

**ДИФфуЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА
НОВЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ**O.G. Golichenko
A.A. Malkova**DIFFUSION CHARACTERISTICS OF THE SYSTEM
OF A NEW FUNDAMENTAL KNOWLEDGE PRODUCTION**

Данная работа посвящена анализу диффузионных характеристик объектов системы производства новых фундаментальных знаний. Диффузионные потоки знаний рассматриваются с позиции публикационной активности исследователей. В качестве носителя новых фундаментальных знаний рассматривается научная статья. Она же содержит ссылки авторов на другие статьи, которые ими использовались при создании данной статьи. Количество данных ссылок будем считать мерой потока знаний, переданных авторам от внешних источников. Иными словами, научные статьи (точнее их авторы) в данном исследовании выступают в качестве источников и реципиентов фундаментальных знаний. Диффузия знаний, то есть количество переданных знаний от источника к реципиенту измеряется количеством ссылок последнего на публикации статей источника.

Целью анализа данной статьи являются процессы диффузии фундаментальных знаний в различных отраслях наук и регионах мира. Источники и реципиенты знаний в данной работе объединены в укрупненные группы, сформированные согласно целям анализа. В качестве базы данных используется Web of Science.

При анализе процессов диффузии в отраслях наук, в соответствии с методологией Web of Science, выделяются пять укрупненных научных отраслей: наука о жизни и биомедицина, есте-

ственные науки, технические и прикладные науки, искусство и гуманитарные науки, социальные науки. За мировые регионы принимаются 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 систем производства новых знаний. Поэтому отдельно рассматриваются две страны – Россия и Китай. Чтобы выявить достоинства и недостатки систем производства и передачи знаний этих стран, производится бенчмаркинг, то есть сопоставление российских и китайских показателей процесса производства, использования и передачи знаний с соответствующими показателями мировых регионов.

1. Основные типы диффузии знаний

Нами было замечено, что для ряда объектов характерен резкий рост интереса к произведенным знаниям в первые 2-3 года после выхода публикаций. Примером такого объекта может служить такая отрасль научных знаний, как физиология. Динамика распространения знаний по физиологии, произведенных в 1995 году, приведена на рис. 1.

Возможен и другой вариант, когда резкий рост к первичным знаниям первых лет сменяется вторичной волной интереса к этим знаниям. Наличие такого варианта диффузии знаний характерно для гуманитарных наук. Так, на примере социологии видно, что резкий рост к первичным знаниям (в первые 2-3 года) сменяется вторичной волной интереса спустя 7–10 лет, что свидетельствует о влиянии внутренних факторов на

¹ Доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник ЦЭМИ РАН, профессор кафедры управления наукой и инновациями ВШЭ, кафедры интеллектуальной собственности МФТИ.

© Голиченко О.Г., 2014.

² Аспирант ЦЭМИ РАН.

© Малкова А.А., 2014.

процессы распространения новых знаний. Таким образом, возникает необходимость разработки и применения модели диффузии новых знаний с целью анализа факторов, влияющих на распространение новых знаний.

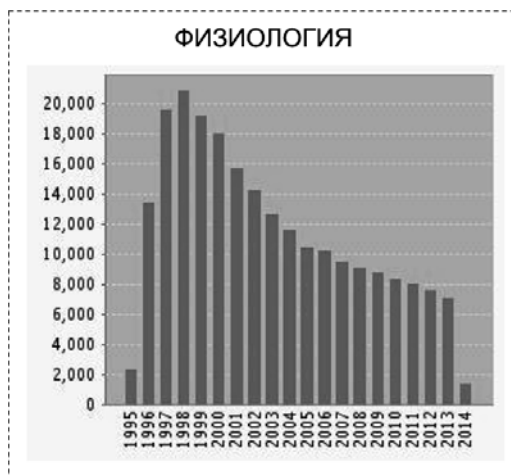


Рис. 1. Структура цитируемости знаний, произведенных в 1995 году по физиологии



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

Класс диффузионных моделей достаточно широк [2], но в данной работе используется двухфакторная диффузионная модель Басса [1]. Использование данной модели связано с характером распространения новых знаний.

В данной работе при рассмотрении двухфакторной модели Басса в аспекте ее применения к распространению новых знаний предполагается, что существуют два канала передачи информации о новых знаниях. Первый, когда пользователи (исследователи) получают новые знания из внешних первоначальных источников. В качестве этих источников выступают научные

статьи. В данном случае исследователи чаще всего основывают свои предпочтения в выборе источника новых знаний, исходя из положительной репутации источника – известного имени автора публикации или основываясь на высоком импакт-факторе журнала, в котором были опубликованы научные статьи. В данном случае исследователи, которые пользуются первым каналом передачи информации, являются адаптаторами новых знаний. Под вторым каналом передачи информации о новых знаниях подразумеваются коммуникации между адаптаторами и исследователями, которые вторично используют знания, переработанные адаптаторами. Данный класс исследователей называется «имитаторы». Необходимо отметить, что имитаторы также получают информацию путем первого канала. Но данная модель является асимметричной, так как первый тип исследователей – адаптаторы – оказывают 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.

2. Однофакторная модель диффузии

Обратимся к однофакторной математической модели Басса. Пусть существует некоторая область знаний, в которой появляются принципиально новые знания, не имеющие аналогов. Эти новые знания создают новый спрос, т.е. появляется определенное количество исследователей, желающих использовать их в своих исследованиях. В качестве индикатора использования исследователем нового знания будем считать наличие ссылки в научной статье на первоначальный источник. Тогда доля статей, в основе которых использовались новые знания, определяемых по наличию ссылок на первоначальный источник новых знаний в момент времени t , описывается формулой:

$$\frac{f(t)}{1 - F(t)} = p + q * F(t), \quad (1)$$

где $f(t)$ – доля статей, сославшихся на источник нового знания в момент времени t , или, иными словами, функция плотности распределения использования нового знания исследователями во времени; $F(t)$ – доля статей, использовавших новое знание до момента времени t , или, иными словами, функция распределения использования нового знания исследователями во времени; p – коэффициент инновации, или коэффициент внешнего влияния; q – коэффициент имитации, или коэффициент внутреннего влияния.

Вероятность использования нового знания зависит, во-первых, от внешнего влияния (репутации научного журнала или исследователя), которое принимается постоянным и выражается коэффициентом внешнего влияния; во-вторых, зависит от влияния самой социальной системы, которое увеличивается по мере роста исследователей, уже использовавших новые знания (коэффициент внутреннего влияния). Влияние имитации предполагается пропорциональным количеству адаптаторов.

Пусть m – число статей, в которых потенциально могут использоваться произведенные новые знания (потенциальный спрос), тогда $mf(t) = n(t)$ есть количество ссылок на источник нового знания в момент времени t . Аналогично, $mF(t) = N(t)$ есть число ссылок, принадлежащих статьям, в которых уже использовались новые знания (в которых уже имеются ссылки на источник новых знаний).

Используя эти обозначения, можно переписать формулу (1) в следующем виде:

$$\begin{aligned} n(t) &= mf(t) = [p + qF(t)][m - mF(t)] = \\ &= [p + \frac{q}{m}N(t)][m - N(t)]. \end{aligned} \quad (2)$$

Так как $n(t) = \frac{dN(t)}{dt}$, то получаем дифференциальное уравнение первого порядка, описывающее динамику распространения нового знания:

$$\frac{dN(t)}{dt} = [p + \frac{q}{m}N(t)][m - N(t)]. \quad (3)$$

Уравнение (3) может быть решено аналитически в предположении постоянства тройки параметров (p, q, m) . Соответствующее решение выглядит следующим образом:

$$N(t) = m \left[\frac{1 - \exp(-(p+q)t)}{1 + \frac{p}{q} \exp(-(p+q)t)} \right]. \quad (4)$$

$$n(t) = m \left[\frac{p(p+q)^2 \exp(-(p+q)t)}{(p+q \exp(-(p+q)t))^2} \right]. \quad (5)$$

Граничные условия модели задают область определения этих функций интервалом $[0, \infty)$. Условием существования максимума у функции $n(t)$ является условие $p < q$, в противном случае

функция $n(t)$ является монотонно убывающей функцией во времени.

На рис. 3 приведен качественный график функций (5), описывающий динамику роста числа ссылок на источник новых знаний (на примере использования формулы (5) для прогнозирования диффузии знаний в области экономики для статей, опубликованных в 1995 году).

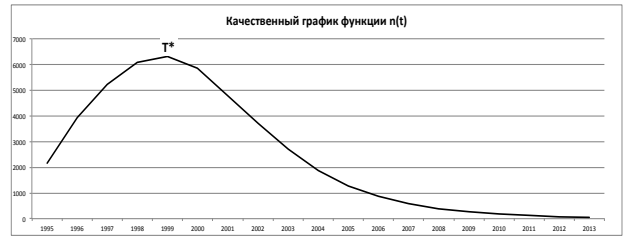


Рис. 3. Качественный график функции $n(t)$

Качественный график роста числа ссылок на статьи (рис. 3) показывает, что сначала скорость роста увеличивается до некоторого момента времени T^* (точка перегиба), а затем скорость роста начинает убывать. В результате наблюдается процесс насыщения до уровня m , т.е. рынок исчерпывает свой потенциал. Точка перегиба T^* , отмеченная на графике, вычисляется по формуле:

$$T^* = \frac{1}{p+q} \ln\left(\frac{q}{p}\right), \quad (6)$$

$$n(T^*) = \frac{1}{4q} (p+q)^2. \quad (7)$$

3. Двухфакторная модель диффузии

Однофакторная модель не позволяет моделировать процессы распространения знаний (рис. 4), так как не позволяет различать тип исследователей, участвующих в диффузии новых знаний. Из рис. 4 видно, что существуют 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 знаний среди исследователей-имитаторов.

Для более точного анализа перейдем к двухфакторной модели.

Двухфакторная модель Басса формируется по вышеописанному принципу формирования однофакторной модели, но отличается разбиением исследователей на два класса – адаптаторы и имитаторы, а также определяет влияние первого класса исследователей на второй. В нижеприведенных формулах учитывается, что:

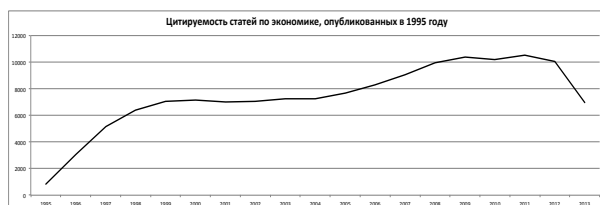


Рис. 4. Цитируемость статей по экономике, опубликованных в 1995 году

- фактор внутреннего влияния для адаптаторов $q_1 = \theta$;
- факторы внешнего влияния для адаптаторов и инноваторов одинаковы $p_1 = p_2 = p$;
- потенциальное число ссылок на статьи, в которых могут использоваться новые знания $m_1 + m_2 = m$, где m_1 – потенциальное число ссылок на статьи, которые относятся к классу адаптаторов новых знаний; m_2 – потенциальное число ссылок на статьи, которые относятся 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:

$$\text{адаптаторами } \frac{dN_1(t)}{dt} = p_1[m_1 - N_1(t)]; \quad (8)$$

имитаторами

$$\begin{aligned} \frac{dN_2(t)}{dt} &= p_2[m_2 - N_2(t)] + \\ &+ q_2[N_1(t) + N_2(t)][m_2 - N_2(t)]. \end{aligned} \quad (9)$$

Тогда общая формула распространения новых знаний:

$$\begin{aligned} \frac{dN(t)}{dt} &= p[m_1 + m_2 - N_1(t) - N_2(t)] + \\ &+ q_2N(t)[m_2 - N_2(t)] = p[m - N(t)] + \\ &+ q_2N(t)[m_2 - N_2(t)]. \end{aligned} \quad (10)$$

На рис. 5 показано прогнозирование диффузии новых знаний адаптаторами и имитаторами с помощью двухфакторной модели Басса.

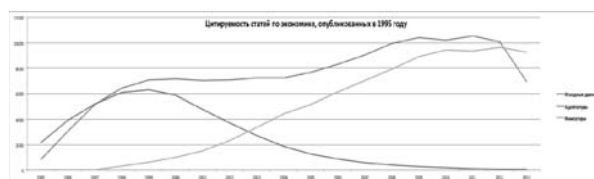


Рис. 5. Моделирование поведения адаптаторов и имитаторов на примере цитируемости статей по экономике, опубликованных в 1995 году.

Данная модель (10) содержит три параметра (p, q, m) , нахождение которых можно осуществить с помощью МНК [4]. Процедура МНК включает в себя оценку параметров путем дискретного или регрессионного аналога дифференциального уравнения (10) – (11):

$$\begin{aligned} \text{где } \gamma &= \frac{N_2(t)}{N(t)}. \\ N(t+1) - N(t) &= pm + N(t)(q_2m_2 - p) - \\ &- \gamma q_2(N(t))^2. \end{aligned} \quad (11)$$

Тогда:

$$n(t) = \alpha_1 + \alpha_2 N(t) + \alpha_3 (N(t))^2,$$

где $\alpha_1 = pm$; $\alpha_2 = q_2m_2 - p$; $\alpha_3 = -\gamma q_2$.

Использование МНК-метода позволит выделить коэффициенты внутреннего (α_1) и внешнего (α_3) влияния без решения диффузионных уравнений для всех рассматриваемых объектов. Подразумевается, что параметры m и γ одинаковы внутри группы рассматриваемых объектов, поэтому для целей данной работы достаточно определить α_1 и α_3 .

4. Анализ диффузионных параметров для отраслей наук и регионов мира

Обратимся к анализу диффузионных параметров для отраслей наук (рис. 6). Среди рассмотренных отраслей выделяется преобладание адаптационного либо имитационного поведения объекта. Так, для отраслей экономики и социологии высоки показатели имитационных показателей, причем наиболее высокий показатель имитации характерен для социологии. В отраслях математики, биофизики, физиологии и геологии характерно доминирование адаптационного поведения над имитационным. Наиболее высокий адаптационный параметр характерен для биофизики.

Необходимо отметить, что преобладание адаптационного параметра характерно для отраслей естественного блока: науки о жизни и

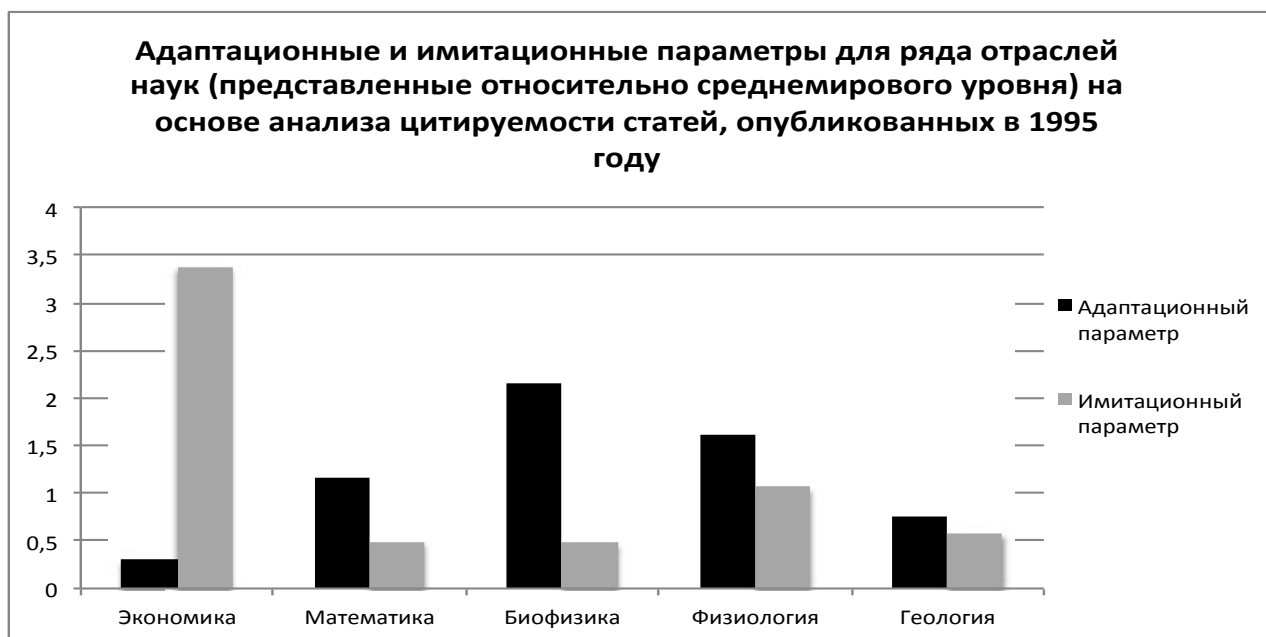


Рис. 6. Адаптационные и имитационные параметры для ряда отраслей наук (представленные относительно среднемирового уровня) на основе анализа цитируемости статей, опубликованных в 1995 году

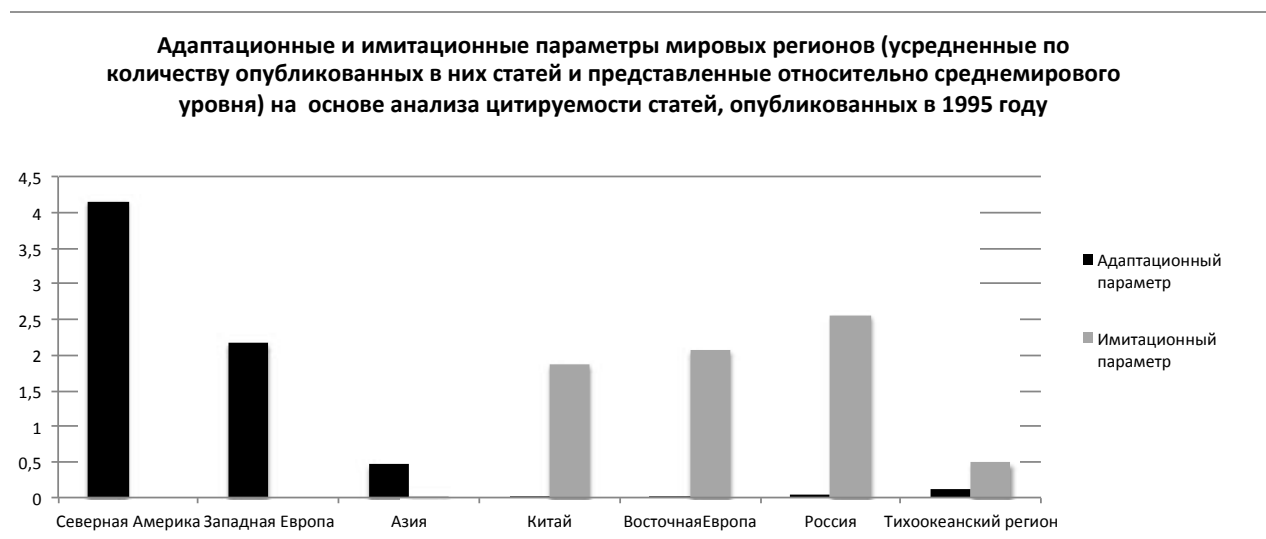


Рис. 7. Адаптационные и имитационные параметры мировых регионов (усредненные по количеству опубликованных в них статей и представленные относительно среднемирового уровня) на основе анализа цитируемости статей, опубликованных в 1995 году.

биомедицина, естественные и технические науки. В данных отраслях исследователи предпочитают использовать знания из первоначальных источников. Для отраслей гуманитарного блока – искусство и гуманитарные науки и социальные науки – характерна передача информации о новых знаниях путем внутренних коммуникаций.

Отрасли гуманитарного блока предпочитают использовать для производства новых знаний знания из внешних отраслей, в частности из естественно-научного блока. Таким образом, высокие имитационные параметры для отраслей гуманитарного блока являются следствием данных внешних коммуникаций отраслей блока.

Обратимся к анализу диффузионных параметров для мировых регионов (рис. 7). Среди 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. Отметим, что преобладание имитационного параметра характерно для развивающихся стран.

5. Выводы

В результате анализа моделей были выделены адаптационные и имитационные характеристики потребителей знаний (отдельных ученых, отраслей наук, мировых регионов и т.д.).

Анализ этих характеристик для секторов наук показал, что адаптационные характеристики пользователей знаний доминируют в таких областях науки, как науки о жизни, биомедици-

на и естественные науки. Имитационные характеристики в большей степени характерны для наук, относящихся к секторам «социальные науки» и «искусство и гуманитарные науки».

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

Литература

1. Bass F.M. A new product growth model for consumer durables // *Management Science*, 1969.
2. Fareena Sultan, John U. Farley, Donald R. Lehmann A. Meta-Analysis of Diffusion Models // *Journal of Marketing Research*, 1990.
3. Franses P.H. Forecasting in marketing // *Econometric Institute Report EI 2004-40*, EUR
4. Mahajan V., Müller E., Bass F. New Product Diffusion Models in Marketing: a Review and Directions for Research // *Journal of Marketing*, 1990. – Vol. 54.