

Вестник ЦЭМИ 2013-2023

ISSN 2079-8784

URL - <http://ras.jes.su>

Все права защищены

Выпуск 2 Том . 2019

Применение методов имитационного моделирования для описания деятельности инновационно ориентированных малых фирм, производящих знания

Егорова Наталья Евгеньевна

Главный научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН

Москва, Нахимовский проспект, 47

Аннотация

В статье излагаются методы имитационного моделирования деятельности специфических объектов малого бизнеса, функционирующих в ИКТ-секторе и осуществляющих производство знаний в этой сфере. Приведены соотношения базовой имитационной модели малого предприятия SE и эмпирической производственной функции знаний (KFP), полученной методами регрессионного анализа. На основе синтеза модели SE и KFP получена модификация имитационной модели малого инновационно ориентированного предприятия, производящего знания. Приведены результаты расчетов для конкретной малой фирмы.

Ключевые слова: имитационное моделирование, производственная функция знаний, инновационно ориентированные малые предприятия, малый бизнес

Дата публикации: 06.11.2019

Ссылка для цитирования:

Егорова Н. Е. Применение методов имитационного моделирования для описания деятельности инновационно ориентированных малых фирм, производящих знания // Вестник ЦЭМИ – 2019. – Выпуск 2 [Электронный ресурс]. URL:

1 Инновационно ориентированные предприятия выполняют важные функции по реализации курса российской экономики на инновационное развитие. Их роль состоит в производстве и распространении новых знаний и создании тем самым основ будущего информационного общества (общества знаний).

2 Термины информационное общество и экономика знаний были введены в научный оборот Фрицем Махлупом (1962 г.). Широко применяемые в настоящее время понятия «информационное общество», общество знаний», «экономика знаний» близки друг другу и используются для определения особого типа экономики, в которой знания и информация играют решающую роль, а их производство является источником ее роста [1].

3 Тенденции современного развития делают очевидным тот факт, что те инструменты, которые применялись ранее для оценки деятельности фирм, становятся малопригодными в современных условиях, поскольку они не учитывают не только роли знаний как источника их роста и развития, но и того обстоятельства, что все большее число предприятий сами становятся производителями знаний. То есть производственная функция таких экономических объектов должна отражать выпуск не только материальных, но и нематериальных благ (знаний, goodwill и т.д.).

4 Начиная с середины XX века в рамках исследования производственной функции знаний (knowledge production function, KPF) ученые-экономисты пытаются найти ответы на следующие основные вопросы: как именно предприятия могут создавать или приобретать новые знания; каким образом эти новые знания влияют на производительность и эффективность их работы; какими экономическими индикаторами следует измерять количество созданного (или приобретенного) знания; зависит ли состав этих индикаторов от специфики производимого знания и др.

5 В числе первых исследователей, получивших достаточно убедительные ответы на эти вопросы, были Грилихес и Пейкс (1979-1984), а затем Крепон (1998 г.), которые изучали крупные инновационные предприятия [2, 3].

6 В результате цикла исследований, произведенных ими на материале обрабатывающих фирм США (Чикаго) в 70-х годах прошлого века, были установлены следующие факты [2]:

1. патенты являются достаточно хорошим объясняющим индикатором для KPF; коэффициент корреляции между затратами на инновационные исследования (по зарубежной терминологии - research and development, R&D) и числом патентов для рассматриваемых выборок составлял 0,9;
2. наилучшая форма связи между объясняющими индикаторами и KPF – логарифмическая;
3. рекомендуемый лаг между затратами R&D и производством знаний (для сложившихся и зрелых производств) составляет 4-5 лет;
4. более точный учет значимости патентов в создании знания и неравноценности их качества достигается взвешиванием числа патентов по

индексу их цитируемости (используемости).

7 Предложенная ими эмпирическая модель производственной функции знаний в самом общем виде имеет следующий вид:

$$8 \quad KPF = \bar{\xi}_1 \cdot f_1(R) + \bar{\xi}_2 \cdot f_2(\bar{x}) + \varepsilon, (1)$$

9 где KPF – эмпирическая функция знаний, измеряемая паллиативным индикатором (чаще всего – числом патентов); $f_1(R)$ – функция произведенного знания в зависимости от вектора объясняющих переменных, характеризующих затраты R&D; $f_2(\bar{x})$ – производственная функция от материальных факторов производства, характеризуемых вектором \bar{x} ; $\bar{\xi}_1$ и $\bar{\xi}_2$ – статистические параметры; ε – ошибка моделирования.

10 Соотношение (1) интерпретируется следующим образом. Прирост знания обеспечивается не только за счет инновационной деятельности, стимулируемой затратами R&D, но и за счет знаний, индуцируемым самим процессом производства [2].

11 В последующих исследованиях подход Грилихеса–Пейкса развивался путем более детального рассмотрения инновационных процессов – в исследованиях Б. Крепона (1989 г.) [3], П. Ромера (1986 г.) [4] и др., а также в работах российских авторов К.К. Козлова (2004 г.) [5], О.С. Мариева (2003 г.) [6] и др.. В дальнейшем появились публикации обзорно-аналитического плана, выявляющие перспективные тренды в исследованиях производственных функций знаний [7, 8].

12 При этом вопрос о построении функции знаний для малых инновационно ориентированных предприятий в значительной степени выпал из поля зрения исследователей. Однако в рыночной экономике именно малые инновационно ориентированные предприятия чаще всего берут на себя высокие риски научных и научно-технических решений, реализуют венчурные проекты, занимают значительное место в национальных инновационных системах многих стран и создают наиболее обширные массивы новых знаний.

13 Особую роль среди малых инновационных предприятий играют малые фирмы, функционирующие в ИКТ-секторе, находящиеся на передовой линии развития IT-технологий и оказывающие консультационные услуги по внедрению этих технологий в бизнес, масс-медиа и в деятельность социальных структур. Такие малые фирмы непосредственно участвуют в создании цифровой экономики и информационного общества. Исследование подобных фирм представляет особый интерес еще и потому, что они, являются производителями знаний «в чистом» их виде, без материальной составляющей (либо эта составляющая несущественна). Соответственно, и функция знаний для них отражает процесс создания знания как таковой, без влияния вещественной компоненты.

14 Идентификация KPF для малых инновационно ориентированных предприятий является существенным продвижением в развитии экономико-математического инструментария, ориентированного на исследование этих экономических объектов. В частности, при известном математическом виде KPF появляется возможность разработки модели малого предприятия, производящего

знания, путем корректной модификации ранее полученной имитационной модели малого предприятия SE (Small Enterprise) [9, 10].

15 Имитационная динамическая модель SE представляет собой следующую систему рекуррентных соотношений:

$$\left. \begin{aligned}
 P_t &= \min \left\{ \frac{A_t}{a}; \frac{B_t}{b}; \frac{T_t}{\theta}; V_t \right\}, \\
 C_t &= (a + b + \theta + s) * P_t, \\
 M^o_t &= \min(q * P_t, Q_t) - C_t, \\
 M^p_t &= M^o_t(1 - N), \\
 \Delta A_t &= \xi_1 M^p_t, \\
 \Delta B_t &= \xi_2 M^p_t, \\
 \Delta T_t &= \xi_3 M^p_t, \\
 \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 &\leq 1, \\
 A_{t+1} &= A_t + \Delta A_t, \\
 B_{t+1} &= B_t + \Delta B_t, \\
 T_{t+1} &= \begin{cases} T_t + \Delta T_t, & \text{при } T_{t+1} < Z * n \\ Z * n, & \text{при } T_{t+1} \geq Z * n \end{cases}
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

17 где : t – период, $t \in [0, T]$, T – период планирования; P_t – выпуск продукции в натуральном выражении; V_t институциональное ограничение на объем выпуска продукции; A_t , B_t , T_t – производственные факторы (капитал, материалы, труд) в стоимостном выражении; a , b , θ – нормы затрат на единицу выпуска P (в руб. на единицу произведенной продукции); n – параметр, определяющий институциональное ограничение на привлекаемые трудовые ресурсы; Z – средняя заработная плата одного работника; C_t – себестоимость в стоимостном выражении; s – прочие затраты в стоимостном выражении, которые в целях упрощения здесь считаются пропорциональными выпуску; M^o_t и M^p_t – общая и расчетная прибыль в стоимостном выражении соответственно; q – цена единицы выпуска продукции; Q_t – спрос на продукцию в стоимостном выражении; N – интегральная ставка налога на прибыль (в %); $\xi_1, \xi_2, \xi_3 \geq 0$ – доли чистой прибыли, направляемой на увеличение стоимости соответствующих производственных факторов, в том числе на прирост: стоимости основных производственных фондов (ξ_1); сырья и материалов (ξ_2); фонда заработной платы (ξ_3). При этом $0 \leq \xi_1, \xi_2, \xi_3 \leq 1$; $\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 \leq 1$; в случае $\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 < 1$ в модели предусматриваются отчисления в резервный фонд; при $\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 1$ вся чистая прибыль расходуется на прирост производственных факторов. Последнее соотношение модели SE отражает институциональное ограничение, действующее для малых предприятий в сфере трудовых ресурсов. В соответствии с ним малая фирма (оставаясь в категории малых предприятий) не может привлекать работников больше нормативно заданного числа. В модели это условие учтено как ограничение на фонд оплаты труда и возможность увеличения переменной ΔT .

18 Расчет по модели SE представляет собой цепочку последовательных вычислений по каждому уравнению; в которой A_{t+1} , B_{t+1} , T_{t+1} – новые значения производственных факторов следующего временного периода, а P_{t+1} и M^p_{t+1} – выходные показатели, определяющие динамику развития МП и используемые для анализа устойчивости его деятельности.

19 Рассмотренная выше базовая модель SE является основой для различных модификаций путем адаптации ее как к конкретным задачам стратегического

планирования, так и к специфике производственно-хозяйственных условий функционирования малой фирмы [10].

²⁰ Одним из способов модификации модели SE является выбор производственной функции, которая бы наилучшим образом учитывала специфику работы малого предприятия (материальное производство, торговля, инновации, производство знаний и т.д.).

²¹ Так, в зависимости от характера производства для промышленных малых фирм может применяться производственная функция, основанная либо на взаимодополняемости используемых производственных факторов (функция Р. Стоуна, которая включена в систему соотношений (2), или ее упрощенный вариант – функция В. Леонтьева), либо на их взаимозаменяемости (функция Кобба-Дугласа). В том случае, если малая фирма осуществляет коммерческую деятельность, ее производственная функция определяется разницей между стоимостью купли и продажи товара. Для случая сочетания производственной и коммерческой деятельности (что часто встречается в секторе малого предпринимательства) используется гибридная производственная функция. Соответственно, для инновационно ориентированной фирмы должна применяться производственная функция КРФ.

²² В работе для идентификации КРФ, отражающей деятельность малого инновационно ориентированного предприятия, выбрана типовая малая фирма – ООО «Термика», функционирующая в секторе производства IT-технологий и оказания услуг по их продвижению в бизнес и систему специального послевузовского образования (повышение квалификации кадров).

²³ В отличие от объектов, изучавшихся Грихилесом и Пейксом (предприятий обрабатывающей промышленности) [2], данная малая фирма занята производством знаний в «чистом виде» (в смысле отсутствия прямой зависимости результатов ее деятельности от материально-вещественных факторов производства).

²⁴ При отсутствии материальных факторов производства (либо если ими можно пренебречь) эмпирическая производственная функция знаний (КРФ) в общем виде может быть представлена следующим соотношением:

$$\sup_{25} KPF_{se} = \xi \cdot f(R) + \varepsilon, (3)$$

²⁶ где KPF_{se} - эмпирическая функция знаний, измеряемая паллиативным индикатором; $f(R)$ - функция произведенного знания в зависимости от вектора объясняющих переменных; ξ - статистический параметр; ε - ошибка моделирования.

²⁷ Конкретный вид функции знаний для рассматриваемого малого предприятия («Термика») имеет вид:

$$\sup_{28} y = 0,4169x + 4,8209, (4)$$

²⁹ где y – число патентов и разработанных ППП; x – фонд оплаты сотрудников.

30 Полученная эмпирическая функция знаний оказалась более предпочтительной с сравнении с другими ее версиями, использующими иные - традиционные объясняющие переменные (основные фонды, стоимость программного обеспечения, инвестиции в развитие и т.д.), то есть те переменные, которые обычно входят в R&D.. Значения статистических критериев (t -статистика, F -статистика и др.) свидетельствуют о статистической надежности полученной зависимости (см. таблицу 1). Величина ошибки (измеряемой как среднеквадратичное отклонение) составляет 0,03, коэффициент корреляции между числом патентов и ППП (y) и фондом оплаты (x) составляет 0,9.

31 Таблица 1 Статистическая оценка функции знаний для малого предприятия «Термика»

| 32 Статистические критерии | Значения | Оценка надежности результатов |
|------------------------------|---------------|-------------------------------|
| Критерий Стьюдента (Т) | 3,709 > 3,182 | + |
| Критерий Фишера (F) | 13758 > 10,1 | + |
| Ошибка аппроксимации | 0,12 | + |
| Коэффициент детерминации (Q) | 0,821 | + |

33 Таким образом, в отличие от функции знаний Грилихеса-Пейкса, устанавливающей связь между числом патентов и величиной затрат на НИР, и разработанной для крупных предприятий [2], выявленная на основе регрессионных методов функция знаний для конкретной малой фирмы определяет статистическую связь между числом патентов и фондом оплаты труда сотрудников, занятых производством и консалтингом IT-технологий. Это позволяет сделать вывод о том, что для функционирования малой инновационно ориентированной фирмы, производящей знания, доминирующим фактором ее роста и успешной деятельности является человеческий капитал.

34 Коэффициент при объясняющем факторе (0,4) полученной КРФ свидетельствует о том, что прирост знаний предполагает значительный вклад трудовых усилий и требует достаточно интенсивной работы сотрудников.

35 Полученная модифицированная модель SE для малого инновационного предприятия, производящего знания, была использована для анализа и прогнозирования деятельности малой фирмы «Термика». Результаты расчетов, представленные в таблице 2 и на рисунке 1, свидетельствуют о достаточно хороших перспективах развития моделируемого малого предприятия. Динамика показателя объемов продаж достаточно устойчивая, а снижение величины прибыли и рентабельности в отдельные годы рассматриваемого временного интервала обусловлено необходимостью возврата кредита, взятого ранее на развитие деятельности этой фирмы. В целом эффективность работы фирмы остается достаточно высокой (рентабельность более 10 %), что позволяет ей успешно конкурировать на рынке IT-услуг.

36 Таблица 2 Динамика основных экономических индикаторов малой фирмы «Термика»

| 37 Годы Показатели | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|

| | | | | | |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Объем продаж, млн руб. | 40,351 | 48,604 | 45,849 | 44,114 | 45,259 |
| Чистая прибыль, млн руб. | 6,476 | 19,610 | 17,267 | 9,231 | 4,513 |
| Рентабельность продаж, % | 16 | 40 | 37 | 21 | 10 |

38 Рисунок 1. Динамика объемов производства и чистой прибыли малой фирмы «Термика»

39 **Выводы.** Опыт проведенных экспериментальных расчетов свидетельствует о том, что разработанная модификация модели SE для малой фирмы, производящей знания, может быть успешно использована для имитационного моделирования деятельности аналогичных объектов. При этом методика синтеза модели SE с KPF, полученной для конкретной малой фирмы, производящей знания, может быть применена при моделировании деятельности экономических субъектов рассматриваемого сегмента малого предпринимательства.

Примечания:

см.

Библиография:

1. Макаров В.Л. Экономика знаний: уроки для России // Вестник РАН, 2003, т. 73, № 5, с. 450
2. Griliches Z., Pakes A. Patents and R&D at the Firm Level: A First Look, in: R&D, Patens, and Productivity. Chicago: University of Chicago Press, 1984
3. Crepon D., Dudenet E., Mairiss J. Research investment, Innovation and productivity: an econometric analysis? // Economics of Innovation and new technology, 1998, №7
4. Romer P. Increasing returns and long run growth // Journal of Political Economy, 1986, v. 94
5. Козлов К.К., Соколов Ж.Г., Юрьева К.В. Инновационная активность российских фирм // Экономический журнал Высшей школы экономики, 2004, т. 8, № 3
6. Мариев О.С., Драпкин И.М., Шилков Д.Е., Бычкова П.А. Влияние эффектов прямого иностранного инвестирования на инновационную активность: результаты эмпирического исследования российских компаний / Вестник УрФУ, серия: Экономика и управление, 2013, № 3
7. Теплых Г.В. Производственная функция знаний; обзор эмпирических исследований // Экономическая наука современной России, 2016, № 1(72)
8. Алиев Д.Ф., Егорова Н.Е., Торжевский К.А. Производственная функция знаний в русле теории производственных функций // экономика и предпринимательство, 2017, № 2-2

9. Егорова Н.Е. Использование методов экономической кибернетики и имитационного моделирования для анализа развития предприятия // Экономика и предпринимательство, 2017, № 7(84)

10. Егорова Н.Е., Ахметшин А.Ф. Адаптация имитационной модели предприятия для анализа хозяйственной деятельности малых фирм // Политематический сетевой журнал КубГАУ, 2017, № 07(13). URL: <http://ej/Kubagro/ru/2017/071/92.pdf>

The use of simulation methods to describe the activities of innovation-oriented small firms producing knowledge

Natalia Egorova

Chief Researcher, CEMI RAS

Moscow, Nakhimovky prospect, 47

Abstract

The article describes the computer simulation methods of the activities of specific small businesses engaged in the ICT sector and producing knowledge in this area. The ratios of the basic computer simulation model of a small enterprise SE and the empirical production function of knowledge (KPF) obtained by methods of regression analysis are given. Based on the synthesis of the SE and KPF models, a modification of the computer simulation model of a small innovation-oriented enterprise producing knowledge has been obtained. The calculation results for a specific small firm are presented.

Keywords: имитационное моделирование, производственная функция знаний, инновационно ориентированные малые предприятия, малый бизнес

Publication date: 06.11.2019

Citation link:

Egorova N. The use of simulation methods to describe the activities of innovation-oriented small firms producing knowledge // Vestnik CEMI – 2019. – Issue 2 [Electronic resource]. URL: <https://cemi.jes.su/S265838870007403-6-1> (circulation date: 02.09.2023). DOI: 10.33276/S265838870007403-6