

Развитие цифрового моделирования в теории региональной экономики на основе данных по производственным нефтегазохимическим видам деятельности

И.Л. Беилин

Институт экономики, управления и финансов Казанского (Приволжского) федерального университета, 420012, Казань, ул. Бутлерова, д. 4

Аннотация. По данным производственных видов деятельности Республики Татарстан рассматривается значение нефтегазохимического кластера в устойчивости экономики региона. Представлена целесообразность цифрового моделирования на основе симплексного метода в теории региональной экономики как развитие школы пространственного анализа У. Айзарда, который впервые вводит понятие промышленного кластера, представляющего собой совокупность видов экономической деятельности, осуществляемых в определенном месте и объединенных в определенную группу тесными производственными, коммерческими или другими связями. Показан новый экономико-математический подход сравнения экспорта пластмасс и изделий из них, каучука синтетического и шин, с одной стороны, и импорта пластмасс и изделий из них, эфирных масел, парфюмерных, косметических средств и органических химических соединений, с другой. На основе этого же экономико-математического метода представлена цифровая модель связи вышеназванных видов производственной деятельности с распределением поступивших иностранных инвестиций по нефтегазохимическим видам экономической деятельности Республики Татарстан. На ее примере разработано предложение о возможности формирования вывода об устойчивости региональной экономической системы с высоким значением нефтегазохимического кластера. Цифровое моделирование в настоящее время развивается очень продуктивно. Это связано с высоким развитием математического обеспечения, формирующегося в виде пакетов прикладных программ. Использование таких пакетов повышает производительность моделирования и одновременно упрощает его. Достоинствами методов цифрового моделирования являются возможности решения любого класса задач, поддающихся математической формализации, обеспечения высокой точности вычислительной работы, легкости трансформации одной задачи в другую (как правило, достаточно только перезапустить программу) и исследования объектов большой размерности.

Ключевые слова: территориальная социально-экономическая система, имитационное моделирование, управленческая информация, регрессионный анализ, экономическая политика, сценарный анализ, нечеткая логика

The development of digital modeling in the theory of regional economics based on data on industrial petrochemical types of activity

I.L. Beilin

Kazan Federal University, 2 Butlerova Ul., Kazan 420012, Russia

Abstract. According to the production activities of the Republic of Tatarstan, the importance of the petrochemical and chemical cluster in the sustainability of the regional economy is considered. The expediency of digital modeling based on the simplex method in the theory of regional economics as the development of the W. Aizard spatial analysis school is introduced. A certain group of close industrial, commercial or other ties. The article shows a new economic and mathematical approach to comparing exports of plastics and their products, synthetic rubber and tires on the one hand, and imports of plastics and products from them, essential oils, perfumery, cosmetics and organic compounds on the other. On the basis of the same economic-mathematical method, a digital model of communication of the above-mentioned types of industrial activity is presented with the distribution of foreign investment by petrochemical and chemical types of economic activity of the Republic of Tatarstan. On her example, a proposal was developed on the possibility of forming a conclusion about the sustainability of a regional economic system with a high value of petrochemical cluster. Digital modeling is currently developing very productively. This is due to the high development of software, which is being formed in the form of software packages. The use of such packages improves simulation performance and at the same time simplifies it. The advantages of digital modeling methods are the ability to solve any class of problems amenable to mathematical formalization, ensure high accuracy of computational work, ease of transforming one task into another (as a rule, just restart the program) and study objects of high dimensionality.

Keywords: economics in industry, regional economics, economic and mathematical modeling, petrochemical cluster, digital economy

For citation: Beilin I.L. The development of digital modeling in the theory of regional economics based on data on industrial petrochemical types of activity. *Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*, 2020. Vol. 13. No. 1. Pp. 35–47. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2020-1-35-47

Введение

Методы моделирования в теории региональной экономики отличаются по математическому аппарату и включают элементы линейной алгебры, программирования, многомерного статистического анализа, эконометрики, а также теории игр. В масштабе региона имеет место разделение на детализированные и агрегированные модели, которые отражают микро- и макроуровень соответственно [1–2]. В зависимости от включения в региональные модели пространственных структур различаются модели точечные и пространственные. В общей экономической теории применяются обычно точечные модели региональной экономической системы. Некоторые модели экономики отдельного региона строятся как точечные (по аналогии с макроэкономическими моделями), но вместе с ними присутствуют элементы моделей пространственных структур. Например, к ним относятся многорегиональные модели национальных экономик.

Значительным отличием большинства моделей региональной экономической системы считается универсальная возможность представлять структуру, взаимосвязи и закономерности как в отличающихся регионах, так и в странах с различным курсом социально-экономического развития. Это свойство в математическом моделировании обуславливает обобщение мировой и отечественной теории региональной экономики. Модели размещения производства, отраслевого баланса, рацио-

нального использования природных ресурсов, оптимизации перевозок, экономических межрегиональных взаимодействий актуальны на территориях с любым типом экономики [3–4]. При этом изменения экономического и политического устройства влияют на выбор математических моделей и на методики их применения.

Обзор литературы

В административной плановой экономике определяющее значение имели модели нормативного типа, направленные на реализацию задач директивного планирования и управления (что, кому и как надо делать). Так как в такой системе регионы были представлены в основном как объекты (но не субъекты) экономики, то моделирование региональных экономических процессов и в целом региональной экономической системы имело незначительный интерес и возможности применения в практической деятельности. «Продвинутые регионы» применяли математические модели для возможностей более аргументированного диалога с центральным аппаратом власти. Модели дескриптивной формы, которые описывают реальные тенденции и развитие экономических субъектов, применялись при исследовании демографической ситуации, изменениях потребительского рынка, цен и так далее на начальных этапах прогнозирования.

При переходе к экономике рыночного типа приоритеты в математическом моделировании смещаются в сторону дескриптивных моделей.

Это не говорит о том, что экономико-математические модели, которые раньше применялись в задачах директивного планирования и управления, потеряли свое значение. Во-первых, такие модели, как и раньше, остаются востребованными государственными структурами на национальном и региональном уровнях, а также крупными корпорациями, учитывая, что их устойчивое долгосрочное развитие возможно только в условиях стратегического планирования [5–6]. Во-вторых, при рыночных механизмах, когда командное управление невозможно, основные модели, такие как балансовые и оптимизационные, применяются для анализа конкурентных возможностей регионов, альтернативных структур производства и распределения ресурсов. Это справедливо и для соотношений спроса и предложения в условиях неопределенности, вариантах соотношений экономических интересов между федеральным центром, регионами, группами товаропроизводителей и населения и тому подобное.

В переходном периоде значительные трудности для моделирования создают неустойчивый характер экономических процессов, хаотичное изменение «правил игры», непоследовательная экономическая политика [7–12]. В то же время переходный период выдвигает новые требования к моделированию в связи с необходимостью количественной оценки кризисных ситуаций, последствий распада прежних экономических связей, ликвидации экономических субъектов. Для формализации подобных ситуаций создаются новые теории, математический аппарат, модели (например, теории и модели катастроф и бифуркаций).

Значительные трудности для развития исследований в области моделирования создаются информационной неопределенностью, которая увеличивается во время кризиса. Это проблемы недостатка информации о мелком и среднем бизнесе, расширение различных видов теневых сфер в экономике, переход статистики на новые методологические принципы и, соответственно, недостаток длинных динамических последовательностей сопоставимых данных. Способствующим фактором в развитии моделирования экономических процессов и систем является интенсивное распространение компьютерной техники и компьютерных технологий, которые необходимы для цифровой экономики. В цифровой форме высоко востребованы широко применяющиеся модели региональной экономики, сгруппированные по предметному принципу: модели отдельного региона, модели

размещения и пространственные (или межрегиональные) модели национальной экономики.

Теории развития региона в значительной степени основаны на макроэкономических теориях. Такая же ситуация существует и в моделировании, что выражается в применении модифицирования в макроэкономических моделях для исследования региональной экономики, но с учетом неопределенностей, связанных с тем, что регионы являются более открытыми системами, чем национальная экономика [14–20]. Характерными примерами такого распространения в региональном уровне можно считать применение кейнсианской модели мультипликатора, а также целого ряда макромоделей экономического роста. Особенность открытой экономической системы в значительной степени отражается моделью экспортной базы, которая исходит из того, что основной движущей силой регионального развития считается внешний спрос.

В процессе анализа региональной экономики детализированные модели обладают важными преимуществами относительно агрегированных макромоделей, которые оперируют на такие показатели, как общий валовый региональный продукт, занятость, доходы, потребление, инвестиции и тому подобное. Это обусловлено тем, что комплекс макропоказателей отдельно взятого региона значительно менее устойчив, чем система макропоказателей всей национальной экономики. Повышение устойчивости экономической системы региона возможно за счет увеличения доли обрабатывающих производств, ориентированных на высокую добавленную стоимость. Успех таких регионов обусловлен высокой конкуренцией на рынке наукоемкой высокотехнологичной продукции и низкой зависимостью от неопределенностей цены на сырье, так как в общей стоимости конечного продукта оно составляет небольшую часть по сравнению с добавленной стоимостью. Сырьевые рынки высоко монополизированы, и снижение зависимости от них региональной экономики ведет, безусловно, к увеличению ее устойчивости. Согласно региональным теориям размещения наиболее эффективным способом создания благоприятных условий для развития высокотехнологичных производств является кластеризация промышленности.

Промышленным кластером является совокупность субъектов деятельности в сфере промышленности, связанных отношениями в указанной сфере вследствие территориальной

близости и функциональной зависимости и размещенных на определенной территории [21]. Целью создания таких структур является создание наиболее благоприятных условий для развития наукоемких высокотехнологичных инновационных проектов, обеспечивающих производство конкурентоспособной продукции с высокой добавленной стоимостью [22–24]. Развитие инновационной инфраструктуры поддерживается государственной политикой как в целом в форме льготного налогообложения и субсидирования, так и на уровне отдельных инновационных проектов, предприятий и научно-исследовательских работ кластера в форме федеральных целевых программ и инвестиционных фондов. Поскольку инновационное развитие является определяющим в современной цифровой экономике, задача каждого государства заключается в создании условий обеспечения притока капитала в промышленные инновации венчурных кампаний и представителей крупного, в том числе иностранного, бизнеса.

Республика Татарстан удерживает прочные позиции как высокоэффективный нефтегазохимический регион и широко представлена на национальном и мировом уровнях. В настоящее время республика обладает самыми современными возможностями развития всех трех основных технологических платформ нефтегазохимической отрасли:

- нефтедобыча, связанная с технологиями увеличения коэффициента извлечения нефти;
- традиционная нефтепереработка, связанная с совершенствованием технологий выделения топливных фракций;
- глубокая химическая переработка нефти, связанная с совершенствованием технологий мономерного сырья для высокомолекулярных соединений [25], являющихся основой промышленности пластических масс, резинотехнических изделий, лаков, красок, клеев, синтетических волокон, шинной промышленности и многого другого.

Высокий уровень Татарстана в области нефтегазохимии обусловлен большой инвестиционной привлекательностью этого сектора экономики, а также тесной кооперацией предприятий нефтегазохимического кластера с научными и образовательными центрами. 23 мая 2018 г. кабинет министров Республики Татарстан и ООО «Нефтегазохимический кластер» заключили соглашение о создании Нефтегазохимического промышленного кластера Республики Татарстан (**Кластер**) [26]. Развитие Кластера должно осуществляться в соответствии со стратегией пространственного

развития и схемами территориального планирования Российской Федерации и Республики Татарстан.

Участниками Кластера стали пять крупных (насчитывающих более 250 работников) производственных предприятий, среди которых ПАО «ТАТНЕФТЬ», АО «ТАНЕКО», ПАО «Нижекамскшина» и другие, два средних (от 101 до 250 работников) и три малых (до 100 работников) производственных предприятия. Инфраструктуру Кластера составили: один вуз, одно учреждение среднего профессионального образования, а также три объекта, представляющие промышленную и технологическую поддержку.

Методы исследования

Симплекс-метод является алгоритмом решения оптимизационной задачи линейного программирования путем перебора вершин выпуклого многогранника в многомерном пространстве. Сущность метода: построение базисных решений, на которых монотонно убывает линейный функционал, до ситуации, когда выполняются необходимые условия локальной оптимальности. В работе Л.В. Канторовича «Математические методы организации и планирования производства» были впервые изложены принципы новой отрасли математики, которая позднее получила название линейного программирования. В настоящее время существует большое количество цифровых технологий решения, основанных на симплекс-методе. Они получили широкое распространение в авиации и космонавтике, в химической технологии для оптимизации многокомпонентных смесей, но не встречаются в экономике, что является большим упущением возможностей моделирования, особенно в условиях развития программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Результаты исследования и их практическая значимость

Активная производственная позиция Республики Татарстан привела к росту индекса промышленного производства в 2018 г. в целом по добывающему и обрабатывающему секторам на 1,9 % (табл. 1) [8]. При этом если данный индекс для всех обрабатывающих производств вырос всего на 0,6 %, то для производства кокса и нефтепродуктов, производства химических веществ и химических продуктов и производства резиновых изделий он вырос на 7,2 %, 4,2 % и 7,6 % соответственно.

Таблица 1

Индексы производства по нефтегазохимическим видам деятельности Республики Татарстан
 [Production indices for petrochemical and chemical activities of the Republic of Tatarstan]

	Январь–ноябрь 2018 г. к январю–ноябрю 2017 г., в %
Индекс промышленного производства	101,9
Добыча полезных ископаемых – всего	101,4
добыча сырой нефти и природного газа	101,1
Обрабатывающие производства – всего	100,6
из них:	
производство кокса и нефтепродуктов	107,2
производство химических веществ и химических продуктов	104,2
производство резиновых и пластмассовых изделий	100,0
в том числе:	
производство резиновых изделий	107,6
производство изделий из пластмасс	97,5

Таблица 2

Товарная структура экспорта и импорта Республики Татарстан, млн долларов США
 [Commodity structure of export and import of the Republic of Tatarstan, million US dollars]

	Экспорт	Импорт	Дальнее зарубежье		СНГ	
			Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт
Всего	9254,0	2685,5	8050,1	2442,6	1203,9	242,9
Минеральные продукты	6538,1	45,3	6191,4	17,2	346,7	28,1
к 2015 году, в %	77,9	109,4	79,5	120,3	56,5	103,7
В том числе топливно-энергетические товары	6528,4	40,2	6182,1	14,8	346,3	25,4
к 2015 году, в %	77,9	115,2	79,5	145,1	56,5	102,8
Продукция химической промышленности	1622,8	530,5	1182,1	504,7	440,7	25,8
к 2015 году, в %	97,0	113,5	97,0	114,4	97,0	98,1

Таким образом, средний индекс промышленного производства нефтегазохимического кластера Республики Татарстан в 2018 г., даже с учетом того, что этот показатель снизился на 2,5 % для производства изделий из пластмасс, составил 5,7 % и превысил общий региональный на 3,8 %, а общий индекс обрабатывающих производств на 4,9 %.

При этом необходимо отметить высокую долю экспорта (табл. 2). Особенно это относится к продуктам нефтегазохимического кластера. Так, соотношение общего экспорта к импорту Республики Татарстан в 2016 г. составило около 3,45 : 1, причем для стран дальнего зарубежья это соотношение 3,29:1, а для СНГ 4,95:1. Эти же соотношения экспорт к импорту для топливно-энергетических товаров, которые для Республики Татарстан, как видно из таблицы 2, включают более 99 % от всех минеральных продуктов, составляют 163,2:1 в целом, 412,1:1 для стран дальнего зарубежья и 17,1:1 для стран–участниц СНГ соответственно. Эти же соотношения экспорт к импорту для продукции химической промышленности Республики Татарстан, которая в укрупненном плане,

можно считать, имеет более высокую добавленную стоимость, составляют 3,1:1 в целом, 2,3:1 для стран дальнего зарубежья и 16,9:1 для стран–участниц СНГ соответственно. Это еще при том, что импорт по всем без исключения позициям по сравнению с предыдущим годом увеличился, а представленные пропорции адекватны для всех лет последнего десятилетия.

Соотношение экспорта к импорту для продукции химической промышленности относительно товаров других производств Республики Татарстан в 2016 г. составило 17,5 % : 19,7 % (рис. 1, 2). Это же соотношение для минеральных продуктов оказалось при 70,7 % : 1,7 %, а в наиболее высокотехнологичном секторе экономики машиностроительной продукции составило 0,8 % : 67,1 % соответственно. Сырьевая направленность экономики данного региона является следствием таковых тенденций и всей национальной экономики. Нефтегазохимическому производственному комплексу Республики Татарстан, обеспеченному современными высокотехнологичными предприятиями, удается удерживать разрыв между экспортом и импортом в пределах 2 %,

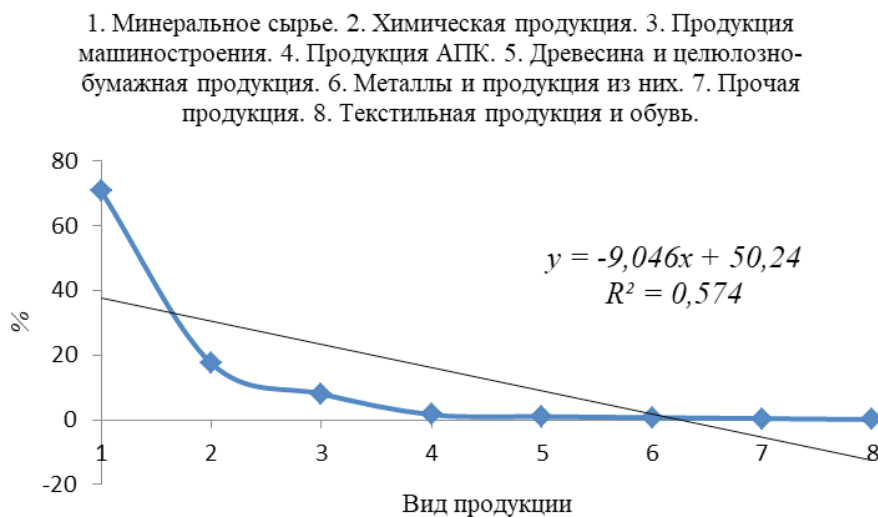


Рис. 1. Товарная структура экспорта в процентах к итогу за 2016 г.
[Commodity structure of exports as a percentage of the total for 2016]

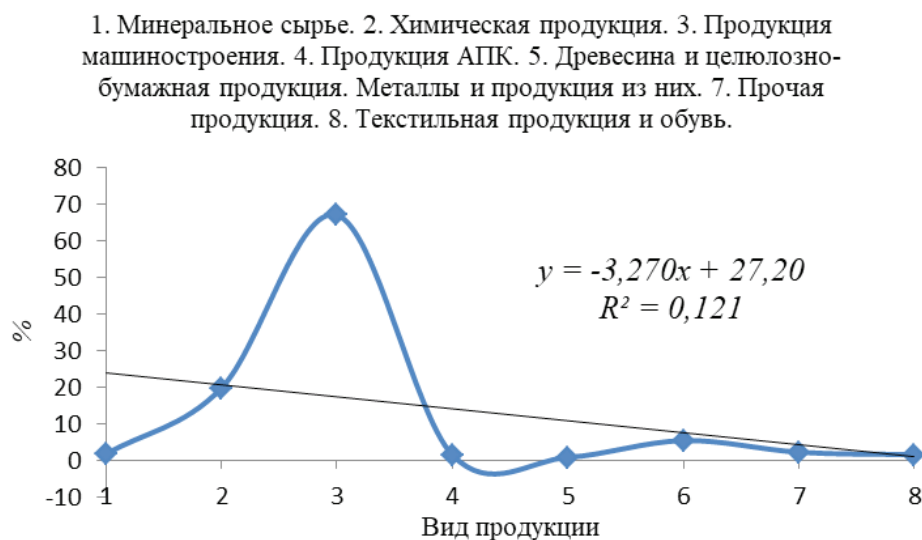


Рис. 2. Товарная структура импорта в процентах к итогу за 2016 г.
[Commodity structure of imports as a percentage of the total for 2016]

в то время как эта величина для минеральных продуктов и машиностроительной продукции составляет 69 % и 66 %, соответственно.

Учитывая сделанные выше наблюдения, представляется необходимым подробнее рассмотреть товарный состав экспорта и импорта нефтегазохимического комплекса Республики Татарстан (табл. 3, 4).

На основе метода симплексной оптимизации можно определить, что наибольший доход от экспорта продукции обрабатывающих производств нефтегазохимического сектора Республики Татарстан практически одинаков для 2015 и 2016 гг. и находится при соотношении промышленности «пластмасс и изделий из них» : «каучука синтетического» : «шин» в

Таблица 3

Товарный состав экспорта Республики Татарстан*
[Commodity composition of the export of the Republic of Tatarstan]

	2015 г.			2016 г.			2016 г. к 2015 г., в % (\$)
	количе- ство	млн. долла- ров США	к итогу, в %	количе- ство	млн. долла- ров США	к итогу, в %	
Всего	–	11448,4	100,0	–	9254,0	100,0	80,8
нефть, тыс. тонн	12709,8	4370,9	38,2	14033,3	3901,8	42,2	89,3
нефтепродукты, тыс. тонн	10280,6	3855,1	33,7	8521,2	2576,9	27,8	66,8
углеводороды циклические, тыс. тонн	4,8	3,8	0,0	7,8	5,5	0,1	145,3
пластмассы и изделия их них, тыс. тонн	270,6	360,0	3,1	317,4	392,8	4,2	109,1
каучук синтетический, тыс. тонн	572,9	918,6	8,0	585,3	820,7	8,9	89,3
шины, тыс. штук	1660,3	91,8	0,8	3616,6	147,3	1,6	160,4
Дальнее зарубежье	–	9838,5	100,0	–	8050,1	100,0	81,8
нефть, тыс. тонн	11407,7	4050,1	41,2	12965,2	3668,4	45,6	90,6
нефтепродукты, тыс. тонн	9797,3	3693,2	37,5	8195,4	2468,8	30,7	66,8
углеводороды циклические, тыс. тонн	4,8	3,8	0,0	7,8	5,5	0,1	145,3
пластмассы и изделия их них, тыс. тонн	79,6	96,7	1,0	140,5	156,6	1,9	162,0
каучук синтетический, тыс. тонн	567,4	911,1	9,3	580,1	813,0	10,1	89,2
шины, тыс. штук	436,6	37,0	0,4	475,6	31,6	0,4	85,3
Страны СНГ	–	1609,9	100,0	–	1203,9	100,0	74,8
нефть, тыс. тонн	1302,1	320,8	19,9	1068,1	233,4	19,4	72,8
нефтепродукты, тыс. тонн	483,3	161,9	10,1	325,8	108,1	9,0	66,8
углеводороды циклические, тыс. тонн	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
пластмассы и изделия их них, тыс. тонн	191,0	263,3	16,4	176,9	236,2	19,6	89,7
каучук синтетический, тыс. тонн	5,5	7,5	0,5	5,2	7,7	0,6	102,7
шины, тыс. штук	1223,7	54,8	3,4	3141,0	115,7	9,6	211,1

*За период январь–декабрь 2015 г. количественные показатели приведены с учетом взаимной торговли с Республикой Беларусь по данным Белстата, но без учета данных взаимной торговли с Республикой Казахстан и Республикой Армения.

Таблица 4

Товарный состав импорта Республики Татарстан*
[Commodity composition of imports of the Republic of Tatarstan]

	2015 г.			2016 г.			2016 г. в % к 2015 г. (\$)
	коли- чество	млн. долла- ров США	в % к итогу	коли- чество	млн. долла- ров США	в % к итогу	
Всего	–	2647,4	100,0	–	2685,5	100,0	101,4
пластмассы и изделия из них, тыс. тонн	88,5	189,2	7,1	100,3	203,3	7,6	107,5
органические химические соединения, тыс. тонн	37,9	84,6	3,2	44,5	93,1	3,5	110,0
эфирные масла, парфюмерные, косметиче- ские средства, тыс. тонн	0,6	5,6	0,2	0,7	7,1	0,3	126,8
Дальнее зарубежье	–	2246,0	100,0	–	2442,6	100,0	108,8
пластмассы и изделия из них, тыс. тонн	78,0	170,5	7,6	87,4	184,7	7,6	108,4
органические химические соединения, тыс. тонн	36,8	83,2	3,7	43,6	92,2	3,8	110,8
эфирные масла, парфюмерные, косметиче- ские средства, тыс. тонн	0,5	5,3	0,2	0,5	5,7	0,2	107,5
СНГ	–	401,4	100,0	–	242,9	100,0	60,5
пластмассы и изделия из них, тыс. тонн	10,5	18,7	4,7	12,9	18,6	7,7	99,5
органические химические соединения, тыс. тонн	1,1	1,4	0,3	0,9	0,9	0,4	64,3
эфирные масла, парфюмерные, косметиче- ские средства, тыс. тонн	0,1	0,3	0,1	0,2	1,4	0,6	466,7

*За период январь–декабрь 2015 г. количественные показатели приведены с учетом взаимной торговли с Республикой Беларусь по данным Белстата, но без учета данных взаимной торговли с Республикой Казахстан и Республикой Армения.

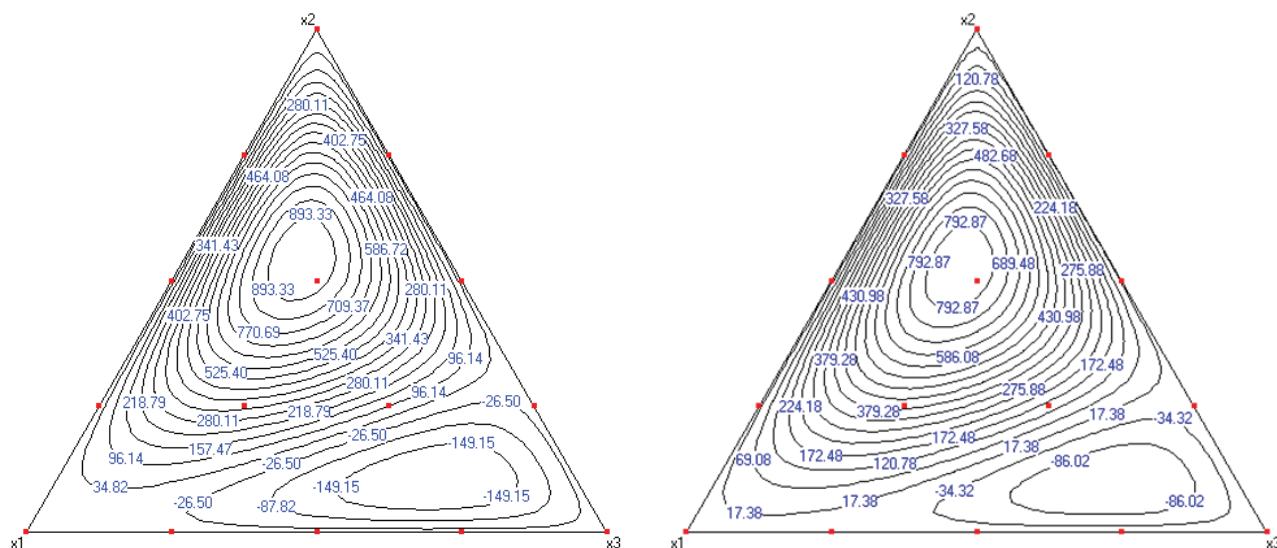


Рис. 3. Цифровая симплексная модель общего экспорта Республики Татарстан пластмасс и изделий из них (x1) : каучука синтетического (x2) : шин (x3) в 2015 г. (слева) и в 2016 г. (справа), млн \$
[Digital simplex model of total export of the Republic of Tatarstan of plastics and their products (x1): synthetic rubber (x2): tires (x3) in 2015 (left) and in 2016 (right), \$ million]

области примерно 25 %, 60 %, 15 % соответственно (рис. 3). Подобные вычисления для экспорта в страны дальнего зарубежья дают аналогичные результаты, о чем косвенно можно судить и по табл. 3. Вместе с этим соотношение экспорта данной промышленности в страны СНГ находится в другой области и составило около 70 %, 5 %, 25 % соответственно (рис. 4).

Данный подход не только дает возможность определения оптимальных соотношений влияющих факторов на целевой показатель, в данном случае обрабатывающих нефтегазохимических производств (x1, x2, x3) на объем экспорта (млн \$), но и является инструментом для прогнозирования величины целевого показателя при любых других соотношениях влияющих на него факторов.

Аналогичные модели можно составить и для импорта (рис. 5), где в качестве влияющих факторов из числа обрабатывающих производств нефтегазохимического комплекса (как видно из табл. 4) можно выбрать «пластмассы и изделия из них» (x1), «органические химические соединения» (x2) и «эфирные масла, парфюмерные, косметические средства» (x3).

Так же, как и в случае с экспортом, структура общего импорта нефтегазохимической промышленности Республики Татарстан практически полностью формируется странами дальнего зарубежья, что приводит к полному пропорциональному их соответствию (см. в

табл. 4 раздел «Всего» и «Страны дальнего зарубежья»), где существенно доминируют факторы x1 «пластмассы и изделия из них» и «органические химические соединения» x2. Вместе с этим структура импорта из стран-участниц СНГ значительно отличается наиболее высокой долей только фактора x3 «пластмассы и изделия из них» (рис. 6).

Учитывая сложившуюся активную позицию производственного нефтегазохимического кластера Республики Татарстан во внешнеэкономической деятельности, имеет смысл обратить внимание на распределение поступивших иностранных инвестиций (табл. 5). Наибольшая их часть, составляющая 261951,8 тыс. долларов США (39,5 % от общего объема), была направлена на развитие обрабатывающих производств, а доля инвестиций нефтегазохимического кластера в них составила всего 5 % и менее 2 % от общего объема иностранных инвестиций.

Единственным производственным фактором, встречающимся во всех сформированных моделях (рис. 3–6), хотя и с различной степенью влияния на целевой показатель, оказалось производство пластмасс и изделий (x1). Соответственно, представляется целесообразным составление модели зависимости этого фактора от поступивших иностранных инвестиций в производственный нефтегазохимический кластер Республики Татарстан (рис. 7).

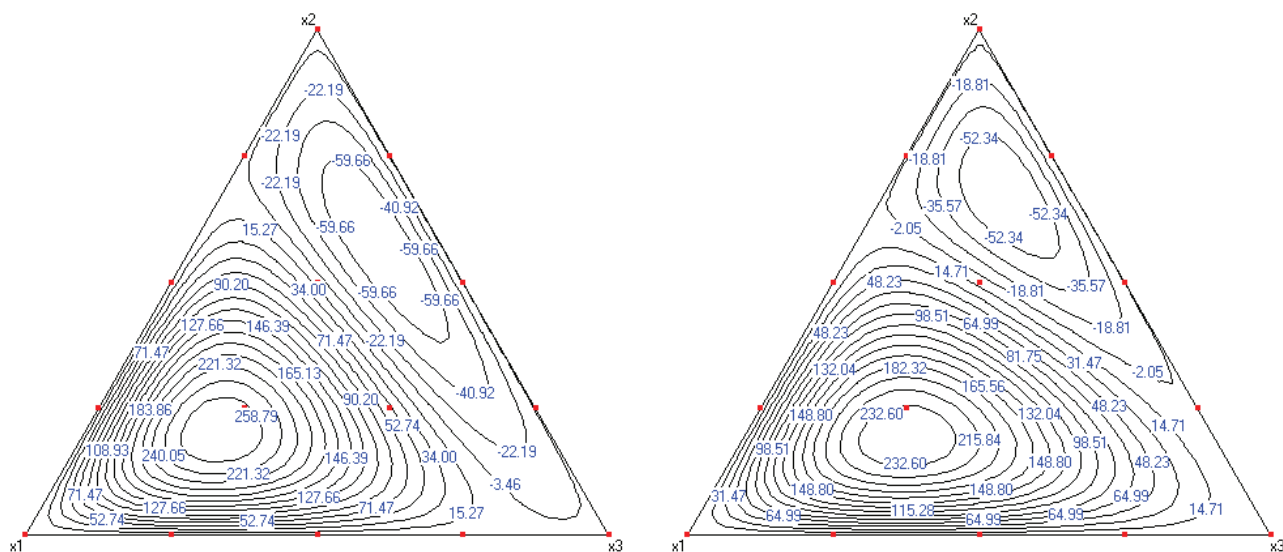


Рис. 4. Цифровая симплексная модель экспорта Республики Татарстан в СНГ пластмасс и изделий их них (x1) : каучука синтетического (x2) : шин (x3) в 2015 г. (слева) и в 2016 г. (справа), млн \$
 [Digital simplex export model of the Republic of Tatarstan to the CIS plastics and their products (x1): synthetic rubber (x2): tires (x3) in 2015 (left) and in 2016 (right), \$ million]

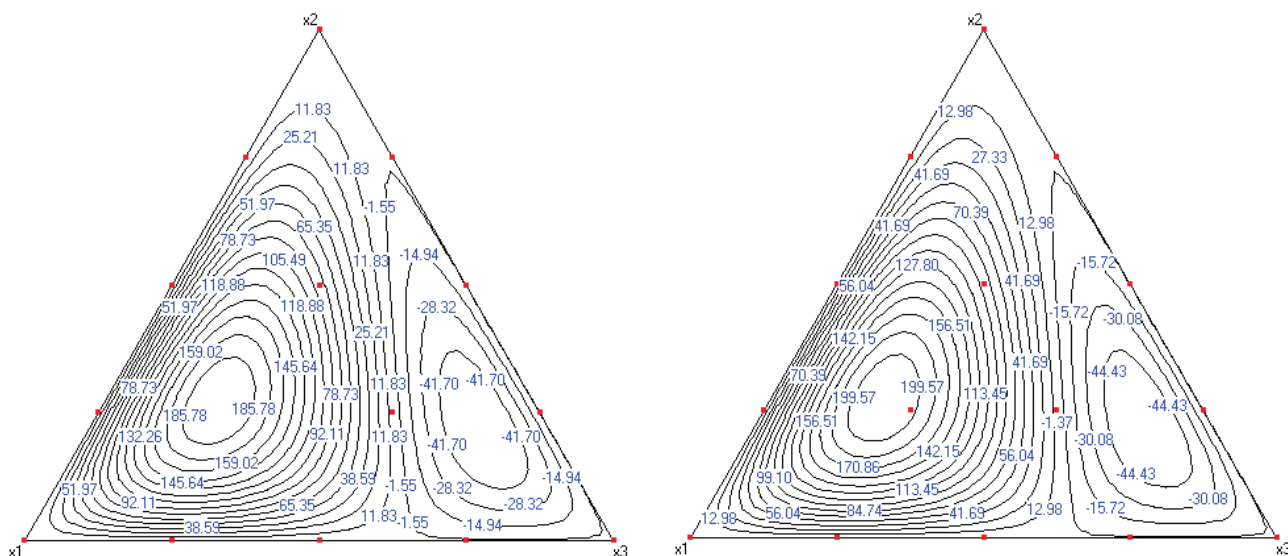


Рис. 5. Цифровая симплексная модель общего импорта Республики Татарстан пластмасс и изделий из них (x1) : органических химических соединений (x2) : эфирных масел, парфюмерных, косметических средств (x3) в 2015 г. (слева) и в 2016 г. (справа), млн \$
 [Digital simplex model of the total import of the Republic of Tatarstan of plastics and products from them (x1): organic chemical compounds (x2): essential oils, perfume-dimensional, cosmetics (x3) in 2015 (left) and in 2016 (right) million \$]

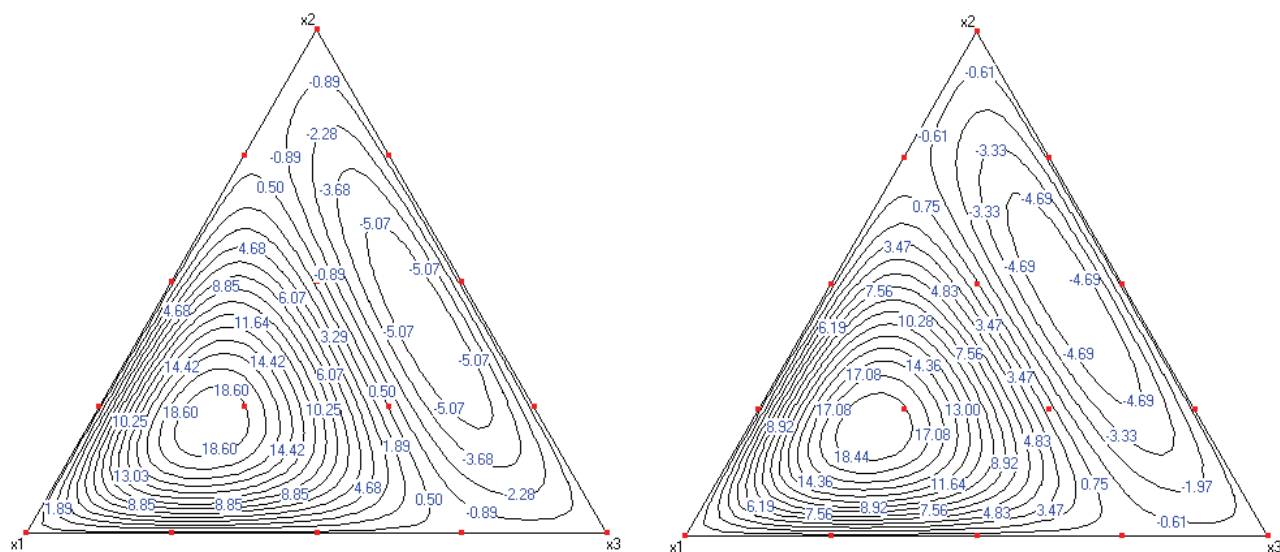


Рис. 6. Цифровая симплексная модель импорта Республики Татарстан в СНГ пластмасс и изделий из них (x1) : органических химических соединений (x2) : эфирных масел, парфюмерных, косметических средств (x3) в 2015 г. (слева) и в 2016 г. (справа), млн \$

[Digital simplex model of import of the Republic of Tatarstan to the CIS plastics and products of them (x1): organic chemical compounds (x2): essential oils, perfume-dimensional, cosmetic products (x3) in 2015 (left) and in 2016 (right), mln. \$]

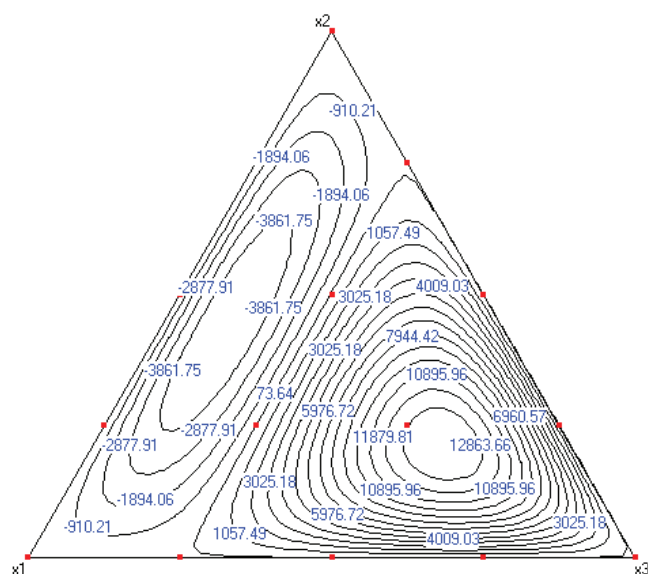


Рис. 7. Цифровая симплексная модель поступивших иностранных инвестиций в производственный нефтегазохимический кластер Республики Татарстан, тыс. долларов США

[Digital simplex model of foreign investment in the production of petrochemical and chemical cluster of the Republic of Tatarstan, thousand US dollars]

Таблица 5

Распределение поступивших иностранных инвестиций по нефтегазохимическим видам экономической деятельности Республики Татарстан [Distribution of foreign investment by petrochemical types of economic activity of the Republic of Tatarstan]				
	Всего, тыс. долла- ров США	в том числе:		
		прямые	портфельные	прочие
Всего, тыс. долларов*	663035,8	263390,3	0,2	399645,3
Добыча полезных ископаемых	0,2	0,2	–	–
Обрабатывающие производства, в том числе:	261951,8	220605,7	–	41346,1
производство пластмассовых и резиновых изделий	94,1	94,1	–	–
химическое производство	232,5	232,5	–	–
производство прочих неметаллических минераль- ных продуктов	12855,7	150,2	–	12705,5

*С учетом рублевого поступления, пересчитанного в доллары США по курсу ЦБ России.

Заключение

В результате проведенного исследования на основе цифрового моделирования симплексным методом показано, что соотношения иностранных инвестиций в производство пластмассовых и резиновых изделий (x1): химическое производство (x2): производство прочих неметаллических минеральных продуктов (x3), под которыми, прежде всего, значатся топливно-энергетические товары (табл. 2), находится в области 15 % : 20 % : 65 % соответственно. Эта модель не соответствует даже в общих чертах моделям ни экспорта, ни импорта продукции с высокой добавленной стоимостью нефтегазохимического кластера Республики Татарстан (рис. 3–6). Это свидетельствует об отсутствии их корреляции, а следовательно, о высокой экономической устойчивости производственной составляющей нефтегазохимического кластера, которая формирует значительную часть регионального бюджета и приводит к повышению устойчивости всей экономической системы данного региона. Представленные результаты не являются статистической погрешностью и могут свидетельствовать о ведущей роли нефтегазохимического кластера в региональной экономической системе Республики Татарстан, а цифровые технологии сбора и анализа экономических данных представляют собой надежный инструмент оценки, прогнозирования и моделирования региональных экономических процессов. Представленный в статье подход может иметь большое значение в развитии теории региональной экономики как новый компонент всемирно известной школы «Методов регионального анализа» и «Анализа промышленного комплекса» У. Айзарда.

Библиографический список

1. *Beilin I.L.* Economic-mathematical modeling of the total costs of innovative chemical

enterprise methods of fuzzy set theory // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. Т. 12. № 19. С. 4865–4869. DOI: 10.3923/jeasci.2017.4865.4869

2. *Beilin I.L.* Analysis of efficiency of the innovative project in the field of chemistry fuzzy logic // *Journal of Economics and Economic Education Research*. 2016. Т. 17. № Special Issue 3. С. 177–185.

3. *Isard W.* Reflections on the relevance of integrated multiregion models : Lessons from Physics // *Regional Science and Urban Economics*, Elsevier. 1986. V. 16 (2). Pp. 165–180.

4. *Isard W., Smith C., Anderton C.* Arms Races, Arms Control, and Conflict Analysis: Contributions from Peace Science and Peace Economics. Cambridge University Press. 1989. 554 p.

5. *Татаркин А.И.* Диалектика государственного и рыночного регулирования социально-экономического развития регионов и муниципалитетов // *Экономика региона*. 2014. № 1. С. 9–33. DOI: 10.17059/2014-1-1

6. *Шумпетер Й.А.* Теория экономического развития: капитализм, социализм и демократия / Предисл. В.С. Автономова; пер. с нем. В.С. Автономова, М.С. Любского, А.Ю. Чепуренко; пер. с англ. В.С. Автономова, Ю.В. Автономова, Л.А. Громова. М.: Эксмо, 2007. 864 с.

7. *Ogwumu D., Friday J.E.* Mathematical Model for Determining the Effect of Government Policies on Nigerians' Standard of Living and the Achievement of Economic Comfort in Nigeria // *American Journal of Applied Mathematics*. 2013. V. 1. No. 4. Pp. 84–91. DOI: 10.11648/j.ajam.20130104.17

8. *Curcio C.* A New Economic Measure of the Standard of Living. Duquesne University, 2005. 31 p.

9. *Smrčka L., Arltova M.* Debt in Relation to the Standard of Living Enjoyed by the Population

of Developed Countries. Prague Economic Papers. 2014. V. 1. Pp. 84–107. DOI: 10.18267/j.pap.474

10. Křupka J., Provazníková R., Kašparová M., Langer J. Standards of Living Modeling based on Objective Indicators with Using Cluster Analysis // International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. 2013. V. 7. Pp. 782–792.

11. Akachi Y., Canning D. Inferring the Economic Standard of Living and Health from Cohort Height: Evidence from Modern Populations in Developing Countries // Economics & Human Biology. 2015. V. 19. Pp. 114–128. DOI: 10.1016/j.ehb.2015.08.005

12. Baikova Y.I., Vardiashvili N.N. To the Problem of Rise in the Standard of Living of Population // Asian Social Science. 2015. V. 11. No. 6. Pp. 45–55. DOI: 10.5539/ass.v11n6p45

13. Best M.H. Silicon Valley and the Resurgence of Route 128: Systems Integration and Regional Innovation. In: Regions, Globalization, and the Knowledge-Based Economy. Oxford University Press, 2002. Pp. 459–484.

14. Enright M. Regional Clusters, Economic Development: A Research Agenda. In: Business Network: Prospects for Regional Development. Berlin: Walter de Gruyter, 1996. Pp. 190–213.

15. Uallacháin B Ó., Leslie T.F. Rethinking the Regional Knowledge Production Function // Journal of Economic Geography. 2007. V. 7. No. 6. Pp. 737–752.

16. Weisbrod G. Models to Predict the Economic Development Impact of Transportation Projects: Historical Experience and New Applications // The Annals of Regional Science. 2008. V. 42. No. 3. Pp. 519–543.

17. Gourinchas P.O., Rey H. External Adjustment, Global Imbalances, Valuation Effects. NBER Working Paper. 2013. No. 19240. 71 p.

18. Rudskaya I.A., Rodionov D.G. Comprehensive Evaluation of Russian Regional Innovation System Performance Using a Two-Stage Econometric Model // Espacios. 2018. V. 39. No. 4. Pp. 40.

19. Reichelstein S., Yorston M. The Prospects for Cost Competitive Solar PV Power // Energy Policy. 2013. V. 55. Pp. 117–127.

20. Comello S., Reichelstein S., Sahoo A. The Road Ahead for Solar PV Power // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. V. 92. Pp. 744–756. DOI: 10.1016/j.rser.2018.04.098

21. Статья 3 Закона Республики Татарстан от 21.04.2016 № 24-ЗРТ «О промышленной политике в Республике Татарстан».

22. Беилин И.Л., Хоменко В.В. Экономическая оценка оптимальной производитель-

ности инновационного предприятия с учетом цикличности его развития // Вопросы инновационной экономики. 2018. Т. 8. № 3. С. 499–512. DOI: 10.18334/vines.8.3.39384

23. Беилин И.Л., Архиреев В.П., Галибе-ев С.С., Азимов Ю.И. Новые полиамидоэфирсы на основе пропиленкарбоната // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2006. Т. 49. № 1. С. 108–112.

24. Беилин И.Л., Архиреев В.П., Галибе-ев С.С. Изучение анионной сополимеризации пропиленкарбоната с изоцианатами // Вестник Казанского технологического университета. 2004. № 1. С. 369–374.

25. Соглашение № С-4 о создании Нефтегазохимического промышленного кластера Республики Татарстан на сайте Министерства промышленности и торговли Республики Татарстан.

26. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан <http://stat.tatarstan.ru/>

References

1. Beilin I.L. Economic-mathematical modeling of the total costs of innovative chemical enterprise methods of fuzzy set theory. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. Vol. 12. No. 19. Pp. 4865–4869. DOI: 10.3923/jeasci.2017.4865.4869

2. Beilin I.L. Analysis of efficiency of the innovative project in the field of chemistry fuzzy logic. *Journal of Economics and Economic Education Research*. 2016. Vol. 17. No. Special Issue 3. Pp. 177–185.

3. Isard W. Reflections on the relevance of integrated multiregion models : Lessons from Physics. *Regional Science and Urban Economics*, Elsevier. 1986. Vol. 16 (2). Pp. 165–180.

4. Isard W., Smith C., Anderton C. Arms Races, Arms Control, and Conflict Analysis: Contributions from Peace Science and Peace Economics. Cambridge University Press, 1989. 554 p.

5. Tatarkin A.I. Dialectics of public and market regulation of a region and municipality socio-economic development. *Economy of Region*. 2014. No. 1. Pp. 9–33. (In Russ.). DOI: 10.17059/2014-1-1

6. Shumpeter J.A. Theory of economic development, capitalism, socialism and democracy. Moscow: Eksmo, 2007. 864 p. (In Russ.)

7. Ogwumu D., Friday J.E. Mathematical Model for Determining the Effect of Government Policies on Nigerians' Standard of Living and the Achievement of Economic Comfort in Nigeria.

American Journal of Applied Mathematics. 2013. Vol. 1. No. 4. Pp. 84–91. DOI: 10.11648/j.ajam.20130104.17

8. Curcio C. A New Economic Measure of the Standard of Living. Duquesne University, 2005. 31 p.

9. Smrčka L., Arltova M. Debt in Relation to the Standard of Living Enjoyed by the Population of Developed Countries. *Prague Economic Papers*. 2014. Vol. 1. Pp. 84–107. DOI: 10.18267/j.pep.474

10. Křupka J., Provazníková R., Kašparová M., Langer J. Standards of Living Modeling based on Objective Indicators with Using Cluster Analysis. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*. 2013. Vol. 7. Pp. 782–792.

11. Akachi Y., Canning D. Inferring the Economic Standard of Living and Health from Cohort Height: Evidence from Modern Populations in Developing Countries. *Economics & Human Biology*. 2015. Vol. 19. Pp. 114–128. DOI: 10.1016/j.ehb.2015.08.005

12. Baikova Y.I., Vardiashvili N.N. To the Problem of Rise in the Standard of Living of Population. *Asian Social Science*. 2015. Vol. 11. No. 6. Pp. 45–55. DOI: 10.5539/ass.v11n6p45

13. Best M.H. Silicon Valley and the Resurgence of Route 128: Systems Integration and Regional Innovation. In: *Regions, Globalization, and the Knowledge-Based Economy*. Oxford University Press, 2002. Pp. 459–484.

14. Enright M. Regional Clusters, Economic Development: A Research Agenda. In: *Business Network: Prospects for Regional Development*. Berlin: Walter de Gruyter, 1996. Pp. 190–213.

15. Uallacháin B. Óh, Leslie T.F. Rethinking the Regional Knowledge Production Function. *Journal of Economic Geography*. 2007. Vol. 7. No. 6. Pp. 737–752.

16. Weisbrod G. Models to Predict the Economic Development Impact of Transportation Projects: Historical Experience and New Applications. *The Annals of Regional Science*. 2008. Vol. 42. No. 3. Pp. 519–543.

17. Gourinchas P.O., Rey H. External Adjustment, Global Imbalances, Valuation Effects. *NBER Working Paper*. 2013. No. 19240. 71 p.

18. Rudskaya I.A., Rodionov D.G. Comprehensive Evaluation of Russian Regional Innovation System Performance Using a Two-Stage Econometric Model. *Espacios*. 2018. Vol. 39. No. 4. Pp. 40.

19. Reichelstein S., Yorston M. The Prospects for Cost Competitive Solar PV Power. *Energy Policy*. 2013. Vol. 55. Pp. 117–127.

20. Comello S., Reichelstein S., Sahoo A. The Road Ahead for Solar PV Power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 92. Pp. 744–756. DOI: 10.1016/j.rser.2018.04.098

21. Article 3 of the Law of the Republic of Tatarstan of April 21, 2016 No. 24-ZRT “On Industrial Policy in the Republic of Tatarstan”.

22. Beilin I.L., Khomenko V.V. Economic evaluation of the optimum performance of an innovative enterprise with the account of the cyclicity of its development. *Russian journal of innovation economics*. 2018. Vol. 8. No. 3. Pp. 499–512. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.8.3.39384

23. Beilin I.L., Arkhireev V.P., Galibeev S.S., Azimov Yu.I. New propilencarbonate-based polyamidethers. *Russian Journal of Chemistry and Chemical Technology*. 2006. Vol. 49. No. 1. Pp. 108–112. (In Russ.)

24. Beilin I.L., Arkhireev V.P., Galibeev S.S. Study of anionic copolymerization of propylene carbonate with isocyanates. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Kazan Technological University*. 2004. No. 1. Pp. 369–374. (In Russ.)

25. Agreement No. C-4 on the establishment of the Oil and Gas Chemical Industry cluster of the Republic of Tatarstan on the website of the Ministry of Industry and Trade of the Republic of Tatarstan. (In Russ.)

26. Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Tatarstan <http://stat.tatarstan.ru/> (In Russ.)

Информация об авторе / Information about the author

Беилин Игорь Леонидович – докторант, i.beilin@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5878-4915>, Институт экономики, управления и финансов Казанского Приволжского федерального университета, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Igor L. Beilin – PhD student, i.beilin@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5878-4915>, The Institute of Economics, Management and Finance Kazan Volga Federal University, 18 Kremlevskaya Str., Kazan 420008, Russia

Поступила в редакцию 19.04.2019 г.; после доработки 03.03.2020 г.; принята к публикации 05.03.2020 г.