
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Математическое определение эффективности
трансфера технологий

© 2020 г. В.Г. Чаплыгин, В.Н. Мороз

В.Г. Чаплыгин,

Высшая банковская школа, Гданьск; e-mail: chaplygin.vladimir@gmail.com

В.Н. Мороз,

Калининградский институт экономики, Калининград; e-mail: morozvadim@rambler.ru

Поступила в редакцию 19.12.2019

Аннотация. Координация и регулирование процессов трансфера технологий в инновационном кластере со стороны ведущей организации (ядра), проводимые с учетом характера взаимодействия между участниками, являющимися сторонами трансфера, способны существенно повысить эффективность трансфера технологий и таким образом способствовать полной реализации преимуществ кластера как формы взаимодействия организаций. В работе на основе анализа концепции сетевой центральности в сочетании с теорией нечетких множеств и аппаратом математической статистики разработана методика определения оптимального способа регулирования ведущей организацией инновационного кластера — процессов трансфера технологий, осуществляемых в рамках взаимодействия участников кластера в ходе совместного осуществления деятельности, направленной на создание и внедрение инноваций. Предложен новый подход к определению оптимального способа регулирования процессов трансфера технологий в инновационном кластере, основанный на установлении оптимальной степени участия ядра инновационного кластера в процессах трансфера технологий. Особенностью предлагаемого подхода является выделение способов регулирования, отражающих характер и степень регулирования процессов трансфера технологий в инновационном кластере со стороны ядра, и определение степени их влияния на эффективность трансфера технологий. Разработанная методика выбора оптимального способа регулирования процессов трансфера технологий в инновационном кластере позволит снизить временные затраты, связанные с созданием новых знаний, и ускорить выход на рынок инновационных продуктов.

Ключевые слова: инновационный кластер, трансфер технологий, сценарий регулирования процессов трансфера технологий, теория нечетких множеств, функция принадлежности, регрессионный анализ.

Классификация JEL: C02, C15, O31, O32.

DOI: 10.31857/S042473880010522-3

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап экономического развития характеризуется формированием инновационной экономики и развитием различных форм интеграции организаций в рамках реализации инновационных процессов. Одной из наиболее распространенных форм такой интеграции являются *инновационные кластеры* (далее — ИК). ИК характеризуются ориентацией входящих в их состав организаций на выпуск инновационных высокотехнологичных конкурентоспособных товаров, общностью целей, интересов и ресурсов, сочетанием конкуренции и кооперации, а также хозяйственной самостоятельности участников с подчиненностью общим целям, задачам и установкам, определяемым ведущей организацией (ядром) ИК, а кроме того, и вовлеченностью всех участников в осуществляемую ИК деятельность.

Основным инструментом реализации преимуществ ИК является трансфер технологий, представляющий собой передачу технологий между различными организациями. Для успешного осуществления трансфера технологий в ИК необходима грамотная координация и регулирование его процессов со стороны ведущей организации (ядра). Однако следует учитывать тот факт, что в состав ИК могут входить организации, уже имеющие устоявшиеся партнерские связи, в рамках которых они способны самостоятельно выстраивать отношения, связанные с трансфером технологий,

и определять условия и порядок его проведения. В данном случае активное участие ядра может нарушить эти связи и нанести ущерб эффективному осуществлению трансфера технологий.

В этой связи становится актуальной проблема определения оптимальной степени регулирования трансфера технологий в ИК со стороны ядра. Поскольку ядро является главной, центральной, организацией, регулирование им трансфера технологий рассматривается авторами как централизация трансфера технологий, а уровень такого регулирования — как *степень централизации*. Однако степень централизации является нечетким понятием, поэтому для анализа и выбора оптимальной степени централизации целесообразно использовать *аппарат теории нечетких множеств*.

Критерием оптимальности является достижение наиболее высокого уровня эффективности трансфера технологий в ИК при помощи регулирования процессов трансфера технологий со стороны ядра. Эффективность трансфера технологий измеряется долей передаваемых технологий, нашедших практическое применение в деятельности, направленной на достижение главных целей ИК и решение основных задач создания и функционирования организаций-получателей. Иными словами, эффективность трансфера технологий внутри ИК представляет собой долю передаваемых технологий, внедренных входящими в его состав организациями-получателями в рамках совместно осуществляемой инновационной деятельности, например совместной реализации инновационного проекта. Высокий уровень эффективности трансфера технологий характеризуется степенью принадлежности показателя эффективности трансфера технологий — процента технологий, внедренных организациями-получателями (*ЕТТ*), — к нечеткому множеству $A = \{y, \mu_A(y); y \in Y\}$, где $A \subseteq Y$ — высокая эффективность трансфера технологий, определяемой значениями функции принадлежности $\mu_A(y)$ «высокая эффективность трансфера технологий».

Применение теории нечетких множеств в экономике и управлении описано в трудах ряда ученых (Пегат, 2009; Копылов, Санжапов, 2013; Пахомова, Лычагина, 2015; Shipley M., Khoja, Shipley J., 2018). *Концепция сетевой центральности*, используемая в работе для оценки уровня централизации трансфера технологий в ИК, получила распространение в отечественных и зарубежных исследованиях (Юдина, 2016; Chengliang, Mingming, Dezhong, 2018; Huggins, Prokop, Thompson, 2019). Особенности формирования и функционирования ИК широко представлены в научных трудах (Егорова, 2007; Фаттахов, Тульчинский, Строев и др., 2013; Engel, 2015). Теории и методологии трансфера технологий посвящены работы ряда отечественных и зарубежных исследователей (Максимов, Митяков С., Митякова О., 2006; Соловьева, 2016; Shofar, 2002; Manimala, Tomas, 2013; Chen, Hsiao, Chu, 2014). Различным аспектам применения аппарата математической статистики, используемого авторами при проведении расчетов, посвящены труды ряда ученых (Афанасьев, Юзбашев, Гуляева, 2005; Гладилин, Громов, Громов, 2006; Башина, Спиринов, 2007; Чаплыгин, Дельцова, 2018).

Целью данной работы является *выделение основных сценариев регулирования процессов трансфера технологий в ИК*, соответствующих той или иной степени их регулирования со стороны ядра, и разработка метода выбора оптимального сценария на основе применения аппарата теории нечетких множеств в сочетании с аппаратом математической статистики.

Задача исследования состоит в разработке методики определения оптимального способа регулирования трансфера технологий в ИК, отражающего интенсивность такого регулирования, с точки зрения обеспечения наиболее высокого уровня эффективности трансфера технологий. Уровень эффективности трансфера технологий измеряется степенью принадлежности к нечеткому множеству «высокая эффективность трансфера технологий» и значениями соответствующей функции принадлежности этому нечеткому множеству $\mu_A(y)$.

КОНЦЕПЦИЯ СЕТЕВОЙ ЦЕНТРАЛЬНОСТИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ

Поскольку ИК является формой сетевого взаимодействия организаций, для оценки централизации осуществляемого в его рамках трансфера технологий применимы методы сетевого анализа.

В последние годы в зарубежных и отечественных исследованиях получила распространение *концепция сетевой центральности*. Данная концепция была разработана в теории графов и рассматривает любую сеть как ориентированный и взвешенный граф, узлами (вершинами) которого являются взаимодействующие элементы, а ребрами — связи между этими элементами. Концепция сетевой центральности характеризует вовлеченность действующего субъекта (актора) в связи сети. В таких сетях действующие субъекты — акторы — выступают в роли узлов. Сетевая центральность

указывает на силу влияния каждого отдельного актора. Субъекты, связывающие других субъектов в сети, являются более центральными по сравнению с теми, кто не имеет отношения к связям между другими субъектами.

В науке наиболее распространенными являются три меры сетевой центральности — степень центральности, центральность близости и центральность посредничества. Для целей настоящей статьи авторами среди мер сетевой центральности была отобрана *центральность посредничества*. Эта мера, будучи мерой посредничества в связях, осуществляемых по кратчайшим путям, *характеризует степень влияния актора на связи между другими акторами сети*.

Уровень централизации трансфера технологий означает степень регулирования его процесса со стороны ведущей организации ИК, называемой *ядром*. Оптимальная степень или уровень регулирования трансфера технологий означает наиболее приемлемую с точки зрения обеспечения эффективности трансфера технологий на высоком уровне степень регулирования ядром процессов трансфера технологий в ИК, выраженную уровнем централизации процесса трансфера технологий, и соответствующий ей способ регулирования.

Регрессионный анализ между функцией принадлежности $\mu_A(y)$ «высокая эффективность трансфера технологий», отражающей степень принадлежности к нечеткому множеству $A = \{(y, \mu_A(y)); y \in Y\}$, $A \subseteq Y$ (где $A \subseteq Y$ — высокая эффективность трансфера технологий, определяемой значениями функции принадлежности $\mu_A(y)$ «высокая эффективность трансфера технологий»), и функцией принадлежности $\mu_A(x)$ «высокий уровень централизации», отражающей степень принадлежности к нечеткому множеству $A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}$, $A \subseteq X$ «высокий уровень централизации», позволит выявить характер влияния способа регулирования процессов трансфера технологий в ИК со стороны ядра, отражающего степень данного регулирования, выраженную уровнем централизации процесса трансфера технологий (C_{TT}), на обеспечение высокой эффективности трансфера технологий (E_{TT}), и подобрать оптимальный способ регулирования процессов трансфера технологий с позиции обеспечения наиболее высокой его эффективности.

Центральность посредничества указывает на то, насколько часто оцениваемый узел лежит на кратчайших путях между другими узлами и определяется в соответствии со следующей формулой:

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v; t \neq v} \sigma_{st}(v) / \sigma_{st}, \quad (1)$$

где σ_{st} — число кратчайших путей из узла s в узел t ; $\sigma_{st}(v)$ — число этих путей, проходящих через узел v (Юдина, 2016).

Учитывая подход (Chengliang, Mingming, Dezhong, 2018), считаем возможным в отношении каждой конкретной операции выделить одну из пяти ролевых позиций ядра, имеющих соответствующее числовое обозначение в диапазоне от 0 до 1:

1) ядро не принимает участия в проведении операции процесса трансфера технологий, оно лишь задает общие цели, задачи и установки деятельности, в рамках выполнения которых осуществляется процесс передачи в целом и данная операция в частности — 0;

2) ядро представляет исключительно консультационную поддержку в выполнении операции процесса трансфера технологий и дает рекомендации для ее проведения, но не обязательные указания; однако участия ни в регулировании, ни в их осуществлении не принимает — 0,25;

3) ядро оказывает организационную поддержку проведению операции процесса трансфера технологий, однако непосредственного участия в ее выполнении не принимает — 0,5;

4) ядро принимает активное и непосредственное участие в операции процесса трансфера технологий, регулирует ее проведение и дает обязательные указания — 0,75;

5) ядро осуществляет полный контроль над проведением трансфера технологий, дает указания по всем вопросам, связанным с его выполнением, — 1.

Мы предлагаем определять уровень централизации процесса трансфера технологий в ИК, выраженной регулированием этого процесса со стороны ведущей организации (ядра) на основе определения числа операций, совершаемых передающей и принимающей сторонами в рамках реализации процесса передачи готовых технологий либо фундаментальных научных знаний, впоследствии

преобразуемых в готовую технологию. Формула вычисления уровня централизации процесса трансфера технологий может быть представлена в виде

$$C_{TT} = \frac{1}{n_i} \sum_{i=1}^n rp_{core(i)}, \quad (2)$$

где C_{TT} — уровень централизации процесса трансфера технологий (*Centralization technology transfer*, C_{TT}), выраженный его регулированием со стороны ядра; $rp_{core(i)}$ — ролевая позиция ядра в операции i процесса передачи технологий; i — порядковый номер операции процесса передачи технологий; n_i — общее число операций в оцениваемом процессе передачи технологий.

Поскольку ядро ИК занимает центральное положение в ИК с позиции концепции сетевой центральности и выбранной для целей настоящей работы меры центральности — центральности посредничества — степень регулирования им любых связей между организациями-участниками является уровнем централизации этих связей, а степень регулирования им процесса трансфера технологий может быть охарактеризована как уровень централизации процесса трансфера технологий.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЦЕНАРИЕВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ В ИННОВАЦИОННОМ КЛАСТЕРЕ НА ОСНОВЕ АППАРАТА ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

С целью определения сценариев регулирования процессов трансфера технологий в ИК на основе значений уровня централизации его процессов, с применением аппарата теории нечетких множеств, необходимо выделить универсальное множество значений уровня централизации $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, $n = 1$; обозначить на нем нечеткое множество «высокий уровень централизации» и выбрать соответствующую функцию принадлежности $\mu_A(x)$, а затем задать определенные интервалы ее значений, соответствующие характеристикам: «очень высокая», «высокая», «достаточно высокая», «средняя», «достаточно низкая», «низкая», «очень низкая», на основе расчетов установить соответствующие им интервалы значений универсального множества X и в соответствии с этими характеристиками обозначить семь сценариев.

В отношении функции принадлежности $\mu_A(x)$ «высокий уровень централизации» было проведено условное разделение интервала значений, находящегося в диапазоне от 0 до 1, на интервалы значений, каждый из которых соответствует определенной характеристике степени принадлежности. В соответствии с представленной формулой расчета значений функции принадлежности выбранного типа (класса S) — формулой (3) определены интервалы значений уровня централизации процесса трансфера технологий в ИК (C_{TT}), соответствующие интервалам значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ «высокий уровень централизации», характеризующим ту или иную степень принадлежности.

В работах (Рутковская Д., Пилиньский, Рутковский Л., 2006; Пегат, 2009; Рубанов, Титов, Бобырь, 2014) представлены различные функции принадлежности. Для целей настоящей работы нами отобрана функция принадлежности класса S , предложенная в (Рутковская и др., 2006). Данная функция имеет готовые формулы для вычисления значений и три параметра a , b и c , из которых для вычисления параметра b существует готовая формула, а параметры a и c задаются исходя из, соответственно, минимального и максимального значений универсального множества X (3).

Функция принадлежности класса S определяется формулой

$$S(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, x \leq a; \\ 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2, a \leq x \leq b; \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2, b \leq x \leq c; \\ 1, x \geq c, \end{cases} \quad (3)$$

где $b = (a + c) / 2$. В точке $x = b = (a + c) / 2$ функция принадлежности класса S принимает значение, равное 0,5.

На основе функции принадлежности класса S построена функция принадлежности $\mu_A(x)$ «высокий уровень централизации». В качестве параметра a , отражающего значение универсального

Таблица. Интервалы значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ класса S «высокий уровень централизации»

Характеристика степени принадлежности	Соответствующий интервал значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ «высокий уровень централизации»	Соответствующий интервал значений на универсальном множестве значений уровня централизации трансфера технологий $(C_{TT})X$
Очень высокая	$0,9 < \mu_A(x) \leq 1$	0,78–1
Высокая	$0,74 < \mu_A(x) \leq 0,9$	0,645–0,779
Достаточно высокая	$0,58 < \mu_A(x) \leq 0,74$	0,548–0,644
Средняя	$0,42 < \mu_A(x) \leq 0,58$	0,454–0,547
Достаточно низкая	$0,26 < \mu_A(x) \leq 0,42$	0,368–0,453
Низкая	$0,1 < \mu_A(x) \leq 0,26$	0,232–0,367
Очень низкая	$0 < \mu_A(x) \leq 0,1$	0,02–0,231

множества X , меньшее либо равное значению которому имеет степень принадлежности к нечеткому множеству $A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}$, $A \subseteq X$ «высокий уровень централизации», равную 0, выбрано значение уровня централизации процесса трансфера технологий в ИК (*Centralization technology transfer*, C_{TT}), равное 0,01, поскольку числовые значения C_{TT} варьируют от 0 до 1 и могут измеряться сотыми и тысячными долями, наименьшая из сотых долей 0,01 рассматривается авторами как точка отсчета. В качестве параметра c выбрано максимальное значение уровня централизации процесса трансфера технологий, равное 1. Точка $b = (a + c) / 2$, в которой функция принадлежности $\mu_A(x)$ равна 0,5, называемая *точкой перехода* (Заде, 1976), будет соответствовать значению $b = (a + c) / 2 = (0,01 + 1) / 2 = 0,505$.

Авторы обозначили интервалы значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ и на основе формулы (3) определили соответствующие им интервалы на универсальном множестве значений уровня централизации процесса трансфера технологий в ИК. В таблице представлены интервалы значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ класса S «высокий уровень централизации», соответствующие определенной степени принадлежности к нечеткому множеству «высокий уровень централизации», и соответствующие им интервалы значений универсального множества X .

В соответствии с характеристиками степеней принадлежности к нечеткому множеству $A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}$, $A \subseteq X$ «высокий уровень централизации» авторами выделены следующие сценарии регулирования процессов двустороннего трансфера технологий в ИК со стороны ведущей организации (ядра):

1) степень принадлежности к высокому уровню централизации очень низкая, интервал значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ $0 < \mu_A(x) \leq 0,1$ — регулирование процесса трансфера технологий в целом отсутствует, ядро лишь задает общие установки деятельности ИК;

2) степень принадлежности к высокому уровню централизации низкая, интервал значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ $0,1 < \mu_A(x) \leq 0,26$ — ядро по большей части оказывает консультационную поддержку в осуществлении процесса трансфера технологий, случаи организационной поддержки операций единичны;

3) степень принадлежности к высокому уровню централизации достаточно низкая, интервал значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ $0,26 < \mu_A(x) \leq 0,42$ — ядро почти в равной степени оказывает консультационную и организационную поддержку осуществлению процесса трансфера технологий с незначительным преобладанием организационной поддержки;

4) степень принадлежности к высокому уровню централизации средняя, интервал значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ $0,42 < \mu_A(x) \leq 0,58$ — ядро оказывает активную организационную поддержку процессу трансфера технологий, которая в значительной мере преобладает над исключительно консультационной поддержкой;

5) степень принадлежности к высокому уровню централизации достаточно высокая, интервал значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ $0,58 < \mu_A(x) \leq 0,74$ — ядро почти в равной степени оказывает организационную поддержку процессу трансфера технологий и принимает непосредственное участие в осуществлении его отдельных операций, сопровождаемое выдачей обязательных указаний для их проведения;

6) степень принадлежности к высокому уровню централизации высокая, интервал значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ $0,74 < \mu_A(x) \leq 0,9$ — ядро принимает активное и непосредственное

участие в реализации процесса трансфера технологий, осуществляет его регулирование и контроль над результатами;

7) степень принадлежности к высокому уровню централизации очень высокая, интервал значений функции принадлежности $\mu_A(x)$ $0,9 < \mu_A(x) \leq 1$ — ядро осуществляет тотальное регулирование процесса трансфера технологий.

Под двусторонним трансфером технологий в данном случае понимается передача технологий из одной входящей в состав ИК организации другой, регулируемая ведущей организацией — ядром ИК, без привлечения дополнительных участников как получателей, так и посредников, что обеспечивает кратчайший путь при определении уровня централизации трансфера технологий со стороны ядра. «Двусторонний трансфер технологий» не предполагает обязательной взаимной передачи технологий.

Оптимальный способ регулирования процессов трансфера технологий в ИК со стороны ядра следует определять посредством выявления характера влияния степени принадлежности к высокому уровню централизации, определяемому функцией принадлежности $\mu_A(x)$, на эффективность трансфера технологий. С этой целью следует установить связь между высоким уровнем централизации и высокой эффективностью трансфера технологий. Для этого необходимо выделить универсальное множество значений эффективности трансфера технологий $Y = \{y_1, \dots, y_n\}$ и обозначить на нем нечеткое множество $A = \{(y, \mu_A(y)); y \in Y\}$ $A \subseteq Y$ «высокая эффективность трансфера технологий» с функцией принадлежности $\mu_A(y)$. Способ регулирования процессов трансфера технологий означает метод регулирования данных процессов, характеризуемый степенью их регулирования, выраженной функцией принадлежности $\mu_A(x)$ «высокий уровень централизации», отражающей степень принадлежности к соответствующему нечеткому множеству.

Авторы предлагают рассчитывать эффективность трансфера технологий в ИК, обозначаемую E_{π} как измеряемую в процентах долю передаваемых в его рамках технологий, нашедших практическое применение в деятельности, направленной на достижение главных целей и решение основных задач создания и функционирования ИК:

$$E_{\pi} = TT(used) \times 100 / TT(total), \quad (4)$$

где $TT(used)$ — объем передаваемых технологий, реально использованных для достижения главной цели целей и решения основных задач ИК; $TT(total)$ — общий объем технологий, передаваемых в рамках осуществления трансфера технологий в ИК.

Таким образом, универсальное множество значений эффективности трансфера технологий Y имеет характерный для процентных величин интервал значений от 1 до 100, т.е. $Y = \{y_1, \dots, y_n\}$, $n = 100$. Поскольку интервал значений универсального множества значений эффективности трансфера технологий Y , как и интервал значений универсального множества значений уровня централизации трансфера технологий X , ограничен и функция принадлежности $\mu_A(y)$, как и функция принадлежности $\mu_A(x)$, предназначена для отражения высокого уровня и по этой причине должна быть возрастающей, для нечеткого множества была выбрана функция принадлежности класса S , отображаемая формулой (3). При этом, учитывая характерный для процентных величин интервал значений, в качестве параметра a было выбрано значение универсального множества Y , равное 1, а в качестве параметра c — значение данного множества, равное 100. Точка $b = 0,5(a + c)$, в которой функция принадлежности $\mu_A(y)$ равна 0,5, соответствует значению $b = 50,5$. Для классификации степеней принадлежности к нечеткому множеству «высокая эффективность трансфера технологий» были использованы характеристики и установлены интервалы значений функции принадлежности $\mu_A(y)$, аналогичные интервалам, предложенным для функции принадлежности $\mu_A(x)$ (см. таблицу).

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СЦЕНАРИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ В ИННОВАЦИОННОМ КЛАСТЕРЕ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА СВЯЗИ МЕЖДУ ФУНКЦИЯМИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Алгоритм выбора оптимального сценария регулирования процессов трансфера технологий в ИК со стороны ядра на основе регрессионного анализа между функцией принадлежности $\mu_A(y)$ «высокая эффективность трансфера технологий» и функцией принадлежности $\mu_A(x)$ «высокий уровень централизации» определяется типом зависимости между этими функциями. Такие особенности ИК, как конкуренция и кооперация, хозяйственная самостоятельность организаций-участников и их подчиненность общим целям и задачам, обуславливают целесообразность усиления централизации процессов

трансфера технологий лишь до определенного предела, после достижения которого эффективность трансфера технологий с увеличением степени принадлежности к высокому уровню централизации будет снижаться (Чаплыгин, 2004). Данную зависимость отражает парабола с ветвями, направленными вниз. Для зависимости между функцией принадлежности $\mu A(y)$ «высокая эффективность трансфера технологий» и функцией принадлежности $\mu A(x)$ «высокий уровень централизации», применительно к ИК, наиболее характерной будет параболическая регрессия, выраженная уравнением $y_x = a_0 + a_1x + a_2x^2$.

В случае параболической регрессии с ветвями параболы, направленными вниз, для выбора оптимального сценария регулирования процессов трансфера технологий в ИК необходимо построить уравнение регрессии и вычислить экстремум (максимум) функции, представляющий собой значение x , при котором достигается максимум y . В литературе (Афанасьев, Юзбашев, 2005) предлагается для нахождения максимума функции приравнять к нулю первую производную уравнения регрессии $y' = (a + bx + cx^2)' = b + 2cx = 0$, отсюда $x = -b/2c$.

Если представить уравнение параболической регрессии как $y_x = a_0 + a_1x + a_2x^2$, то $y'_x = (a_0 + a_1x + a_2x^2)' = a_1 + 2a_2x = 0$, откуда $x = -a_1/2a_2$.

После нахождения максимума функции $y_x = a_0 + a_1x + a_2x^2$, отражающего значение функции принадлежности $\mu A(x)$ «высокий уровень централизации», при котором достигается максимальное значение функции принадлежности $\mu A(y)$ «высокая эффективность трансфера технологий», следует выбрать сценарий, соответствующий интервалу значений, в котором находится значение максимума.

Реализация ядром ИК определенного сценария в чистом виде целесообразна лишь в том случае, если значение функции принадлежности $\mu A(x)$ «высокий уровень централизации», установленное как определяющее при регрессионном анализе (например, максимум функции $y_x = a_0 + a_1x + a_2x^2$ при параболической регрессии), соответствует середине интервала значений, отвечающего данному сценарию, либо близко к ней. Наиболее подходящей для такого случая функцией принадлежности, с нашей точки зрения, является бесконечно дифференцируемая гауссова функция с ограниченным носителем ($\mu(x)$):

$$\mu(x) = \begin{cases} \exp \left[\frac{4(\lambda_2 - x)(x - \lambda_1) - (\lambda_2 - \lambda_1)^2}{4(\lambda_2 - x)(x - \lambda_1)} \right], & \lambda_1 \leq x \leq \lambda_2; \\ 0 & \text{в других случаях,} \end{cases}$$

где λ_1 и λ_2 — узловые точки функции, ограничивающие ее носитель. Середина интервала между узловыми точками λ_1 и λ_2 задается выражением $0,5(\lambda_1 + \lambda_2)$.

При применении гауссовой функции принадлежности с ограниченным носителем $\mu(x)$ для определения степени принадлежности определяющего при регрессионном анализе значения к середине интервала значений функции принадлежности $\mu A(x)$ «высокий уровень централизации», соответствующего конкретному сценарию, характеризует степень принадлежности к этому сценарию. При этом, несмотря на то что в таблице перед конечным значением каждого интервала стоит знак « \leq », указывающий на конкретное пороговое значение, в то время как в начале интервалов стоит знак « \ll », указывающий на то, что интервал начинается со значения, которое превышает стоящее после знака значение, выделенное для границы предыдущего интервала, либо значение, равное 0 (для интервала, соответствующего сценарию 1), значения, установленные для начала и конца интервалов, в равной мере рассматриваются как их границы, поскольку минимальное значение каждого интервала, за исключением интервала, соответствующего сценарию 1, незначительно отличается от границы предыдущего интервала, а минимальное значение интервала, соответствующего сценарию 1, незначительно превышает значение, равное 0.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены результаты научно-практического исследования методических основ определения степени регулирования процессов трансфера технологий в ИК со стороны ведущей организации — ядра и выбора оптимального способа такого регулирования.

Актуальность проблем регулирования процессов трансфера технологий в ИК обусловлена активным формированием ИК на современном этапе экономического развития, а также

необходимостью активного осуществления трансфера технологий в ИК с целью реализации его таких основных преимуществ, как интеграция различных видов ресурсов и потенциала, основанная на их взаимном дополнении, сочетании конкуренции и кооперации.

Одним из наиболее важных видов ресурсов в инновационной деятельности являются технологии, которые, будучи прикладными знаниями научно-технической области, внедряемыми в производственный процесс, лежат в основе разработки и изготовления инновационного продукта. Трансфер технологий между организациями—участниками ИК, способствуя созданию нового знания за счет интеграции знаний различных организаций-участников, играет роль катализатора инновационной деятельности. Однако для успешного выполнения трансфером технологий такой роли в ИК необходимы его грамотная координация и регулирование со стороны ведущей организации ИК — ядра, проводимые с учетом характера связей между организациями-участниками, определяемого наличием и интенсивностью связей между ними, касающихся обмена технологиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Афанасьев В.Н., Юзбашев М.Л., Гуляева Т.И.** (2005). Эконометрика. М.: Финансы и статистика. [Afanasyev V.N., Yuzbashev M.M., Gulyaeva T.I. (2005). *Econometrics*. Moscow: Finansy i Statistika (in Russian).]
- Башина О.Э., Спирин А.А.** (ред.) (2007). Общая теория статистики. Статистическая методология в изучении коммерческой деятельности. М.: Финансы и статистика. [Bashina O.E., Spirin A.A. (eds.) (2007). *The general theory of statistics. Statistical methodology in the study of commercial activity*. Moscow: Finansy i Statistika (in Russian).]
- Гладилин А.В., Герасимов А.Н., Громов Е.И.** (2006). Эконометрика. М.: КНОРУС. [Gladilin A.V., Gerasimov A.N., Gromov E.I. (2006). *Econometrics*. Moscow: KNORUS (in Russian).]
- Егорова М.В.** (2007). Особенности функционирования инновационного кластера в регионе // *Российское предпринимательство*. № 1. С. 19–23. [Yegorova M.V. (2007). Specificity of innovation cluster performance in a region. *Russian Journal of Entrepreneurship*, 7 (1), 19–24 (in Russian).]
- Качалов Р.М.** (ред.) (2017). Концептуальное моделирование процессов управления экономическим риском на основе нечеткой логики. М.: ЦЭМИ РАН. [Kachalov R.M. (ed.) (2017). *Conceptual modeling of risk management processes based on the fuzzy logic theory*. Collective monograph. Moscow: CEMI Russian Academy of Sciences (in Russian).]
- Копылов А.В., Санжапов Б.Х., Игольникова О.С.** (2013). Управление инновационным потенциалом предприятия на основе нечетко-множественного подхода. Волгоград: ВолгГТУ. [Kopylov A.V., Sanzhapov B. Kh., Igolnikova O.S. (2013). *Enterprise innovative potential management, based on fuzzy set approach*. Volgograd: The Publishing House of Volgograd State Technical University (in Russian).]
- Максимов Ю., Митяков С., Митякова О.** (2006). Инновационное развитие экономической системы: оценка эффективности трансфера технологий // *Инновации*. № 7 (94). С. 84–86. [Maksimov Yu., Mityakov S., Mityakova O. (2006). Innovation development of economic system: Evaluation of the effectiveness of technology transfer. *Innovations*, 7 (94), 84–86 (in Russian).]
- Пахомова Е.А., Лычагина Т.А., Голубева М.С.** (2015). Анализ финансового состояния производственного предприятия инструментарием теории нечетких множеств // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. № 35. С. 15–25. [Pakhomova E.A., Lychagina T.A., Golubeva M.S. (2015). Analyzing the financial position of the production enterprise using the fuzzy set framework. *National Interests: Priorities and Security*, 35, 15–26 (in Russian).]
- Пегат А.** (2009). Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. [Piegat A. (2009). *Fuzzy modeling and control*. Translated from English. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory (in Russian).]
- Рубанов В.Г., Титов В.С., Бобырь М.В.** (2014). Адаптивные системы принятия нечетко-логических решений. Белгород: Издательство БГТУ. [Rubanov V.G., Titov V.S., Bobyr M.V. (2014). *Adaptive systems for making fuzzy logic solutions*. Belgorod: The Publishing House of the Belgorod State Technical University (in Russian).]
- Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.** (2006). Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия — Телеком. [Rutkovskaya D., Pilinsky M., Rutkovsky L. (2006). *Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems*. Translated from Polish. Moscow: Goryachaya Linia — Telekom (in Russian).]
- Соловьева Ю.В.** (2016). Механизм трансфера технологий в инновационной экономике. М.: РУДН. [Solovieva Yu.V. (2016). *Mechanism of technology transfer in innovation economy*. Moscow: The Publishing House of RUDN University (in Russian).]
- Фаттахов Р.В., Тульчинский Г.Л., Дончевский Г.Н., Нешадин А.А., Маврин Е.В., Низамутдинов М.М., Шагиахметов М.Р., Колбасов А.С., Фаттахов М.Р., Строев П.В.** (2013). Инновационные кластеры — точки роста XXI века: теоретические подходы, методологические и методические основы их формирования и развития. М.: Финансовый университет. [Fattakhov R.V., Tulchinsky G.L., Donchevsky G.N., Neshchadin A.A.,

- Mavrin E.V., Nizamutdinov M.M., Shagiakhmetov M.R., Kolbasov A.S., Fattakhov M.R., Stroev P.V. (2013). *Innovation clusters as growth areas of the 21st century: Theoretical approaches, methodological bases of their formation and development*. Moscow: The Publishing House of Financial University (in Russian).]
- Чаплыгин В.Г. (2004). Устойчивость и равновесие, кооперация и координация в глобальном пространстве: Дж. Нэш versus Г. Штакельберг // *Известия Томского политехнического университета*. № 2 (307). С. 173–176. [Chaplygin V. (2004). Sustainability and equilibrium, cooperation and coordination: J. Nash versus H. Stackelberg. *The News of Tomsk Polytechnic University*, 2 (307), 173–176 (in Russian).]
- Чаплыгин В.Г., Дельцова Т.А. (2018). Корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязи признаков криптовалюты биткойн // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: гуманитарные и общественные науки*. № 2. С. 70–79. [Chaplygin V., Deltsova T. (2018). Correlation-regression analysis of bitcoin characteristics. *IKBFU's Vestnik. Series: Humanities and Social Sciences*, 2, 70–79 (in Russian).]
- Юдина М.Н. (2016). Узлы в социальных сетях: меры центральности и роль в сетевых процессах // *Омский научный вестник*. № 4 (148). С. 161–165. [Yudina M.N. (2016). The nodes of social networks: Measures of centrality and role in network processes. *Omsk Scientific Bulletin*, 4 (148), 161–165 (in Russian).]
- Chengliang L., Mingming G., Dezhong D. (2018). Spatial pattern and influential mechanism of interurban technology transfer network in China. *Acta Geographica Sinica*, 73, 8, 1462–1477.
- Chen Ch.-J., Hsiao Y.-Ch., Chu M.-A. (2014). Transfer mechanisms and knowledge transfer: The cooperative competency perspective. *Journal of Business Research*, 67, 2531–2541.
- Engel J.S. (2015). Global clusters of innovation: Lessons from Silicon Valley. *California Management Review*, 57, 2, 36–65.
- Huggins R., Prokop D., Thompson P. (2019). Universities and open innovation: The determinants of network centrality. *The Journal of Technology Transfer*. March. DOI: 10.1007/s10961–019–09720–5
- Manimala M.J., Tomas K.R. (2013). Learning needs of technology transfer: Coping with discontinuities and disruptions. *Journal of Knowledge Economy*, 4, 4, 511–539.
- Shipley M.F., Khoja F., Shipley J.B. (2018). Investigating task and risk orientations in social behavior in networks: A fuzzy set-based model connecting natural and social sciences. *Annals of Operations Research*, 268, 1–2, 21–40.
- Shofar Y. (2002). *Technology transfer as structural configuration of learning organization*. Tel-Aviv: Tel-Aviv University.

Mathematical determination of technology transfer efficiency

© 2020 V.G. Chaplygin, V.N. Moroz

V.G. Chaplygin,

Wyższa Szkoła Bankowa w Gdańsku (WSB University), Gdansk, Poland; e-mail: chaplygin.vladimir@gmail.com

V.N. Moroz,

Kaliningrad Institute of Economics, Kaliningrad, Russia; e-mail: morozvadim@rambler.ru

Received 19.12.2019

Abstract. Coordination and regulation of the technology transfer processes in the innovation cluster by the leading organization — the «core», carried out by taking into account the nature of the interaction between the participants that are parties of a transfer, can significantly increase the efficiency of technology transfer and, thus, contribute to the complete realization of the advantages of the cluster as a form of interaction between organizations. Based on the analysis of the concept of network centrality in combination with the theory of fuzzy sets and the apparatus of mathematical statistics, a methodology has been developed for determining the optimal method of regulation by the leading organization — the «core» — the innovation cluster — technology transfer processes carried out as part of the interaction of cluster members in the course of joint implementation of activities aimed at creating and implementing innovations. A new approach is proposed to determine the optimal method for regulating the technology transfer processes in the innovation cluster, based on the optimal degree of participation of the «core» of the innovation cluster in the technology transfer processes. A feature of the proposed approach is the allocation of regulatory methods that reflect the nature and degree of regulation of the technology transfer processes in the innovation cluster from the «core» side, and determine the degree of their influence on the technology transfer efficiency. The developed methodology for choosing the optimal way to regulate the technology transfer processes in the innovation cluster will reduce the time costs associated with the creation of new knowledge and accelerate access to the markets of innovative products.

Keywords: innovation cluster, technology transfer, scenario for regulating technology transfer processes, fuzzy set theory, membership function, regression analysis.

JEL Classification: C02, C15, O31, O32.

DOI: 10.31857/S042473880010522-3