

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАДРОВЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ РЕГИОНА С ПОМОЩЬЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ КОББА – ДУГЛАСА*

Елена Анатольевна ПАХОМОВА ^a, Дарья Анатольевна ПИСАРЕВА ^b,
Кира Сергеевна ХАРЧЕВА ^c

^a доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры экономики, Государственный университет «Дубна», Дубна, Российская Федерация
uni-dubna@mail.ru
orcid.org/отсутствует
SPIN-код: 3500-1423

^b эксперт, Администрация г. Дубны, Дубна, Российская Федерация
pisarevada@mail.ru
orcid.org/отсутствует
SPIN-код: N/A

^c студентка магистратуры кафедры прикладной информатики в экономике и управлении, Государственный университет «Дубна», Дубна, Российская Федерация
kharcheva562@gmail.com
orcid.org/отсутствует
SPIN-код: 2311-5848

• Ответственный автор

История статьи:

Получена 05.10.2017
Получена в доработанном виде 26.10.2017
Одобрена 13.11.2017
Доступна онлайн 15.02.2018

УДК 332.14

JEL: C03, C33, O18, R58

Аннотация

Предмет. В статье предложена модель для прогнозирования кадровых потребностей муниципальных районов Московской области на основе экономико-математического моделирования с элементами программирования.

Цели. Анализ кадровых потребностей муниципальных районов Московской области.
Методология. Изложенная методология анализа кадровых потребностей является продолжением авторского исследования, направленного на комплексное изучение проблемы формирования кадрового потенциала, а также распределения кадровых ресурсов по регионам и отраслям для выявления возможности прогнозирования кадровых потребностей на региональном уровне с целью обеспечения конкурентоспособности экономики нашей страны и повышения уровня жизни населения. Предварительная обработка исходных данных включает последовательное применение методов нормирования, дефлирования, расчет интегральных показателей по пяти модификациям. Для построения математической модели применен аппарат производственных функций Кобба – Дугласа, причем линейная модель построена с помощью классического метода наименьших квадратов, нелинейная – с помощью нелинейной безусловной оптимизации с использованием итерационного алгоритма Левенберга – Марквардта.

Результаты. С применением программных продуктов *MS Excel*, *ППП STATISTICA 12*, *Wolfram Mathematica 11* построены регрессионные модели производственной функции Кобба – Дугласа, из которых отобраны зависимости, адекватно аппроксимирующие эмпирический материал в смысле соответствия критериям качества. Выявлено, что классическая функция Кобба – Дугласа с ограничениями на параметры спецификации не подходит для описания российской нестационарной экономики, однако возможно построение модифицированной функции (без ограничений).

Выводы. Последовательность проведения анализа может быть взята за основу формирования методики прогнозирования кадровых потребностей региона. Нарботки исследования могут быть использованы органами государственного и муниципального управления для решения задач анализа и прогнозирования регионального рынка труда, а также при планировании деятельности образовательных учреждений.

Ключевые слова: регион, кадровые потребности, производственная функция, моделирование, прогнозирование

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

Для цитирования: Пахомова Е.А., Писарева Д.А., Харчева К.С. Построение модели прогнозирования кадровых потребностей региона с помощью производственной функции Кобба–Дугласа // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 253 – 268.
<https://doi.org/10.24891/ni.14.2.253>

В современных условиях развития нашей страны наблюдаются структурные перекосы в экономике, в том числе в развитии секторов отраслевого хозяйства, из которых вытекает проблема формирования кадрового потенциала, а также распределения кадровых ресурсов по регионам и отраслям. Ситуация на рынке труда в регионах непрерывно изменяется наряду с изменением экономической ситуации. В качестве примера можно привести миграцию трудовых ресурсов из сельских районов в города, а также из дальних регионов – ближе к центру. По этой причине актуальность приобретает исследование возможности прогнозирования кадровых потребностей на региональном уровне в целях обеспечения конкурентоспособности экономики нашей страны и повышения уровня жизни населения.

В качестве объекта исследования выступают статистические данные по Московской области (рассмотрено 36 муниципальных районов, в состав которых не входят городские округа, в том числе и наукограды)¹.

Обработка статистической информации проводилась с помощью программных продуктов *MS Excel*, *ППП STATISTICA 12*, *Wolfram Mathematica 11*.

Для исследования выбрана Московская область, поскольку ей присущи высокие темпы социально-экономического развития. Однако не все районы данной территории имеют одинаковый уровень развития² [1]. Это заметно как по сильно отличающимся значениям показателей, так и по

характеристикам районов, содержащихся в отчетах глав администраций³.

Непосредственное влияние на социально-экономическое развитие районов имеет их сосредоточенность вокруг столицы. Районы, расположенные ближе к центру, имеют схожие социально-экономические показатели – они являются промышленными, научными, сельскохозяйственными и культурными центрами (некоторые имеют общероссийское значение). В то же время районы, удаленные от центра, менее развиты, здесь преобладают торговля, сельское хозяйство и добывающая промышленность, слабо развита транспортная сеть.

На решение проблем неравномерного развития нацелены социально-экономические программы и прогнозы, составляемые главой района на каждый год. Одним из ключевых направлений развития региона выступает прогноз спроса и предложения рабочей силы. Прогнозирование потребности в кадрах крайне необходимо, поскольку эффективность развития экономики региона, как и страны в целом, в значительной степени зависит от эффективности функционирования рынка труда, которая определяется его профессиональной и квалификационной структурой [2].

Расчет потребности экономики региона в кадрах проводится нами на краткосрочную перспективу, потому что при увеличении прогнозного периода увеличивается ошибка прогноза, кроме того, изменчивость социально-экономической ситуации оказывает влияние на изменение требований к трудовым ресурсам в кадровой политике конкретных промышленных предприятий. Как правило, оптимальный период составляет 2–3 года.

¹ Статья подготовлена при поддержке РФФИ в рамках проекта № 16-06-00054 «Инструментально-методический подход к адаптации модели тройной спирали для условий России с учетом исторической ретроспективы».

² Реестр официальных сайтов органов местного самоуправления муниципальных образований Московской области. URL: <http://mosreg.ru>

³ Шерстобитова Г.И. Социально-экономическая типологизация муниципальных районов Самарской области // Вестник Самарского ГТИ. 2014. № 1. С. 57–65.

³ Пахомова Е.А., Харчева К.С., Шаркова Т.С. Методический подход к анализу социально-экономического положения региона (на примере муниципальных районов Московской области) // Сборник научных трудов SWorld. 2016. № 1. С. 55–59.

Однако возможно составление такой макроэкономической модели, которая бы смогла дать приблизительную оценку потребности в кадрах на долгосрочную перспективу, то есть определить направление стратегии формирования кадровых потребностей отдельной отрасли, региона, страны в целом. При этом необходимо построить модель таким образом, чтобы количество ее аргументов полностью удовлетворяло характеристикам производственной системы. Для такой системы в общем случае основными характеристиками являются средства, предметы труда и трудовые ресурсы [3].

Заметим, что для более точного определения потребности в кадрах необходимо исследование отраслей специализации представленных районов для определения числа и профессиональной принадлежности специалистов, которых нужно готовить вузам, чтобы они были востребованы в «своем» районе, способствовали его развитию, а не уезжали в более перспективные, развитые районы. При изучении доступных для анализа показателей и ежегодных отчетов выявлено, что в рассматриваемые территориальные единицы требуются прежде всего работники следующих сфер деятельности: оптовой и розничной торговли, обрабатывающих производств, а также государственного управления; в наименьшей степени требуются работники в сфере сельского хозяйства.

Было проведено аналогичное исследование⁴, в котором осуществлены попытки отраслевого прогнозирования кадров Вологодской области с применением эконометрических моделей динамики. В работе построены модели спроса на труд для каждого отдельного вида деятельности, и в результате рассчитан совокупный ежегодный прирост (сокращение) потребности в кадрах с высшим образованием по видам экономической деятельности.

⁴ Ольховик А.О. Моделирование потребности в кадрах как инструмент управления развитием человеческого капитала (на примере обрабатывающих производств Вологодской области): материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экономики и современного менеджмента». Симферополь: Изд-во ДИАИПИ, 2015. С. 314–316.

Однако в нашем случае возможности подобного опыта моделирования несколько ограничены, а в какой-то степени и просто невозможны ввиду отсутствия необходимых для прогнозирования показателей по видам экономической деятельности. По этой причине принято решение осуществить прогнозирование кадров данной территории в общем виде, по всей совокупности видов деятельности.

Опыт исследований [4–6] показывает, что наиболее успешным методом прогнозирования кадровых потребностей является экономико-математическое моделирование. Выбор методов решения данного вопроса разнообразен. Например, авторы статьи [7] используют коинтеграционный анализ, то есть построение модели исправления (коррекции) ошибок в целях прогнозирования спроса на труд в строительной отрасли. Для достижения поставленной цели авторы рассматривают отношения между совокупным спросом на труд и группами взаимосвязанных экономических показателей, среди которых объем строительства, заработная плата, стоимость материалов, банковская ставка и производительность. Авторы статьи [8] приводят обзор методов, используемых в Европе, США, Индии для анализа структуры занятости в различных отраслях экономики (построение распределения занятых по профессии и квалификации). Здесь основной метод анализа – аналитический, включающий в себя корреляционный и факторный анализ, нормативный метод и метод противопоставления, результаты которых сводятся в матрицу предсказания, и с помощью экстраполяции рассчитываются прогнозные значения исследуемых факторов рынка труда. В статье [9] авторы в целях прогноза до 2030 г. строят модель предложения и спроса труда для экономики США с помощью адаптированного *IGEM*-моделирования, исследуя в качестве факторов цены на отдых и потребление товаров и услуг. Элементами моделирования являются 35 отраслей промышленности, которые, соответственно, производят 35 групп

товаров и услуг с учетом импорта и экспорта. Однако описанные методы являются достаточно трудоемкими в реализации.

Менее трудоемким и не уступающим в результативности является аппарат производственных функций [10], ранее уже использованный нами⁵. В нем наибольшее распространение получили мультипликативно-степенные производственные функции, поскольку они легко приводятся к линейному виду, имеют наглядную экономическую интерпретацию [11]. В рамках данного исследования мы развиваем этот аппарат (трудоемкость при этом не повышается), а именно – сконструирована функция по типу производственной функции Кобба – Дугласа, которая имеет вид:

$$L = A \cdot K^{\alpha} \cdot Y^{\beta}, \quad (1)$$

где L – объем спроса на труд (чел.); K – объем используемого капитала (тыс. руб.); Y – объем производимой продукции (тыс. руб.); A, α, β – параметры.

Данная функция включает те же параметры, что и классическая функция Кобба-Дугласа; отличие заключается в том, что L выражается через параметры K и Y , поскольку выражение параметра L из функции после построения регрессии влечет значительное увеличение ошибки. Заметим, что степень показателя K для удобства взята с положительным знаком, поэтому данный факт необходимо учесть после окончательного построения модели.

Алгоритм построения экономико-математических моделей с применением прикладных программных продуктов представлен на схеме (рис. 1).

На начальном этапе исследования планировалось построение модели с использованием трех показателей: Y – валового регионального продукта (ВРП), L – среднесписочной численности работников (чел.) и K – наличия основных фондов на

⁵ Козырева Е.В., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А. Применение аппарата производственных функций для анализа экономических процессов: материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований – 2014». Вып. 1. Т. 25. Одесса: Куприенко, 2014. С. 45–48.

конец года по полной учетной стоимости по коммерческим организациям муниципальной формы собственности (тыс. руб.). Но в связи с отсутствием данных по показателю ВРП (не рассчитывается на уровне муниципалитетов), а также на основании того, что оценка реального ВВП (ВРП) Росстатом все-таки завышена⁶, принято решение составить по каждому показателю интегральный показатель по области, а показатель ВРП заменить показателем «количество товаров отгруженных собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами (без субъектов малого предпринимательства), тыс. руб.». Исходные показатели для исследования представлены панельными данными за 2010–2015 гг.⁷.

Далее исходные данные подвергаем стандартным методам статистической обработки⁸: фактические значения показателей, выраженные в абсолютных единицах, переводим в относительные значения, рассчитав показатель на душу населения; исключаем влияние инфляции с помощью индексов-дефляторов и формулы взаимосвязи базисного и цепного индекса на шаге t ⁹:

$$GJ(t) = GJ(t-1) \cdot G(t), \quad (2)$$

где t – год; GJ – базисный индекс-дефлятор; J – цепной индекс-дефлятор¹⁰.

Заметим, что если не обрабатывать показатели подобным образом, то при проверке данных на нормальность они будут далеки от нормального распределения, что в дальнейшем приведет к некорректному

⁶ Реальная инфляция в России: исправление «кривых зеркал» Росстата. URL: <http://ktovkurse.com>

⁷ Использованы статистические данные: база данных показателей муниципальных образований. URL: <http://gks.ru/dbscripts/munst>; Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Московской области. URL: <http://msko.gks.ru>

⁸ Рудикова Л.В. Microsoft Excel для студента. СПб: БХВ-Петербург, 2005. С. 202–209.

⁹ Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика: учеб. пособие. М.: Поли Принт Сервис, 2015. 1300 с.

¹⁰ Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://gks.ru>

построению регрессионных моделей (к незначимости коэффициентов регрессии и к низкому качеству моделей).

Обработанные данные агрегируются в целях построения интегральных показателей по пяти различным модификациям [12].

Модификация 1:

$$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \left| \frac{x_i - \mu}{\sigma} \right|. \quad (3)$$

Модификация 2:

$$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \frac{X_{\text{факт}}}{X_{\text{ср по региону}}}. \quad (4)$$

Модификация 3:

$$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \left| \frac{X_{\text{факт } i} - X_{\text{факт } (i-1)}}{X_{\text{факт } (i-1)}} \right|. \quad (5)$$

Модификация 4:

$$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \frac{X_{\text{факт } i} - X_{\text{min}}}{X_{\text{ср по региону}} - X_{\text{min}}}. \quad (6)$$

Модификация 5:

$$X = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i - \mu}{\sigma} \right|. \quad (7)$$

где n – количество показателей; $\lambda = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$ – стандартизированная величина показателя в i -й выборке;

$$\omega_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \text{ – метод расчета весов.}$$

В результате использования формул (3)–(7) получаем пять массивов данных, приведенных к одной размерности (приведенные данные), которые проверяем на наличие корреляции и нормальности их распределения. Данный анализ проводим в программном пакете *STATISTICA* и делаем вывод о том, что для

прогнозирования с помощью производственных функций наиболее корректно использовать только три из пяти модификаций: 1, 2, 4. Оставшиеся две модификации непригодны для дальнейшего анализа ввиду отсутствия связи между переменными либо нарушения нормальности распределения исследуемых величин.

Далее строим регрессионные модели, используя модуль «Нелинейная оценка» программного пакета *STATISTICA* по приведенным данным с помощью формул¹¹ (3), (4), (6). Процесс построения производственной функции представляет собой решение задачи линейного метода наименьших квадратов и нелинейной безусловной оптимизации с помощью итерационного алгоритма Левенберга – Марквардта, который решает задачу нелинейной минимизации методом наименьших квадратов.

Результаты уравнений, полученные по всем модификациям, с применением производственной функции нелинейного вида, представлены в табл. 1. Качество модели оцениваем по коэффициенту детерминации R^2 и стандартной ошибке регрессии SEE ¹².

Модификация 4 наилучшим образом аппроксимирует данные, поскольку показывает наибольший коэффициент детерминации и наименьшее значение стандартной ошибки регрессии, что частично подтверждает результаты, приведенные в статье [12]. Коэффициенты регрессии значимы на 5%-ном уровне, что дает основание записать функциональную зависимость:

$$L = 1,5K^{0,2}Y^{-0,24}. \quad (8)$$

Далее было осуществлено моделирование по всем модификациям с помощью линеаризованной производственной функции. После расчета интегральных показателей

¹¹ Боровиков В.П. *STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере для профессионалов*. СПб: Питер, 2001. 656 с.

¹² Козырева Е.В., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А. Применение аппарата производственных функций для анализа экономических процессов: материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований – 2014». Вып. 1. Т. 25. Одесса: Куприенко, 2014. С. 45–48.

перейдем к логарифмированным данным и представим конечный результат (табл. 2).

Сравнение полученных результатов нелинейных и линейных моделей показывает, что переход к линейному виду привел к значительному снижению коэффициента детерминации (ухудшение качества модели) и стандартной ошибки (улучшение качества модели). Поскольку в целом об изменении качества регрессии однозначно судить не представляется возможным, то нет оснований отвергать модель в логарифмированных данных, которая легко приводится к виду (8):

$$\ln L = 0,41 + \ln 0,2K + \ln(-0,24)Y. \quad (9)$$

Заметим, что в процессе обработки данных пришлось столкнуться с рядом недостатков программного пакета *STATISTICA*, который, например, не учитывает ограничений параметров классических производственных функций. В связи с этим для надежности полученных результатов был выбран программный пакет *Wolfram Mathematica*, который обладает в этом смысле преимуществом.

В указанном программном пакете был написан код для четырех разновидностей модели с использованием интегральных показателей, рассчитанных по модификации 4:

- неклассическая функция Кобба – Дугласа без ограничений;
- классическая функция Кобба – Дугласа с двумя видами ограничений;
- функция Кобба – Дугласа с учетом влияния научно-технического прогресса (НТП) без ограничений.

Выявлено, что классическая функция Кобба – Дугласа с ограничениями на параметры спецификации не подходит для описания российской нестационарной экономики, однако возможно построение модифицированной функции (без ограничений) [13]. Полученные выводы представлены в табл. 3.

Для более глубокого анализа качества модели используем скорректированный коэффициент

детерминации R^2_{adj} , среднюю ошибку аппроксимации \hat{S} , значение которой 6–7% свидетельствует о хорошо подобранной модели¹³.

Модели 2, 3 не подходят для прогнозирования кадров в силу незначимости значений параметров функции. В модели 1 параметры значимы; модель 4 имеет незначимые параметры при удовлетворительных критериях качества, а потому требует дополнительного исследования. Полученные результаты дополняют наше предыдущее исследование¹⁴.

Построение осуществлялось в программном пакете *Wolfram Mathematica* по алгоритму с применением встроенных команд (рис. 2).

Последний этап алгоритма – построение графика остатков для оценки их поведения – выявил цикличность остатков (рис. 3). Возможные причины возникновения подобного рода цикличности могут быть следующими: сезонные изменения на рынке рабочей силы; экономическая и политическая ситуации; условия развития региона (социальные, демографические, миграционные, психологические)¹⁵.

Приведенные данные близки к нормальному распределению с 5%-ным уровнем доверия, а значит, возникает вопрос о более тщательном изучении цикличности¹⁶. Можно предположить, что при увеличении числа наблюдений в исследовании не возникнет подобной цикличности в остатках, однако в предыдущей нашей работе¹⁷, где был изучен

¹³ Там же.

¹⁴ Лычагина Т.А., Пахомова Е.А., Писарева Д.А. Применение аппарата производственных функций для анализа влияния состояния основных фондов на экономическое развитие РФ // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 10. С. 4–19.

¹⁵ Шуваев А.В. Цикличность рынка труда: методология и методика исследования: материалы третьей международной конференции «Циклы». Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2015. С. 10–19.

¹⁶ Пахомова Е.А., Писарева Д.А. Применение спектрального анализа к исследованию социально-экономических процессов // Сборник научных трудов SWorld. 2014. № 3. С. 79–83.

¹⁷ Важенина В.С., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А., Писарева Д.А. Исследование возможностей применения аппарата спектрального анализа и производственных функций (на примере макроэкономических показателей России):

большой временной промежуток, в остатках так же присутствует цикличность, а значит, это не является единичным случаем. Возможно, потребуется пересмотр последовательности шагов представленного ранее алгоритма, и учет цикличности следует производить на начальных этапах обработки данных, еще до проверки на нормальность.

Таким образом, окончательная модель прогноза описывается функциональной зависимостью (8) или (9).

Заметим, что показатели K и Y практически в равной степени оказывают влияние на потребность в кадрах. Показатели L и Y имеют обратную зависимость, то есть при увеличении (уменьшении) одного из них уменьшается (увеличивается) второй. Возможно, это связано с тем, что мы отошли от классической функции Кобба – Дугласа. Для российской экономики это можно объяснить, например, тем, что люди увольняются, а отгрузка растет за счет большего использования основных фондов, то есть количество человеко-часов на одном и том же оборудовании увеличивается.

Предположим, на одном компьютере работали двое сотрудников, одного сократили, тогда оставшийся для сохранения прибыли должен производить больше, чем когда их было двое. Это подтверждается еще и тем, что с 2012 г. в стране действует Национальная программа повышения производительности труда и роста ВВП. В данной программе описываются две стратегии, одна из которых содержит следующий посыл: «Произвести тот же объем продукции меньшим числом персонала (при повышении производительности труда предприятие может сократить количество персонала и произвести прежний объем продукции (услуг) меньшим числом работников)»¹⁸, то есть объем продукции растет при снижении численности работников.

материалы международной научно-практической конференции «Институциональные и финансовые механизмы развития территориальных кластеров и технологических платформ». Дубна: Государственный университет «Дубна»; М.: Директ-Медиа (в печати).

¹⁸Национальная программа повышения производительности труда и роста ВВП. URL: <http://xn--dtba9bibii.xn--p1ai/productivity>

Показатели L и K имеют прямую зависимость, однако необходимо помнить про обратную замену, то есть взаимозаменяемость этих показателей при построении данной модели не нарушена. При техническом перевооружении и расширении предприятия, внедрении новой технологии, новых машин, оборудования, нового строительства (что является следствием НТП) необходима дополнительная рабочая сила, то есть при увеличении основных фондов возможно увеличение списочной численности работников и наоборот. Однако стоит заметить, что модернизация или замена морально устаревшего оборудования не обязательно увеличивают списочную численность, а требуют лишь переквалификации старого персонала, а механизация и автоматизация производственного процесса и вовсе сокращают количество работников. Таким образом, увеличение стоимости основных фондов не во всех случаях приводит к увеличению количества работников, что говорит о неоднозначности данного показателя.

Достоинство подобного опыта моделирования состоит в том, что оно представлено для существующих объектов и основано на реальных данных. Однако трудности разработки методики прогнозирования кадровых потребностей обусловлены невозможностью получения доступа к необходимой статистической информации, в частности: среднесписочной численности работников организаций, данным по отраслям (инвестиции в отрасль, занятые в отрасли и так далее), данным по заработной плате, данным по квалификации персонала. Содержащаяся в статистических источниках информация недостаточна ни для удовлетворения текущих потребностей специалистов и управленцев, ни для исследовательских целей, ни для прогнозирования [14]. Данная проблема может быть решена путем создания системы мониторинга потребности региона в кадрах. Сбор исходных данных можно осуществлять путем проведения ежегодных исследований в регионах либо с помощью включения

необходимых исходных показателей в формы отчетности, которые ежегодно подают организации в комитет статистики [15].

Следует признать, что в условиях острой нехватки официальных статистических данных для реализации поставленной цели, их периодической изменчивости, наличия лагового отставания в их публикации, становится затруднительным выполнение базового принципа проведения эксперимента – соблюдение условия его повторяемости (необходимость сбора данных в одних и тех же условиях с использованием одинаковых методик расчета и обработки, предпочтительно – из одного источника).

Полученные в работе результаты подкреплены уже сделанными ранее исследованиями в данной области¹⁹ и подтверждают корректное использование производственных функций (многофакторных регрессионных моделей) для моделирования и прогнозирования экономических процессов субъектов Российской Федерации.

В результате проведенного исследования осуществлена попытка построения модели для прогнозирования кадровых потребностей на основе экономико-математического моделирования и программирования, что в

дальнейшем позволит значительно сократить время на обработку исходных данных. Последовательность проведения анализа может быть взята за основу формирования методики прогнозирования кадровых потребностей региона.

Предполагается, что применение полученных моделей будет возможно в том числе для других регионов либо для анализа кадровых потребностей в разрезе по отраслям. Однако при разработке общего для регионов автоматизированного программного комплекса, обеспечивающего потребности экономики в подготовке специалистов, существует опасность упущения специфики региональных экономик, поэтому подобный комплекс должен быть человеко-машинным.

Наработки исследования могут быть использованы органами государственного и муниципального управления для решения задач анализа и прогнозирования регионального рынка труда, а также при планировании деятельности образовательных учреждений. Опыт прогнозирования подготовки кадров с учетом потребностей рынка труда, накопленный в последние годы в Москве и Московской области, необходимо распространять и на остальные регионы [16].

¹⁹ Лычагина Т.А., Пахомова Е.А., Писарева Д.А. Применение аппарата производственных функций для анализа влияния состояния основных фондов на экономическое развитие РФ // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 10. С. 4–19; Ольховик А.О. Моделирование потребности в кадрах как инструмент управления развитием человеческого капитала (на примере обрабатывающих производств Вологодской области): материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экономики и современного менеджмента». Симферополь: Изд-во ДИАИПИ, 2015. С. 314–316.

Таблица 1**Результаты регрессий, построенных по функции нелинейного вида****Table 1****Results of regressions based on the non-linear function**

№	Модификация	Значение p			R^2	SEE
		A	α	β		
1	$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \left \frac{x_i - \mu}{\sigma} \right $	0,955	0,142	-0,226	0,885	0,019
2	$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \frac{X_{\text{факт}}}{X_{\text{ср по региону}}}$	1,346	0,212	-0,145	0,919	0,021
3	$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \frac{X_{\text{факт } i} - X_{\text{min}}}{X_{\text{ср по региону}} - X_{\text{min}}}$	1,5	0,2	-0,243	0,94	0,018

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Результаты регрессий, построенных по функции линейного вида****Table 2****Results of regressions based on the linear function**

№	Модификация	Значение p			R^2	SEE
		A	α	β		
1	$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \left \frac{x_i - \mu}{\sigma} \right $	-0,047	0,141	-0,223	0,777	0,012
2	$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \frac{X_{\text{факт}}}{X_{\text{ср по региону}}}$	0,298	0,21	-0,145	0,842	0,015
3	$X = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \frac{X_{\text{факт } i} - X_{\text{min}}}{X_{\text{ср по региону}} - X_{\text{min}}}$	0,406	0,199	-0,242	0,882	0,012

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3
Результаты оценивания

Table 3
Evaluation results

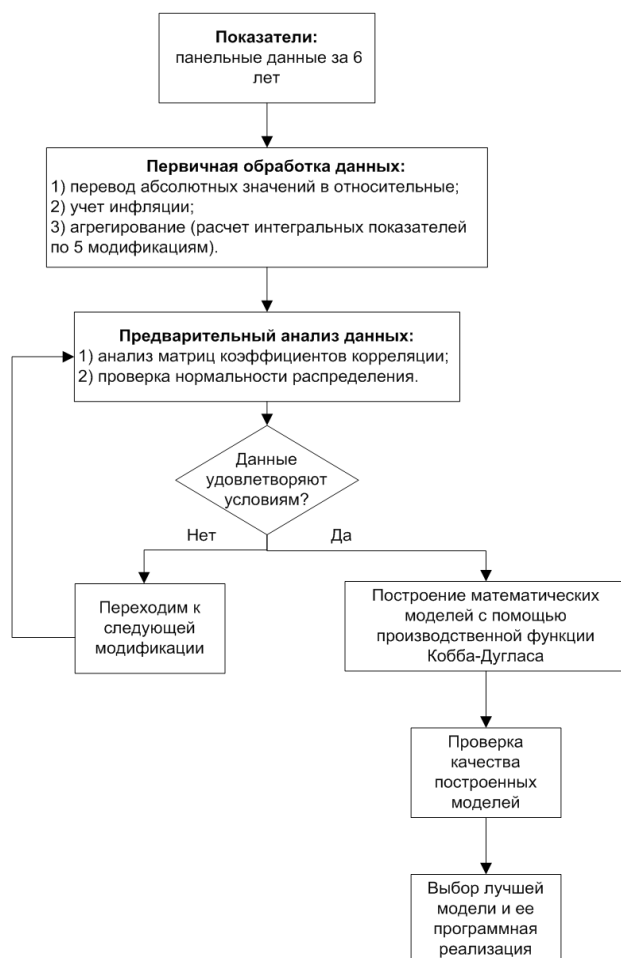
Модель	A	α	β	γ	R^2	R^2_{adj}	$\hat{S}, \%$	SEE
1. $L = AK^\alpha Y^\beta$	1,5	0,2	-0,24	–	0,88	0,81	0,01	0,02
2. $L = AK^\alpha Y^{(1-\alpha)}$; ($\alpha + \beta = 1$; $0 < \alpha, \beta < 1$)	0,79	0,69	0,31	–	-7,07	-12,5	0,05	0,15
3. $L = AK^\alpha Y^\beta$; ($\alpha + \beta \neq 1$; $0 < \alpha, \beta < 1$)	1,34	0,15	$2 \cdot 10^{-9}$	–	0,29	-0,18	0,02	0,04
4. $AK^\alpha Y^\beta e^{\gamma t}$	1,52	0,09	-0,19	0,01	0,92	0,87	0,01	0,01

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1
Алгоритм построения модели с помощью производственной функции

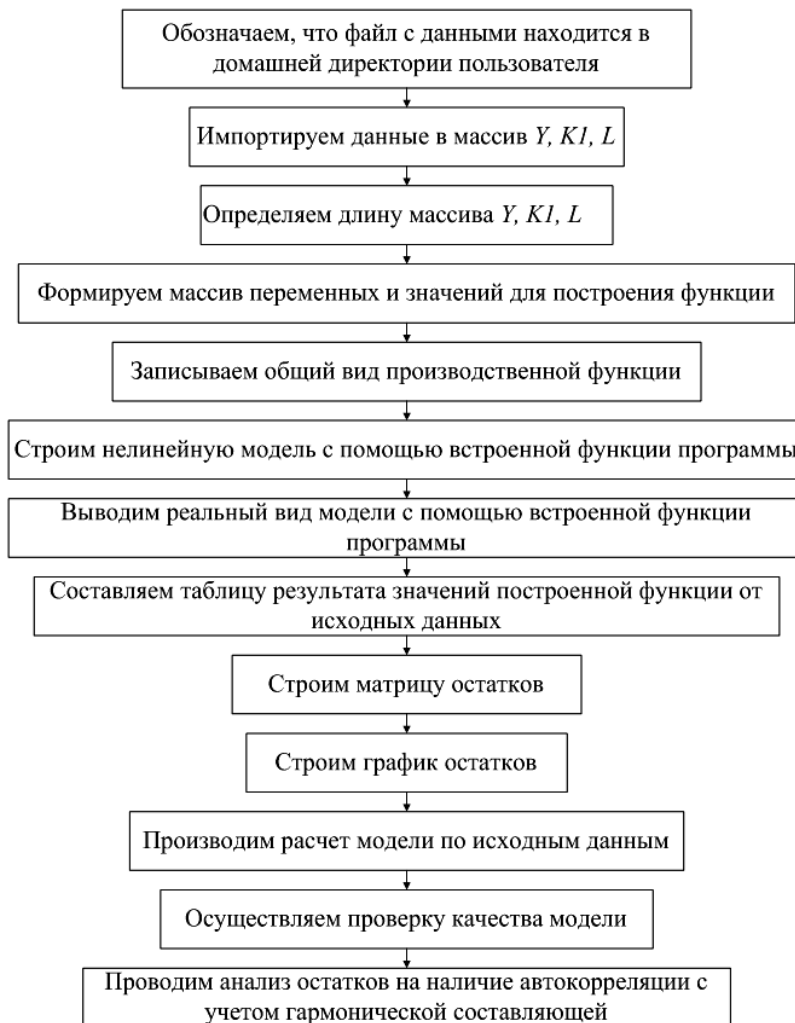
Figure 1
The algorithm for constructing a model based on the production function



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2
Алгоритм написания кода
Figure 2
The coding algorithm

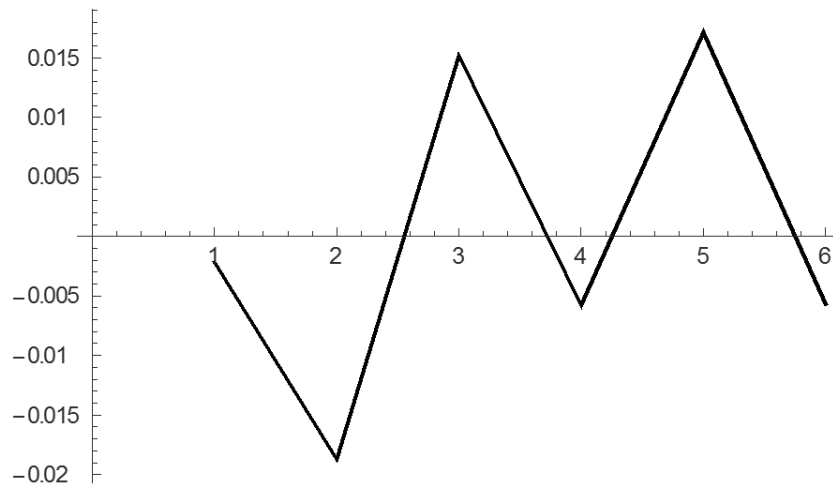


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 3
График остатков

Figure 3
The chart of residuals



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Чеклаукова Е.Л. Методика оценки уровня социально-экономического развития муниципального образования // Проблемы современной экономики. 2009. № 1. С. 569–573.
2. Анисимова О.В., Харчева К.С., Шаркова Т.С. Методика предварительного анализа кадровых потребностей // Проблемы региональной экономики. 2015. № 31. С. 10–19.
3. Клейнер Г.Б. Методы анализа производственных функций. М.: Информэлектро, 1980. 72 с.
4. Гуртов В.А., Питухин Е. А., Серова Л.М. Моделирование потребностей экономики в кадрах с профессиональным образованием // Проблемы прогнозирования. 2007. № 6. С. 91–102.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-potrebnostey-ekonomiki-v-kadrah-s-professionalnym-obrazovaniem>
5. Васильева З.А., Филимоненко И.В. Роль бизнеса и власти в формировании кадровых потребностей для инновационной экономики // Инженерное образование. 2012. № 11. С. 116–117.
6. Андреева Н.В., Козлова Т.Г. Методика прогнозирования, планирования и мониторинга кадровых потребностей региона // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2013. № S1. С. 31–35.
7. Wong J.M.W., Chan A.P.C., Chiang Y.H. Forecasting construction manpower demand: A vector error correction model // Building and Environment. 2007. Vol. 42. Iss. 8. P. 3030–3041.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.024>
8. Shigapova D., Valiullin M., Yrieva O., Safina L. The Methods of Prediction of Demand on the Labor Market Proc. 2nd Global Conference on Business, Economics, Management and Tourism. Procedia Economics and Finance. 2015. P. 1476–1479.
URL: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00477-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00477-3)

9. *Jorgenson D.W., Goettle R.J., Ho M.S. et al.* U.S. Labor supply and demand in the long run // *Journal of Policy Modeling*. 2008. Vol. 30. Iss. 4. P. 603–618.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2008.04.008>
10. *Печерских Н.А.* Производственная функция // *Социально-экономическое управление: теория и практика*. 2008. № 2. С. 100–124.
11. *Петров А.Н.* Производственная функция экономики региона // *Экономический анализ: теория и практика*. 2011. № 19. С. 53–60.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvennaya-funktsiya-ekonomiki-regiona>
12. *Пахомова Е.А.* Методологические основы оценки влияния вуза наукограда на эффективность регионального развития. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2011. 418 с.
13. *Мун Д.Е., Разумовская М.И.* Проблемы использования производственной функции для прогнозирования потребности экономики в наемном труде // *Власть и управление на востоке России*. 2013. № 4. С. 60–64.
14. *Колесникова О.А.* Совершенствование методических подходов к прогнозированию потребности в кадрах субъектов Российской Федерации // *Вестник ВГУ. Сер. Экономика и управление*. 2012. № 2. С. 95–97.
15. *Марков Д.В.* Методика прогнозирования потребности региона в кадрах // *Известия Байкальского государственного университета*. 2009. № 4. С. 116–120.
16. *Мерзлова М.П.* Опыт субъектов РФ в области прогнозирования подготовки кадров с учетом потребности рынка труда и требований работодателей // *Сервис в России и за рубежом*. 2010. № 1. С. 59–62.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

BUILDING THE MODEL FOR PREDICTING THE REGION'S STAFFING NEEDS THROUGH THE COBB-DOUGLAS PRODUCTION FUNCTION

Elena A. PAKHOMOVA ^{a,*}, Dar'ya A. PISAREVA ^b, Kira S. KHARCHEVA ^c

^a Dubna State University, Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation
uni-dubna@mail.ru
orcid.org/not available

^b Administration of Dubna, Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation
pisarevada@mail.ru
orcid.org/not available

^c Dubna State University, Dubna, Moscow Oblast, Russian Federation
kharcheva562@gmail.com
orcid.org/not available

• Corresponding author

Article history:

Received 5 October 2017

Received in revised form
26 October 2017

Accepted 13 November 2017

Available online

15 February 2018

JEL classification: C03, C33,
O18, R58

Keywords: region, staffing
needs, production function,
modeling, forecasting

Abstract

Importance The article proposes the model for predicting staffing needs of municipal districts in the Moscow Oblast through economic and mathematical modeling and some programming techniques.

Objectives The research analyzes staffing needs of municipal districts of the Moscow Oblast.

Methods The proposed methodology for a staffing needs analysis follows our research into staffing needs and distribution of human resources among regions and sectors in order to determine whether staffing needs can be forecasted regionally for ensuring the competitiveness of the national economy and increasing living standards. Inputs are processed using methods of norm setting, deflation, assessment of integral indicators in five modifications. We also apply the Cobb–Douglas functions, classical method of least squares, non-linear unconstrained optimization and Levenberg–Marquardt algorithm.

Results Using MS Excel, STATISTICA 12, Wolfram Mathematica 11, we set regression models of the Cobb–Douglas functions. We selected the correlations, which adequately approximate empirical material to quality criteria. The Cobb–Douglas classical function with restricted specification parameters is not suitable for describing the Russian non-stationary economy. However, a modified function can be constructed.

Conclusions and Relevance The progress of the analysis may underlie the formation of the techniques for predicting the region's staffing needs. The research materials may be used by public authorities to analyze and forecast regional labor markets and plan educational institutions' activities.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

Please cite this article as: Pakhomova E.A., Pisareva D.A., Kharcheva K.S. Building the Model for Predicting the Region's Staffing Needs Through the Cobb–Douglas Production Function. *National Interests: Priorities and Security*, 2018, vol. 14, iss. 2, pp. 253–268.
<https://doi.org/10.24891/ni.14.2.253>

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research as part of project No. 16-06-00054, *The Instrumental and Methodological Approach to Adapting the Triple Helix Model to Russia in Line with Historical Retrospect*.

References

1. Cheklaukova E.L. [Developing of a complex methodology regarding evaluation of the socio-economic development of municipal units]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2009, no. 1, pp. 569–573. (In Russ.)
2. Anisimova O.V., Kharcheva K.S., Sharkova T.S. [Techniques for preliminary analysis of staffing needs]. *Problemy regional'noi ekonomiki = Problems of Regional Economy*, 2015, no. 31, pp. 10–19. (In Russ.)
3. Kleiner G.B. *Metody analiza proizvodstvennykh funktsii* [Methods for analyzing production functions]. Moscow, Informelektro Publ., 1980, 72 p.
4. Gurtov V.A., Pitukhin E.A., Serova L.M. [Modeling the economy's need for professionally trained personnel]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2007, no. 6, pp. 91–102. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-potrebnostey-ekonomiki-v-kadrah-s-professionalnym-obrazovaniem> (In Russ.)
5. Vasil'eva Z.A., Filimonenko I.V. [The role of business and government in the formation of staff requirements for innovation-based economy]. *Inzhenernoe obrazovanie = Engineering Education*, 2012, no. 11, pp. 116–117. (In Russ.)
6. Andreeva N.V., Kozlova T.G. [Methods of prognosis, planning and monitoring the region demands for employees]. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava = Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 2013, no. S1, pp. 31–35. (In Russ.)
7. Wong J.M.W., Chan A.P.C., Chiang Y.H. Forecasting Construction Manpower Demand: A Vector Error Correction Model. *Building and Environment*, 2007, vol. 42, iss. 8, pp. 3030–3041. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.024>
8. Shigapova D., Valiullin M., Yrieva O., Safina L. The Methods of Prediction of Demand on the Labor Market. Proceedings of the 2nd Global Conference on Business, Economics, Management and Tourism. *Procedia Economics and Finance*, 2015, pp. 1476–1479. URL: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00477-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00477-3)
9. Jorgenson D.W., Goettle R.J., Ho M.S. et al. U.S. Labor Supply and Demand in the Long Run. *Journal of Policy Modeling*, 2008, vol. 30, iss. 4, pp. 603–618. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2008.04.008>
10. Pecherskikh N.A. [Production function]. *Sotsial'no-ekonomicheskoe upravlenie: teoriya i praktika = Social and Economic Management: Theory and Practice*, 2008, no. 2, pp. 100–124. (In Russ.)
11. Petrov A.N. [Production function of economy of the region]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2011, no. 19, pp. 53–60. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvennaya-funktsiya-ekonomiki-regiona> (In Russ.)
12. Pakhomova E.A. [Methodological and instrumental principles for evaluating the way the science city university influences the efficiency of regional development]. Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic, 2011, 418 p. (In Russ.)
13. Mun D.E., Razumovskaya M.I. [Issues of applying the production function method to forecast the demand for wage labor]. *Vlast' i upravlenie na vostoke Rossii = Power and Administration in the East of Russia*, 2013, no. 4, pp. 60–64. (In Russ.)

14. Kolesnikova O.A. [Improving methodological approaches to necessity of Russian Federation subject staff forecasting]. *Vestnik VGU. Ser. Ekonomika i upravlenie = Proceedings of Voronezh State University. Series: Economics and Management*, 2012, no. 2, pp. 95–97. (In Russ.)
15. Markov D.V. [Forecasting technique of region's demand for personnel]. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2009, no. 4, pp. 116–120. (In Russ.)
16. Merzlova M.P. [Predicting for training based on labor market and employers needs: A case study of Russian Federation subjects]. *Servis v Rossii i za rubezhom = Service in Russia and Abroad*, 2010, no. 1, pp. 59–62. (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.