

УДК 334:005.51:004.896

**КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ МЕТОДИКИ РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ РЫНКА ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ****Власова Ю.Е., Киреев В.С.***Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва,  
e-mail: yuliavlasovaa@gmail.com, v.kireev@inbox.ru*

Применение технологий IoT в России сопряжено с рядом особенностей и ограничений, связанных с экономической, технологической, законодательной, географической и культурной спецификами страны. Большинство из существующих методик планирования деятельности предприятия невозможно применить для оценки текущего состояния, формирования совокупности рекомендаций по развитию как отрасли в целом, так и отдельных ее компаний. Часть методов оперирует лишь устойчивыми количественными показателями, опирается на сформированные нормативы и требует достаточных исторических данных. Интернет вещей является одной из прорывных технологий XXI в. Рынок устройств Интернета вещей – сравнительно молодой в экономике нашего государства. Несмотря на возрастающие темпы роста показателей отрасли, отсутствует четкое понимание ее будущего развития. Данная статья посвящена применению метода когнитивного моделирования к оценке текущей деятельности компании, проведению сценарного анализа и построению методики планирования дальнейшего развития предприятия. Используемая в исследовании методика опирается на проведенный ранее авторами обзор вторичных источников по данной тематике. В результате работы был сформирован список влияющих концептов, определены связи между ними и построена сама когнитивная модель компании. В рамках проведения экспериментов с моделью определены драйверы и барьеры развития, сильные и слабые стороны компании, рассмотрены различные сценарии развития.

**Ключевые слова:** Интернет вещей, когнитивное моделирование, управляющие концепты, сценарный анализ, методика планирования

**COGNITIVE MODELING AS A WAY OF FORMING THE STRATEGY OF COMPANY'S DEVELOPMENT ON THE IOT MARKET****Vlasova Yu.E., Kireev V.S.***National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow,  
e-mail: yuliavlasovaa@gmail.com, v.kireev@inbox.ru*

Using of IoT technologies in Russia is connected with a number of features and limitations associated with the economic, technological, legislative, geographical and cultural specifics of the country. Most of the methods of planning business activities cannot be applied to assess the current state, to form a set of recommendations for the development of both the industry as a whole and its individual companies. Some of the methods operate only with stable quantitative indicators, based on established standards and require sufficient historical data. The Internet of Things is one of the breakthrough technologies of the 21st century. The market of IoT devices is growing in the economy of Russia. Despite the growth rates of industry, there is no clear understanding of its future development. This article focuses on the application of the cognitive modeling method to the assessment of the current activities of a company, scenario analysis and building a methodology for planning the future expansion of the company. The methodology is based on a review of sources on this topic conducted by the authors earlier. The result of the work are formed list of influential concepts, identified the relationships between factors and built cognitive model of the company. In the experiments, we conducted drivers and barriers, strengths and weaknesses of the company, considered various development scenarios.

**Keywords:** Internet of things, cognitive modeling, control concepts, scenario analysis, planning methodology

Процесс формирования методики планирования деятельности предприятия предполагает учет влияния качественных факторов, различных по своей природе. Поэтому ставится задача формирования сценариев развития слабоструктурированной, малоизученной системы, на основе которых компания сможет принимать решения, исходя из выбранного направления развития. Необходимы экспертные знания об актуальном состоянии компании и отрасли в целом, потому что от того, как будут формироваться и определяться приоритеты в рамках методики планирования деятельности компании, будут зависеть будущие значения ключевых индикаторов развития. Формализовать сла-

боструктурированные сценарии развития компании Интернета вещей на основе экспертных знаний позволяют когнитивные карты. Когнитивная карта представляет собой граф, в узлах которого находятся факторы, оказывающие влияние на развитие рассматриваемой системы или ситуации, а дугами отражаются взаимосвязи факторов. В настоящее время технологии когнитивного моделирования активно развиваются и применяются в экономике, психологии, биологии, филологии и других науках [1].

Формирование когнитивной модели изучаемой предметной области – это выявление будущих целевых и нежелательных состояний объекта управления и ключевых

показателей воздействия внешней среды, влияющих на переход объекта в эти состояния, а также установление на качественном уровне причинно-следственных связей между ними, с учетом взаимовлияния факторов друг на друга.

Цель исследования: разработка когнитивной модели компании, производящей устройства для умного дома, и оценка тенденций ее развития на основе сценарного прогнозирования.

#### Описание исследования

Объектом исследования является компания Rubetek – разработчик и производитель системы «умный дом», первооткрыватель данного направления в России. Компания является одним из лидеров среди производителей устройств для умного дома и предлагает свою продукцию как в России, так и в странах СНГ.

Для построения когнитивной карты предприятия необходимо выделить факторы, влияющие на ключевые индикаторы эффективной деятельности компании. В качестве таких были выбраны «Прибыль от продаж» и «Доля на рынке» — центральные концепты, на которые необходимо ориентироваться при определении направления дальнейших действий и построении методики планирования деятельности компании [2].

На основе анализа российских и зарубежных источников литературы, анализа информационных порталов и других источников вторичных данных, проведения SWOT и PEST анализов были выделены следующие группы управляющих концептов:

- Экономические;
- Конкурентные;
- Технологические;
- Внедренческие;
- Маркетинговые;
- Информационная безопасность;

Помимо деления факторов на категории по принципу выше, их можно условно разделить на внешние – те, на которые компания не может повлиять, они оказывают влияние на уровне всей отрасли, а не одной фирмы, и внутренние – позитивные и негативные аспекты деятельности компании, их преимущества и недостатки.

Сформированный в результате предварительного анализа состав факторов и определенные связи между ними были предложены для оценки и редактирования пяти экспертам, используя метод Делфи с применением анкеты Google Forms, разработанной когнитивной модели и матрицы связи между концептами. Анкета условно разделена на следующие блоки (таблица).

Опросив экспертов, получили обновленный массив факторов и связей между ними (направление и значение) и оценку текущего уровня развития каждого из них. Данные экспертов были агрегированы. Для формирования единого уровня на основе мнений экспертов было использовано среднегеометрическое, вычисляемое по формуле

$$a_{ij}^A = \sqrt[n]{a_{ij}^1 a_{ij}^2 \dots a_{ij}^n}, \quad (1)$$

где  $a_{ij}^A$  – агрегированная оценка элемента, принадлежащего;

$n$  – число экспертов.

Также были посчитаны стандартные отклонения от среднего для значений каждого фактора с применением следующей формулы:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2)$$

где  $S$  – стандартное отклонение,  $x_i$  –  $i$ -й элемент выборки,  $n$  – объем выборки,  $\bar{x}$  – среднее арифметическое выборки.

Была проведена проверка оценок на согласованность. Для это был рассчитан коэффициент вариации.

$$K_v = \frac{S}{M}, \quad (3)$$

где  $K_v$  – коэффициент вариации,  $S$  – стандартное отклонение,  $M$  – математическое ожидание/среднее арифметическое выборки [3].

Среднее стандартное отклонение равняется 0,08, коэффициент вариации оценок экспертов – 13,8%. Учитывая шкалу оценок от 0,1 до 0,9, можно сделать вывод о согласованности полученных оценок, не было явных выбросов и полярных оценок по какому-либо фактору.

#### Алгоритм опроса экспертов

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| Инструкция, краткое описание исследования, его цель и ключевые задачи | Определение наличия влияния и его степени каждого фактора на другие в рамках разработанной когнитивной карты (от -1 до 1) | Количественная оценка (в виде нечетких чисел) текущего уровня развития концептов – от 0,1 до 0,9 | Блок открытой информации: указание «лишних» факторов, добавление недостающих концептов (+ объяснение причин необходимости внесения данного концепта в модель и его уровень на данный момент) |
|---|---|--|--|

Эксперименты над моделью проводились с помощью программ MentalModeler и FCMapper. MentalModeler. Оцениваемая модель с учетом оценок экспертов была протестирована на стабильность. Различные когнитивные модели с каждой новой итерацией могут или урегулировать значения показателей, включенных в модель концептов на одном уровне, или обеспечить чередование низкого и высокого уровня значений. Правильная и близкая к объективной ситуации модель должна быть стабильной. Это обеспечивается равенством положительных и отрицательных связей, а также наличием обратных связей, в результате чего с каждой новой итерацией производится цикл влияний факторами модели. Разрабатываемая модель прошла проверку на стабильность, что показано на линейном графике изменения значений модели. Через 5 итераций факторы стабилизировались с учетом 3 цифр после запятой, через десять – до 5 знаков после запятой, а через 15 итераций – с учетом 10 цифр после запятой [4, 5].

В результате получаем, что представления экспертов о ключевых факторах успеха занижены. С учетом степени развития других концептов по экспертным оценкам, индикаторы развития деятельности компании имеют большее значение (рис. 1).

Изменение значений факторов во времени задается формулой

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \sum_{j \in I_i} a_{ij} x_j(t) - x_j(t-1) + g_j(t),$$

$$i = 1 \dots N, \quad (4)$$

где  $x_j(t)$  и  $x_j(t-1)$  значения  $i$ -го фактора в момент времени  $t+1$  и  $t$  соответственно,  $\Delta x_j(t) = x_j(t) - x_j(t-1)$  – приращение (импульс) фактора  $x_j$ ,  $a_{ij}$  – вес взаимовлияния между факторами  $x_i$  и  $x_j$ ,  $I_i$  – индексы прямо влияющих факторов на фактор  $x_i$ ,  $g_j(t)$  – внешнее воздействие (например, управление).

Итоговая когнитивная карта представлена на рис. 2. Рыжие концепты – целевые индикаторы деятельности компании, розовые – факторы негативного воздействия на деятельность компании, зеленые – сильные

стороны предприятия, желтые – концепты, на которые нельзя оказать влияния – факторы внешней среды. Отдельно выделяются конкуренты.

Для понимания силы влияния каждого фактора на критерии были проведены отдельные эксперименты с каждым фактором. Данные эксперименты можно проводить двумя разными способами. В рамках первого все факторы закрепляются на определенном уровне, тогда как все целевые показатели свободны и изменяются в процессе осуществления итераций моделирования. Данный способ не показывает, как фактор может в целом влиять на целевые показатели, потому что тут не учитывается влияние через связи концептов между собой, так как все другие факторы закреплены, и невозможно учесть подопные связи и изменения. Для выяснения того, как определенный фактор влияет на целевые показатели, было проведено сравнение ситуаций, когда данный фактор находится на уровне 0,1 с ситуацией, когда он находится на уровне 0,9. Данный метод позволяет оценить развитие компании в краткосрочной перспективе [6, с. 88–94].

Другим способом является закрепление только изучаемого концепта в конкретном эксперименте. Эти итерации помогут разобраться, как фактор может влиять на целевые показатели в долгосрочной перспективе с учетом прямых и обратных связей. Исследуемый фактор фиксируется в одном случае на уровне 0,1, в другом случае – 0,9, а другие факторы – свободны и меняются в процессе осуществления итераций. Если сравнить суммы изменения целевых показателей по каждому фактору, полученные двумя различными способами, то в большинстве случаев вариативность в рамках второго случая больше, однако воздействие некоторых концептов нивелируется влиянием других (фиксацией их на определенном, отличном от 0 уровне), соответственно, и сумма изменений ниже. Степень влияния некоторых негативных факторов снижается за счет положительного влияния других концептов.

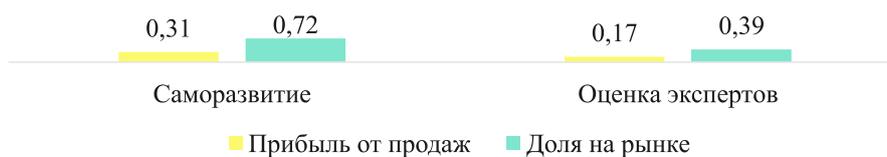


Рис. 1. Уровень развития ключевых факторов деятельности предприятия в сравнении сценариев «Саморазвитие» и «Оценка экспертов»

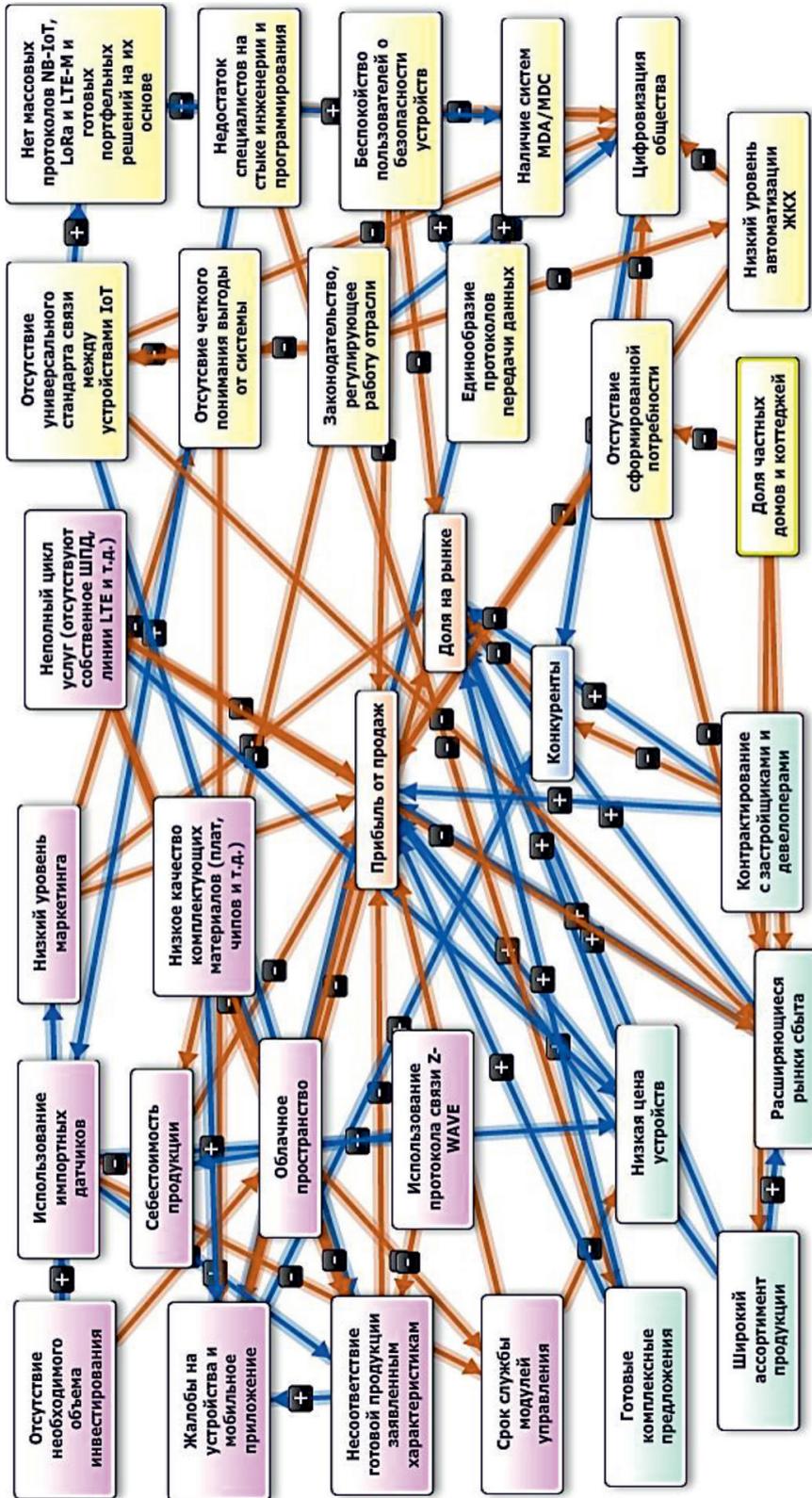


Рис. 2. Когнитивная модель предприятия RUBETEK

Если рассматривать суммы изменения ключевых индикаторов при минимальном и максимальном уровне развития индикаторов деятельности компании и отрасли (рис. 3) по таблице второго способа, то видно, что самыми влиятельными факторами являются «Расширяющиеся рынки сбыта» (0,4), «Широкий ассортимент продукции» (0,39), «Низкая цена устройств» (0,36), «Низкий уровень маркетинга и рекламы» (-0,34), и «Беспокойство пользователей о безопасности устройств» (0,28) и «Несоответствие готовой продукции заявленным требованиям».

Был проведен анализ сценариев «Саморазвитие», когда значения факторов соответствуют текущему состоянию развития, и «Максимальные целевые индикаторы» – идеальный вариант развития, когда целевые факторы «Прибыль от продаж» и «Доля на рынке» достигают максимального значения – 1. Данный метод оценки позволяет выявить возможные зоны роста и проблемы рынка – то, над чем в первую очередь необходимо работать (рис. 4).

Рисунок свидетельствует, что для достижения желаемого уровня развития необходимо поработать с целым рядом показателей. Компания должна позаботиться о конфигурации и качестве предлагаемых услуг, различными пакетами производимых продуктов. У российского населения не сформировалось четкого понимания выгод от систем и сформированной потребности, поэтому они воспринимают подобный продукт как развлечение, не видят в нем реальную выгоду и эффекта от использования. Поэтому в рамках сложившейся ситуации потребители хотят видеть ниже цену, тогда они будут готовы попробовать «новомодные игрушки». Оформление партнёрских отношений с застройщиками позволит повысить значения индикаторов деятельности компании.

Данное сравнение позволило выявить драйверы внешней среды: разработка единого регламентирующего законодательства – нет официального документа в России, закрепляющего само понятие Интернет вещей, закрепление базы легальных безопасных протоколов, рост уровня автоматизации ЖКХ и частного сектора. Как следствие, развитие внешней среды и популяризация Интернета вещей в целом и умного дома в частности приведет к росту компаний, занимающихся подобной деятельностью. Необходимо разрабатывать собственные комплектующие материалы и избавляться от импортозависимости. Повышение

уровня цифровизации является приоритетным направлением Указа Президента РФ «О Стратегии государственной национальной политики» на период до 2025 г. Отрасль является одной из приоритетных для страны в ближайшее время. Развитие отрасли и формирование понимания у потребителей выгод от устройств умного дома создаст осознанную потребность, что положительно скажется на ключевых показателях. Так как спрос рождает предложение, то прогресс в отрасли безусловно скажется и на числе компаний, предоставляющих услуги Умного дома, и на цене и себестоимости устройств [7, с. 141–150].

В процессе изучения разработанной модели были также сформированы и поставлены в сравнение позитивный и негативный сценарии (рис. 5). За позитивный сценарий был принят сценарий, в котором все факторы кроме целевых, оказывающие позитивное влияние на целевые показатели, обладали значением 0,9, оказывающие негативное влияние – значением 0,1. Уровни значений целевых показателей были рассчитаны для сценария «Саморазвитие» в рамках предыдущей итерации, который является нейтральным сценарием.

Полученные нечеткие значения были преобразованы к числовым значениям путем проведения этапа дефазификации, используя метод центра тяжести для одноточечных множеств:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \quad (5)$$

где  $C_i$  – четкие значения заключений (действительные числа),

$A_i$  – степени истинности для предпосылок или условий каждого из правил.

Итоговые значения рассматриваемых четырех сценариев выглядят следующим образом (рис. 6).

На рис. 6 видно, что в позитивном сценарии целевые показатели намного выше, чем в нейтральном (сценарии «Саморазвитие»), а в негативном сценарии – ниже. Это говорит о правильном функционировании модели в целом, а также показывает, что для достижения высоких показателей по ключевым индикаторам деятельности необходимо грамотно выстроить работу компании, сфокусироваться на сильных сторонах, минимизировав негативное влияние внешней среды и постоянно работая над совершенствованием стратегии развития компании [8, с. 122–124].

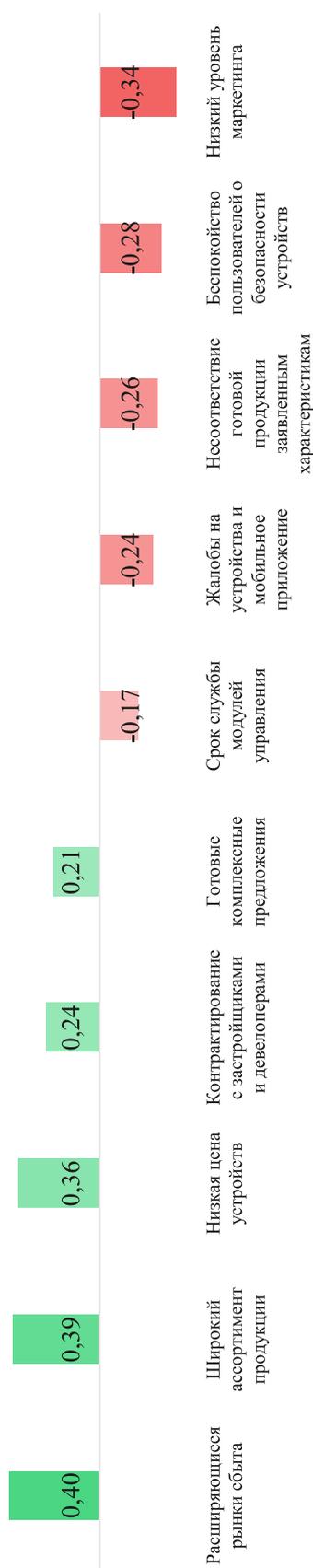


Рис. 3. Факторы максимального воздействия на индикаторы деятельности компании

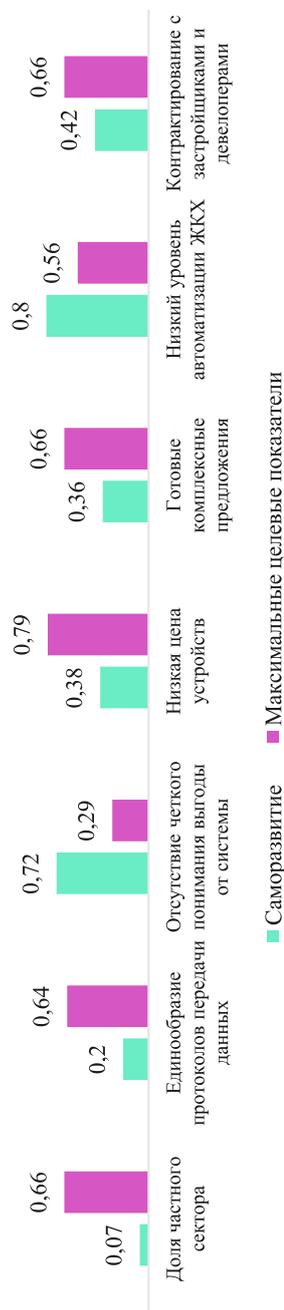


Рис. 4. Сравнение сценариев «Саморазвитие» и «Максимальные целевые показатели»

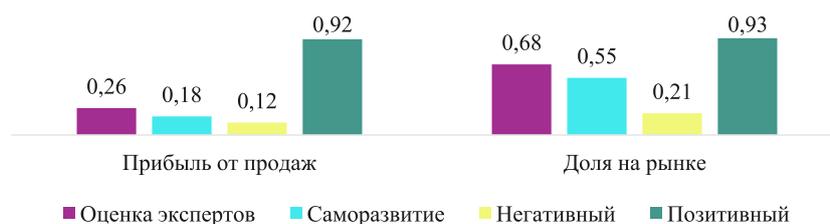


Рис. 5. Значения целевых показателей при различных сценариях развития рынка: Саморазвитие/Оценка экспертов/Негативный/Позитивный

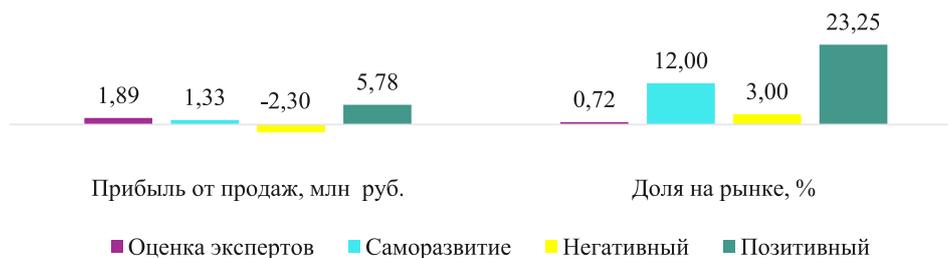


Рис. 6. Дефаззификации значений целевых показателей при различных сценариях развития рынка

Кроме этого был проведен анализ влияния факторов внешней среды на целевые показатели с помощью негативного (все позитивные факторы внешней среды равнялись 0,1, негативные равнялись 0,9), позитивного (наоборот) и нейтрального сценариев. Были выяснено, что показателями внешней среды, в большей степени влияющими на ключевые показатели, являются «Доля частного сектора (индивидуального строительства)», «Единообразии протоколов передачи данных», «Отсутствие четкого понимания выгоды от системы». Эти факторы вполне логичны, консервативный взгляд на устройства умного дома не позволяет развиваться отрасли и компании в полной мере, необходимо изменить сознание потребителей, показать выгоду от внедрения технологий IoT. Большую выгоду получают жители частного сектора, площадь помещений больше – чувствуется экономия бюджета благодаря рациональному потреблению энергии, воды и т.д. Формирование единых стандартов позволит унифицировать весь процесс создания и реализации устройств умного дома, повысит уровень доверия к компании и к безопасности систем умного дома.

### Заключение

Сформированная когнитивная карта предприятия рынка IoT-технологий на основе метода экспертных оценок и последующий ее анализ позволил выявить ключевые факторы развития компания, слабые стороны, на которые необходимо обратить внимание. Рассмотрены возможные сценарии развития компании, используя которые

можно повысить качество принимаемых решений топ-менеджментом компании при разработке стратегии ее развития. Так же данная карта может быть использована при проведении сценарного анализа отраслевыми экспертами. Для повышения точности прогнозов, получаемых с помощью данной карты, в дальнейшем предполагается добавление новых факторов и использование более детализированных лингвистических шкал.

### Список литературы

1. Перспективы развития «Интернета вещей» в России. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.pwc.ru/communications/assets/the-internet-of-things/PwC\\_Internet-of-Things\\_Rus.pdf](https://www.pwc.ru/communications/assets/the-internet-of-things/PwC_Internet-of-Things_Rus.pdf) (дата обращения: 25.04.2019).
2. «Интернет-вещей» (IoT) в России: технология будущего, доступная уже сейчас. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.pwc.ru/publications/iot/IoT-inRussia-research\\_rus.pdf](https://www.pwc.ru/publications/iot/IoT-inRussia-research_rus.pdf) (дата обращения: 25.04.2019).
3. Власова Ю.Е., Киреев В.С. Обзор российского рынка IoT-технологий // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 8. С. 48–53.
4. Попов А.А. Модель единого информационного пространства как компонента системы управления жилищно-коммунальным хозяйством при использовании устройств интернета вещей // Вестник НГУЭУ. 2018. № 1. С. 197–216.
5. Киреев В.С. Применение нечетких когнитивных карт для моделирования поведения пользователей системы дистанционного обучения // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных: XVIII международная конференция. Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук. М., 2016. С. 119–123.
6. Авдеева З.К., Ковригина С.В. Формирование стратегии развития социально-экономических объектов на основе когнитивных карт. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. 184 с.
7. Гусева А.И., Тихомирова А.Н. Дискретная математика для информатиков и экономистов: учеб. пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 280 с.
8. Волкова С., Гисин В.Б. Нечеткие множества и мягкие вычисления в экономике и финансах: учеб. пособие. М.: КноРус, 2018. 156 с.