 (0.17 п.л. автора).

8. Баканова С.А. Предпосылки математического моделирования процессов распространения знаний в профессиональных сообществах // Интеграция мировых научных процессов как основа общественного прогресса: материалы Международной научно-практической конференции. – Казань, 2014. – С. 34 – 39 (0.35 п.л. автора).