

## Применение модели Басса для выявления стратегий исследователей\*

© 2014 Малкова Алина Алексеевна

Центральный экономико-математический институт Российской академии наук  
117418, г. Москва, Новочеремушкинская ул., д. 47

E-mail: alina@malkova.net

Исследование посвящено анализу диффузионных характеристик объектов системы производства новых фундаментальных знаний. Для анализа диффузионных характеристик объектов применяется модель Басса, которая позволяет выделить адаптационные и имитационные диффузионные характеристики для изучаемых объектов. В качестве объектов системы производства новых знаний рассматриваются отрасли наук, а также производится бенчмаркинг систем производства новых знаний на региональном уровне.

*Ключевые слова:* научные отрасли, цитируемость, Web of Science, система производства новых знаний, диффузия новых знаний, модель Басса.

Данная работа посвящена анализу влияния стратегий поведения исследователей на диффузионные потоки фундаментальных знаний. Диффузионные потоки знаний рассматриваются с позиции публикационной активности исследователей системы. В качестве носителя новых фундаментальных знаний рассматривается научная статья. Она же содержит ссылки автора на другие статьи, содержание которых им использовалось при создании представленной работы. Количество данных ссылок считается мерой потока знаний, переданных автору от исследователей, создавших эти знания. Иными словами, научные статьи (точнее, их авторы) в данном исследовании выступают в качестве источников и реципиентов фундаментальных знаний. Диффузия знаний, т.е. количество переданных знаний от источника к реципиенту измеряется количеством ссылок последнего на публикации статей источника. Величина диффузионных потоков во многом определяется стратегией, принятой реципиентом (или группой реципиентов) при проведении исследовательских работ. Если акторы-реципиенты ставят целью своей работы значительное расширение существующей базы знаний путем подхватывания уже известных результатов ИиР и их пошагового, инкрементального усовершенствования, то потоки диффузии, обеспечивающие данный процесс, могут быть весьма значительны. Если действия акторов-реципиентов направлены на получение знаний, радикально изменяющих ситуацию в данной области науки, то потоки диффузии знаний, необходимые для получения данных результатов, не столь значительны, поскольку не существует или достаточно мало аналогов разрабатываемым результатам.

\* Исследование проведено при поддержке РГНФ. Грант № 12-32-01368 а2.

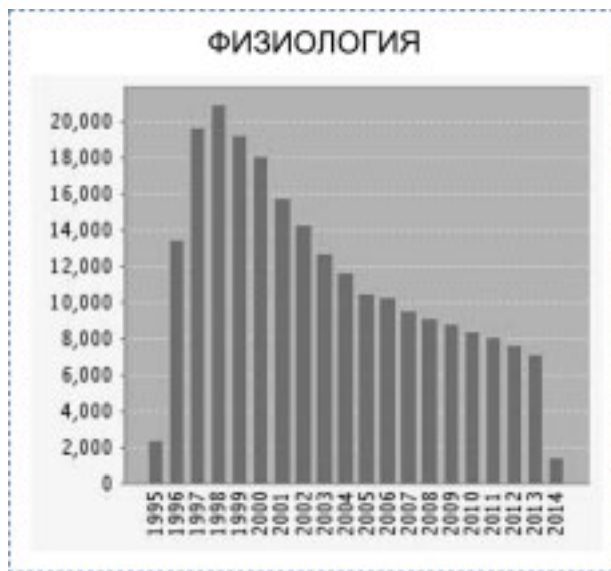
Реципиенты и источники знаний (акторы системы производства фундаментальных знаний) в данной работе объединены в укрупненные группы, сформированные по отраслям наук и мировым регионам. В качестве базы данных, определяющей продукты процесса производства знаний (публикации) и их диффузию, используется Web of Science.

При анализе процессов создания и диффузии знаний в отраслях наук выделяются в соответствии с методологией Web of Science пять укрупненных научных отраслей: наука о жизни и биомедицина, естественные науки, технические и прикладные науки, искусство и гуманитарные науки, социальные науки. Для анализа пространственного распределения процессов рассматриваются следующие мировые регионы: Северная Америка, Западная Европа (15 стран Европейского союза со стажем), Восточная Европа, Тихоокеанский регион, Юго-восточная Азия и Япония (далее будем ссылаться на данный регион как регион Юго-Восточной Азии). Специальное внимание уделяется анализу российской и китайской системам производства новых знаний, поэтому отдельно рассматриваются две страны - Россия и Китай. Чтобы выявить достоинства и недостатки стратегий акторов НИС этих стран, производится бенчмаркинг, т.е. сопоставление российских и китайских показателей процесса создания и диффузии знаний с соответствующими показателями мировых регионов.

### 1. Основные типы диффузии знаний как характеристики процесса создания новых знаний

При анализе статистических данных было установлено, что для ряда исследуемых объектов (акторов системы) характерен резкий рост инте-

реса актов-исследователей к произведенным знаниям в первые 2-3 года после выхода публикаций. Такой рост достаточно быстро сменяется постепенным падением интереса исследователей к этим публикациям. Характер диффузионных процессов свидетельствует о постепенном исчерпании ценности соответствующих результатов для исследователей по тематике, заданной работами раннего периода. Примеры подобной стратегии подхватывания первичных результатов ИиР дают ученые, занимающиеся проблемами физиологии. Динамика процесса подхватывания и распространения знаний по физиологии и социологии, произведенных в 1995 г., приведена на рис. 1, 2.



**Рис. 1. Структура цитируемости знаний, произведенных в 1995 г. по физиологии**

Возможен и другой вариант процесса подхватывания возникающих новых знаний. При реализации этого варианта первая волна интереса исследователей-акторов (аналогичная только что описанной) сменяется второй волной подхватывания и расширения первичных знаний. Иными словами, после некоторого падения интереса к знаниям, сформулированным в первичных публикациях, возрождается интерес к развитию этих знаний и начинают доминировать стратегии исследователей, направленные не на создание радикально новых знаний, а на распространение и инкрементальное совершенствование уже существующей базы знаний. Наличие такой второй волны динамики диффузионных потоков знаний характерно для гуманитарных наук, в частности социологии, где первая волна резкого роста интереса к первичным знаниям (в первые 2-3 года) сменяется вторичной волной подхватывания спустя 7-10 лет.

Приведенные эмпирические данные свидетельствуют о необходимости разработки и применения математических моделей подхватывания и диффузии новых знаний, способных отразить только что описанные типы стратегий акторов в процессах создания новых знаний.

Процессы диффузии новых знаний обладают многими чертами, сходными с процессами диффузии инноваций. Класс диффузионных моделей в области инноваций достаточно широк<sup>1</sup>. В данной работе для построения базовой модели диффузии знаний используется однофакторная и двухфакторная диффузионная модели Басса<sup>2</sup>, применение и развитие которых позволяют описать



**Рис. 2. Структура цитируемости знаний, произведенных в 1995 г. по социологии**

разные типы стратегий акторов-исследователей при создании новых знаний и характерные черты соответствующих им процессов распространения новых знаний, указанные выше.

Ниже при изложении моделей Басса в аспекте ее применения к распространению новых знаний предполагается, что существует два канала передачи информации о новых знаниях, формирующих, соответственно, первую и вторую волны интереса к первичным знаниям.

Используя первый из них, пользователи (акторы-исследователи) получают новые знания из внешних первичных источников. В качестве первичных источников выступают научные статьи, обладающие высокой степенью новизны. При этом исследователи чаще всего выбирают источник новых знаний, исходя из его положительной репутации - известного имени автора публикации - или высокого импакт-фактора научного журнала. Акторы, которые пользуются этим

каналом передачи информации, являются адаптаторами новых знаний. Если через какое-то время в среде исследователей после некоторого падения интереса к первичным знаниям не наблюдается появления новых акторов, деятельность которых направлена на дальнейшее распространение данных знаний, то процесс диффузии знаний на этом заканчивается. Для описания такого канала рационально использование однофакторной модели Басса.

Если процесс диффузии знаний не затухает, то начинает действовать второй канал передачи знаний. В основе действия второго канала лежит вторичное использование знаний, переработанных адаптаторами. Класс исследователей-акторов, обеспечивающих действие второго канала, по сути, образуют имитаторы известных научных результатов, которые, во многом повторяя уже известные результаты, пытаются их несколько усовершенствовать. Необходимо отметить, что имитаторы получают информацию о первичных знаниях в результате использования первого канала.

Что же касается взаимодействий между двумя типами акторов, то данная модель является асимметричной, так как первый тип исследователей - адаптаторов - оказывает влияние на второй тип - имитаторов, но не существует обратного взаимодействия. При этом стоит отметить принцип усиливающейся обратной связи: количество адаптаторов увеличивает поток новых имитаторов за счет эффекта межличностных коммуникаций.

Для описания последовательного действия двух каналов в большей степени подходит двухфакторная модель Басса.

## 2. Двухфакторная модель диффузии

Из рис. 3 видно, что существует два локальных максимума цитируемости статей. Первый из них является результатом распространения нового знания среди исследователей-адаптаторов (передача информации о новом продукте осуществлялась посредством первого канала). Второй

максимум образуется путем распространения новых знания среди исследователей-имитаторов.

Для более точного анализа перейдем к двухфакторной модели.

В двухфакторной модели Басса исследователи делятся на два класса - адаптаторов и имитаторов, а также данная модель определяет влияние первого класса исследователей на второй. В нижеприведенных формулах учитывается, что:

- фактор внутреннего влияния для адаптаторов  $q_1=0$ ;
- факторы внешнего влияния для адаптаторов и имитаторов одинаковы  $p_1=p_2=p$ ;
- кумулятивное число ссылок на статьи, в которых могут использоваться новые знания  $m_1+m_2=m$ , где  $m_1$  - кумулятивное число ссылок на статьи, относящихся к классу адаптаторов новых знаний;  $m_2$  - кумулятивное число ссылок на статьи, относящихся к классу имитаторов новых знаний;
- число ссылок на статьи, в которых на момент  $t$  уже использовались новые знания  $N_1(t)+N_2(t)=N(t)$ , где  $N_1(t)$  - число ссылок на статьи, в которых к моменту  $t$  новые знания уже использовались адаптаторами;  $N_2(t)$  - число ссылок на статьи, в которых к моменту  $t$  новые знания уже использовались имитаторами.

Динамика распространения новых знаний:

$$\bullet \text{ адаптаторами } \frac{dN_1(t)}{dt} = p_1[m_1 - N_1(t)]; \quad (1)$$

$$\bullet \text{ имитаторами } \frac{dN_2(t)}{dt} = p_2[m_2 - N_2(t)] + q_2[N_1(t) + N_2(t)][m_2 - N_2(t)] \quad (2)$$

Прирост ссылок, произведенных адаптаторами за момент времени  $t$ , пропорционален вероятности появления нового знания у адаптаторов, а также количеству знаний, произведенных адаптаторами за момент времени  $t$ , в то время как прирост ссылок, совершенных имитаторами, равен сумме адаптационных характеристик, когда знания получают первым пу-

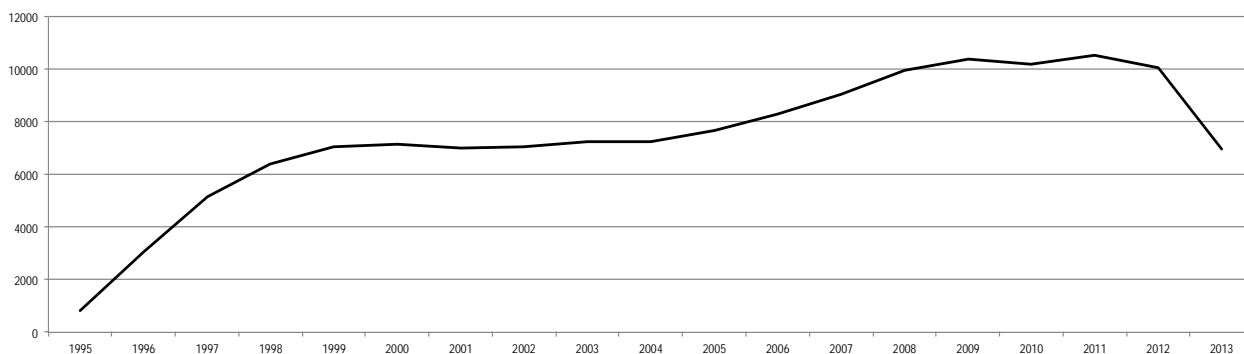


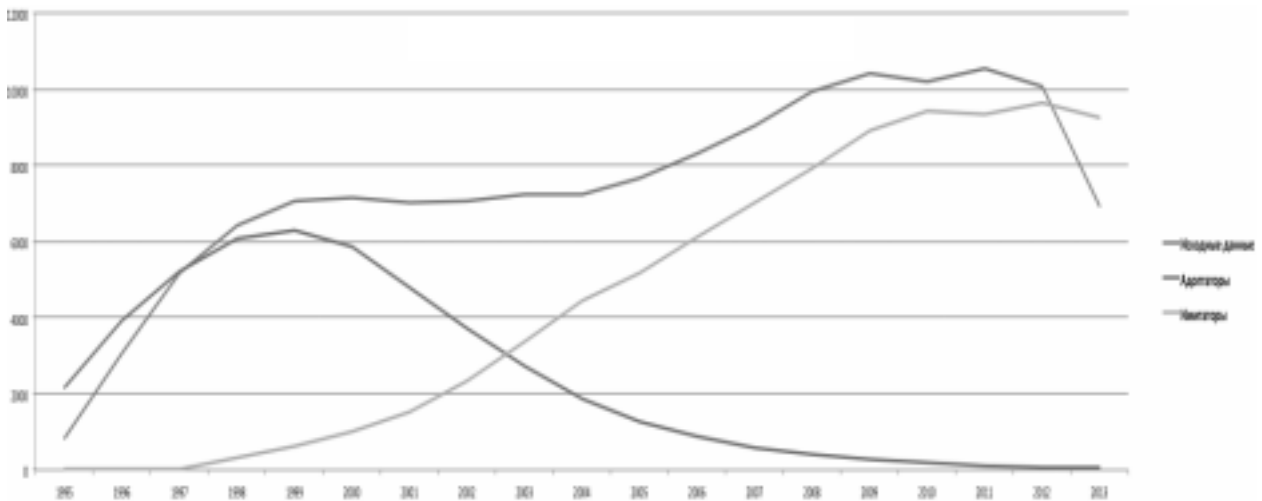
Рис. 3. Цитируемость статей по экономике, опубликованных в 1995 г.

тем передачи информации, и имитационных характеристик.

Тогда общая формула распространения новых знаний:

$$\begin{aligned} \frac{dN(t)}{dt} = & p[m_1 + m_2 - N_1(t) - N_2(t)] + \\ & + q_2 N(t)[m_2 - N_2(t)] = p[m - N(t)] + \\ & + q_2 N(t)[m_2 - N_2(t)] \end{aligned} \quad (3)$$

Таким образом, суммарный прирост ссылок пропорционален кумулятивному адаптационно-поведению как адаптаторов, так и имитаторов, а также имитационному поведению имитаторов.



**Рис. 4. Моделирование поведения адаптаторов и имитаторов на примере цитируемости статей по экономике, опубликованных в 1995 г.**

На рис. 4 показано прогнозирование диффузии новых знаний адаптаторами и имитаторами с помощью двухфакторной модели Басса.

Данная модель (3) содержит три параметра ( $p$ ,  $q$ ,  $m$ ), нахождение которых можно осуществить с помощью МНК<sup>2</sup>. Процедура МНК включает в себя оценку параметров путем дискретного или регрессионного аналога дифференциального уравнения (3) - (4) (здесь  $\gamma = \frac{N_2(t)}{N(t)}$ ):

$$N(t+1) - N(t) = pm + N(t)(q_2 m_2 - p) - gq_2 (N(t))^2. \quad (4)$$

Тогда:

$$n(t) = a_1 + a_2 N(t) + a_3 (N(t))^2, \quad (5)$$

где  $a_1 = pm$ ;  $a_2 = q_2 m_2 - p$ ;  $a_3 = -gq_2$ .

Использование МНК метода позволит выделить коэффициенты внутреннего ( $a_1$ ) и внешнего ( $a_3$ ) влияния без решения диффузионных уравнений для всех рассматриваемых объектов. Подразумевается, что параметры  $m$  и  $g$  одинаково-

вы внутри группы рассматриваемых объектов, поэтому для целей данной работы достаточно определить  $a_1$  и  $a_3$ .

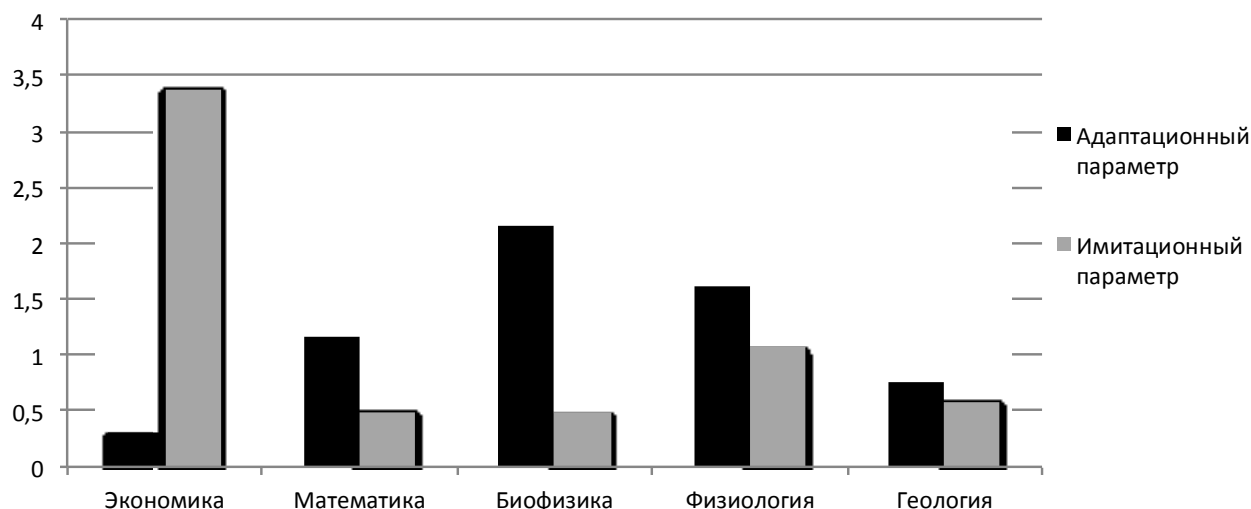
### 3. Типы стратегий акторов и диффузионные параметры отраслей наук и регионов мира

Обратимся к анализу диффузионных параметров для отраслей наук (рис. 5). Среди рассмотренных отраслей выделяется превалирование адаптационного либо имитационного поведения акторов. Так, в отраслях экономики и социологии высоки имитационные показатели, причем наиболее высокий показатель имитации характерен для социологии. Для отраслей математики, биофизики, физиологии и геологии характерно до-

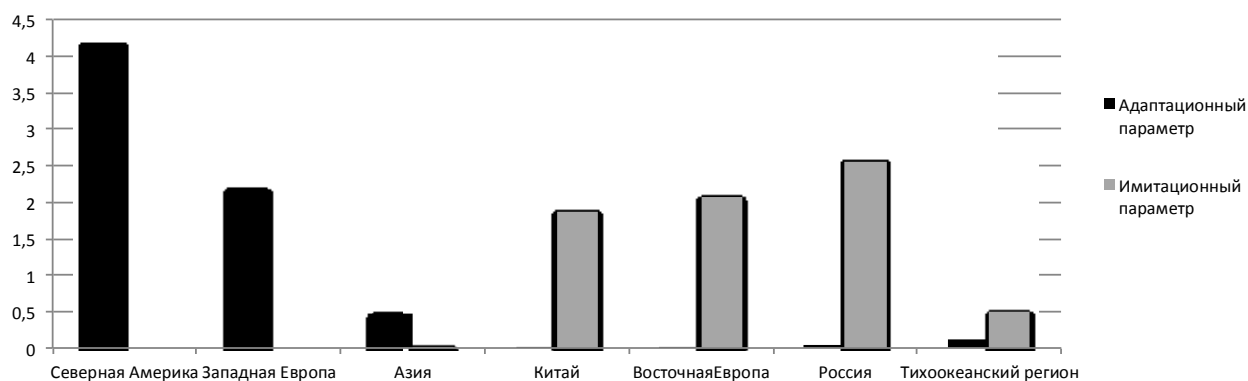
минирование адаптационного поведения над имитационным. Наиболее высокий адаптационный параметр характерен для биофизики.

Необходимо отметить, что превалирование адаптационного параметра характерно для отраслей естественного блока: наук о жизни и биомедицины, естественных и технических наук. В данных отраслях исследователи предпочитают использовать знания из первоначальных источников. Для отраслей гуманитарного блока - искусства и гуманитарных наук и социальных наук - характерна передача информации о новых знаниях путем внутренних коммуникаций. Отрасли гуманитарного блока предпочитают использовать для производства новых знаний из внешних отраслей, в частности из естественнонаучного блока. Таким образом, высокие имитационные параметры для отраслей гуманитарного блока являются следствием данных внешних коммуникаций отраслей блока.

Обратимся к анализу параметров стратегий акторов для мировых регионов (рис. 6). Среди



**Рис. 5. Адаптационные и имитационные параметры для ряда отраслей наук (представленные относительно среднемирового уровня) на основе анализа цитируемости статей, опубликованных в 1995 г.**



**Рис. 6. Адаптационные и имитационные параметры мировых регионов (усредненные по количеству опубликованных в них статей и представленные относительно среднемирового уровня) на основе анализа цитируемости статей, опубликованных в 1995 г.**

рассматриваемых регионов наиболее высокий адаптационный параметр характерен для стран Северной Америки. Также адаптационные параметры преобладают для стран Западной Европы, Азии и Тихоокеанского региона. Стоит отметить, что для стран Северной Америки, Западной Европы и Азии имитационные параметры совершенно незначительны по сравнению с другими рассматриваемыми регионами. Наибольший имитационный параметр характерен для стран Восточной Европы. Преобладание имитационного параметра характерно для развивающихся стран.

#### 4. Выводы

В результате анализа модели были выделены адаптационные и имитационные параметры стратегий акторов системы производства фундаментальных знаний (отдельных ученых, отраслей наук, мировых регионов и т.д.).

Анализ данных характеристик для секторов наук показал, что адаптационные стратегии пользователей знаний доминируют в таких областях науки, как науки о жизни и биомедицина и естественные науки. Имитационные же стратегии в большей степени характерны для наук, относящихся к секторам социальных наук и искусства и гуманитарных наук.

Рассмотрение указанных стратегий для мировых регионов позволяет сделать вывод, что адаптационное поведение акторов свойственно для Северной Америки, Западной Европы, Азии и Тихоокеанского региона. В остальных регионах преобладает имитационное поведение пользователей знаний.

<sup>1</sup> Sultan F., Farley J.U., Lehmann D.R. A Meta-Analysis of Diffusion Models // J. of Marketing Research. 1990.

<sup>2</sup> Mahajan V., Muller E., Bass F. New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research // J. of Marketing. 1990. Vol. 54.