

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ · DIGITALIZATION AND MANAGEMENT

Вестник МИРБИС. 2025. № 1 (41): С. 72–84.

Vestnik MIRBIS. 2025; 1 (41):72–84.

Научная статья

УДК: 004.65:519.86

DOI: 10.25634/MIRBIS.2025.1.9

Оптимизация набора систем электронного документооборота посредством производственной функции Кобба — Дугласа

Сергей Валерьевич Курихин — Российская таможенная академия, Москва, Россия. s.kurikhin@customs-academy.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9987-2121>

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена тем, что в современных условиях активной цифровизации хозяйственной деятельности организаций возникают различные цифровые риски. Противодействовать их реализации можно посредством внедрения дублирующих технологий, когда один программный продукт может компенсировать недостатки от применения другого продукта. Определить оптимальную комбинацию рабочих мест, оснащенных этими программными средствами, можно посредством использования функции Кобба — Дугласа. Данный инструмент экономической теории обычно применяют для нахождения оптимального набора потребляемых благ для домохозяйства или ресурсов в производственной деятельности фирмы. Чаще всего на практике функцию строят для анализа деятельности сельскохозяйственных предприятий, чтобы исследовать то, как изменение сочетания привлекаемого труда и инвестируемого капитала влияет на объем производимой продукции или количество оказываемых услуг. Тем не менее, автору представляется возможным использовать функцию Кобба — Дугласа и в сфере информационных технологий, по направлению цифровизации деятельности организации. В связи с этим, статья направлена на оценку возможности применения функции для оптимизации набора систем электронного документооборота. При написании статьи автор обращался как к трудам теоретиков, применяющих функцию Кобба — Дугласа (Акиндинов В. В., Афанасьев А. А. и другие), так и исследователей, специализирующихся на организации электронного документооборота (Бойко О. В., Скворцов А. А. и другие). Информация, использованная для проведения анализа и построения эконометрической модели Кобба-Дугласа в статье, представляет собой статистические данные относительно динамики применения в таможенном органе двух различных систем электронного документооборота. Для исследования заявленной проблемы применены такие общенаучные методы, как анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия при обосновании актуальности выполненной работы, написании основного текста и формулировании выводов, что позволило, в частности, разработать авторский подход к оценке применения набора программных средств. Посредством метода сравнения, а также благодаря инструментарию программного средства MS Excel были оценены возможности определения оптимальной комбинации рабочих мест, оснащенных двумя различными цифровыми решениями. Материалы статьи могут представлять ценность для экономистов, специалистов сферы информационных технологий, руководителей организаций, преподавателей, научных работников и обучающихся по направлению «Экономика», а также для всех изучающих экономику.

Ключевые слова: электронный документооборот, системы электронного документооборота, цифровизация, цифровая трансформация, производственная функция, функция Кобба — Дугласа, анализ данных, эконометрика.

Для цитирования: Курихин С. В. Оптимизация набора систем электронного документооборота посредством производственной функции Кобба — Дугласа. DOI: 10.25634/MIRBIS.2025.1.9 // Вестник МИРБИС. 2025; 1: 72–84.

JEL: D20

Original article

Optimization of a set of electronic document management systems through the Cobb-Douglas production function

Sergey V. Kurihin — Russian Customs Academy, Moscow, Russia. s.kurikhin@customs-academy.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9987-2121>

Abstract. The relevance of the research is due to the fact that in modern conditions of active digitalization

of business activities of organizations, various digital risks arise. It is possible to counteract their implementation by introducing duplicate technologies, when one software product can compensate for the disadvantages of using another product. It is possible to determine the optimal combination of workstations equipped with these software tools by using the Cobb-Douglas function. This tool of economic theory is usually used to find the optimal set of consumed goods for a household or resources in a company's production activities. Most often in practice, the function is built to analyze the activities of agricultural enterprises in order to investigate how a change in the combination of attracted labor and invested capital affects the volume of products produced or the number of services provided. Nevertheless, the author finds it possible to use the Cobb-Douglas function in the field of information technology, in the direction of digitalization of the organization's activities. In this regard, the article is aimed at evaluating the possibility of using the function to optimize a set of electronic document management systems. When writing the article, the author referred to the works of theorists using the Cobb-Douglas function (Akindinov V.V., Afanasyev A.A. and others), as well as researchers specializing in the organization of electronic document management (Boyko O.V., Skvortsov A.A. and others). The information used for the analysis and construction of the Cobb-Douglas econometric model in the article is statistical data on the dynamics of the use of two different electronic document management systems in the customs authority. To study the stated problem, such general scientific methods as analysis and synthesis, induction and deduction, analogy were used in substantiating the relevance of the work performed, writing the main text and formulating conclusions, which allowed, in particular, to develop an author's approach to evaluating the use of a set of software tools. Using the comparison method, as well as using the MS Excel software toolkit, the possibilities of determining the optimal combination of workplaces equipped with two different digital solutions were evaluated. The materials of the article may be of value to economists, information technology specialists, heads of organizations, teachers, researchers and students in the field of Economics, as well as to all students of economics.

Key words: electronic document management, electronic document management systems, digitalization, digital transformation, production function, Cobb-Douglas function, data analysis, econometrics.

For citation: Kurihin S. V. Optimization of a set of electronic document management systems through the Cobb-Douglas production function. DOI: 10.25634/MIRBIS.2025.1.9. *Vestnik MIRBIS*. 2025; 1: 72–84 (in Russ.).

JEL: M11, M21, O31, O33

Введение

Очевидным трендом и необходимостью для построения современной экономики в России стала всесторонняя цифровизация хозяйственной жизни общества. Внедрение инновационных технологий, предполагающих применение программных средств, позволяет переносить в виртуальную среду отдельные бизнес-процессы организации, что высвобождает трудовые ресурсы, уменьшает расходы организации и способствует повышению ее конкурентоспособности.

Зачастую цифровой трансформации подвергается такой ключевой аспект деятельности организации, как система документооборота. Внедрение цифровых решений дает значительные преимущества:

- 1) повышение скорости процессов, а потому и эффективности деятельности организации в целом;
- 2) снижение расходов на печать, хранение и транспортировку документов в бумажной форме;
- 3) улучшение контроля со стороны руковод-

ства организации, поскольку цифровые системы документооборота позволяют отслеживать изменения в документах, доступ к ним и обеспечивать их сохранность;

- 4) упрощение взаимодействия с документами для работников организации, так как они могут получить доступ к ним в любое время и в любом месте;

- 5) обеспечение соответствия требованиям стандартов и нормативов в сфере документооборота посредством уменьшения влияния «человеческого фактора»;

- 6) создание условий для интеграции системы документооборота с другими информационными системами и процессами организации, что способствует цифровой трансформации предприятия и обеспечит эффективное взаимодействие между различными подразделениями;

- 7) совершенствование информационной безопасности организации за счет дополнительной защиты данных от несанкционированного доступа (что, впрочем, не отменяет появление новых цифровых рисков);

- 8) улучшение экологии благодаря снижению объема используемой бумаги и уменьшению от-

ходов в результате деятельности организации.

Несмотря на все эти существенные преимущества, которые получает организация, цифровизация документооборота несет также и немалые риски. В частности, неподготовленные работники могут оказаться неспособными к качественному применению новой технологии. Помимо этого, возможны технические неполадки, вследствие которых организация может понести значительные убытки, а ущерб, например, репутации может быть некомпенсируемым. Инновационный по многим аспектам характер цифровых решений приводит к тому, что недобросовестные специалисты, обладающие высокой компетенцией в сфере информационных технологий, могут совершать злонамеренные действия, подвергая систему электронного документооборота кибератакам, что приведет к сбоям в деятельности организации и потенциально высоким убыткам.

Одним из способом решения указанных проблем является внедрение и применение дублирующей технологии, что позволяет в случае, если одна система документооборота не работает, использовать другую. Данное решение повышает надежность деятельности организации, обеспечивает бесперебойную работу системы документооборота, улучшает отказоустойчивость за счет ускоренного восстановления работы без значительных потерь данных и времени, позволяет гибко распределять нагрузку между несколькими технологиями при осуществлении, например, масштабирования бизнеса. Помимо этого, повышается удовлетворенность сервисом со стороны клиентов, а также их доверие к организации.

В связи со всем вышеизложенным, возникает закономерный вопрос: каким образом распределить число рабочих мест системы электронного документооборота между различными цифровыми решениями, чтобы обеспечить осуществление документооборота на необходимом уровне?

Несмотря на цифровой, инновационный характер вопроса, ответ может лежать в сфере достаточно давних наработок экономической теории. С помощью производственной функции Кобба — Дугласа (далее — ФКД) можно выразить уравнение, которое покажет возможные комбинации числа мест, оборудованных различными цифровыми продуктами, которые обеспечат обработку одного и того же необходимого объема документации.

Наиболее часто ФКД представляют в следующем виде (формула 1):

$$Q = A * L^{\alpha} * K^{\beta} \quad (1)$$

где Q — объем производства;

A — технологический коэффициент;

L — объем используемого труда;

K — объем используемого капитала;

α — эластичность производства по труду;

β — эластичность производства по капиталу.

Чаще всего ФКД используют для анализа деятельности предприятий в сфере сельского хозяйства, поскольку она позволяет прогнозировать потенциальный объем урожая при заданных величинах труда и капитала. Помимо этого, она позволяет находить комбинации труда и капитала при условии заданного значения объема производимой продукции. Однако, несмотря на наличие наработанной специфики применения функции, ничто не мешает использовать ее творчески и в иных аспектах хозяйственной деятельности, например, при определении комбинации цифровых решений в сфере документооборота. С помощью аналогии формула приобретает следующий вид (формула 2):

$$Q = k * A^{\alpha} * B^{\beta} \quad (2)$$

где Q — объем документации, обрабатываемый системой документооборота;

k — технологический коэффициент;

A — число рабочих мест, оснащенных цифровым решением A;

B — число рабочих мест, оснащенных цифровым решением B;

α — эластичность объема документооборота по показателю A;

β — эластичность объема документооборота по показателю B.

Наличие проблемы, представляющей научный интерес, и возможности ее решения формирует цель статьи, которая состоит в исследовании возможности оптимизации набора систем электронного документооборота посредством построения производственной ФКД. Особенности построения и применения производственных функций в различных частных обстоятельствах исследовали многие авторы. Непосредственно ФКД при этом использовали далеко не все, а лишь часть исследователей. Тем не менее, трудов, связанных с ней, также достаточно немало.

Привычное применение в анализе деятельности сельскохозяйственного предприятия функ-

ция получила в работах Акиндинова В. В., Лосевой А. С. и Фецович И. В. [Акиндинов 2022]. Афанасьев А. А. использовал ее более широко, в отношении обрабатывающих производств России на основе панельных данных [Афанасьев 2022]. Еще более широко, на уровне макроэкономики, функцию применяли, в частности, следующие исследователи: Гневашева В. А. для прогнозирования занятости [Гневашева 2005], Курочкин В. Н. для оценки развития экономической системы на примере регионов Южного федерального округа [Курочкин 2023] и другие. Классическую двухфакторную модель экономического роста анализировал Гичиев Н. С. [Гичиев 2022]. Необычное применение функции в оценке патентной деятельности при моделировании инновационной активности реализовала Соколова М. В. [Соколова 2024].

Электронный документооборот и особенно его осуществления в современных условиях цифровизации так же неоднократно являлись объектом исследования. Использование электронных документов, электронного документооборота и технологий искусственного интеллекта для целей ревизионного контроля сельскохозяйственных потребительских кооперативов изучал Бойко О. В. [Бойко 2021]. Применение электронной подписи в электронном документообороте раскрывали в своих трудах, в частности, Скворцов А. А. [Скворцов 2023] и Субботенко Т. В. [Субботенко 2024]. Особенности реализации электронного документооборота в публично-правовой сфере, при оказании государственных и муниципальных услуг, рассматривала Гусева Т. А. [Гусева 2023], а в электронной информационно-образовательной среде университета — Сысоева Л. А. [Сысоева 2023]. Проблемы перехода на отечественное программное обеспечение в области электронного документооборота исследовали Мацуга Е. А. и Перова М. В. [Мацуга 2024]. Потенциальный вред окружающей среде от электронного документооборота и электронных услуг оценила Попова Т. А. [Попова 2024].

Методологические основы

Построение ФКД будет осуществлено посредством уравнения множественной регрессии, для чего надо определить соответствующие коэффициенты. Для этого будет применен метод наименьших квадратов. В научных работах фигурируют различные пути применения указанного

метода. В частности, в статье «Особенности построения производственных функций на примере зависимости объема производства от использованного труда и вложенного капитала» Салько Д. Ю., Искандарова К. М. и Ивченко Ю. С. метод реализован в матричной форме. В учебном пособии по «Микроэкономике» под общей редакцией д. э. н., профессора Попковой Е. Г. для проведения расчета применен пакет «Анализ данных» программного средства MS Excel. Получаемый результат будет идентичным, однако алгоритм действий различен. Применим в статье оба эти способа, чтобы посредством сравнительного анализа определить более предпочтительный.

Первым по порядку выступит алгоритм, примененный Салько Д. Ю., Искандаровым К. М. и Ивченко Ю. С. [Салько 2014] и предполагающий реализацию метода в матричной форме. Для нахождения коэффициентов множественной регрессии необходимо осуществить ряд действий, которые могут быть представлены следующим образом (формула 3):

$$B = (X^T * X)^{-1} * X^T * Y \quad (3)$$

где B — матрица коэффициентов уравнения множественной регрессии;

X — матрица массива независимых переменных (предикторов) X ;

X^T — транспонированная матрица массива X ;

Y — матрица массива зависимой переменной Y .

Использование процессного подхода для отображения данного алгоритма позволяет визуализировать последовательность действий какхождение некоторых этапов (см. рисунок 1).

При осуществлении метода можно обратить внимание на следующие особенности:

1) не забывать о том, что для умножения матриц количество столбцов первой матрицы должно быть равно количеству строк второй;

2) непосредственно перед реализацией метода предполагается логарифмирование исходных данных, что позволяет получить следующие преимущества: уменьшение дисперсии данных, нормализация данных с большим диапазоном значений, улучшение линейности между переменными;

3) в случае проведения операций с матрицами посредством программного средства MS Excel следует учитывать специфику работы программы (в частности, необходимость выделения диапазона ячеек и использования комбинации клавиш

Ctrl+Shift+Enter для получения ответа).

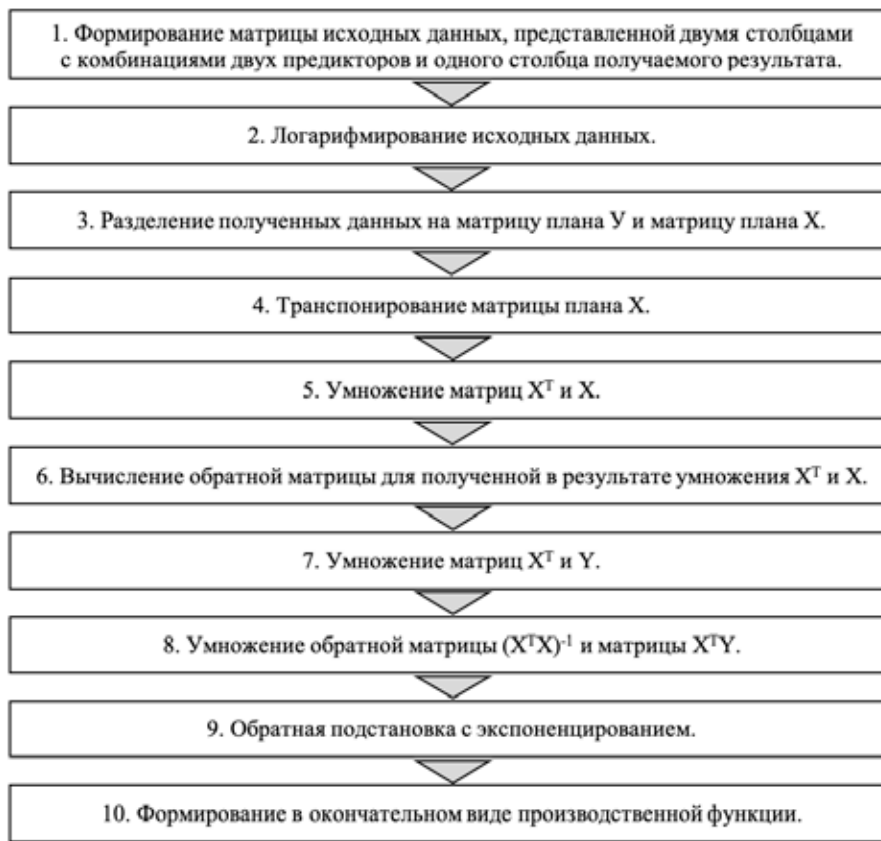


Рис. 1. Этапы применения метода наименьших квадратов в матричной форме

Источник: рисунок автора по данным настоящего исследования

При осуществлении метода можно обратить внимание на следующие особенности:

1) не забывать о том, что для умножения матриц количество столбцов первой матрицы должно быть равно количеству строк второй;

2) непосредственно перед реализацией метода предполагается логарифмирование исходных данных, что позволяет получить следующие преимущества: уменьшение дисперсии данных, нормализация данных с большим диапазоном значений, улучшение линейности между переменными;

3) в случае проведения операций с матрицами посредством программного средства MS Excel следует учитывать специфику работы программы (в частности, необходимость выделения диапазона ячеек и использования комбинации клавиш Ctrl+Shift+Enter для получения ответа).

Второй способ формирования ФКД представлен в учебном пособии по «Микроэкономике» под общей редакцией д. э. н., профессора Попковой Е. Г. [Шаховская 2018] и предполагает применение инструментария MS Excel в процессе осуществления следующих этапов (см. рисунок 2).

Пакет «Анализ данных» создает отдельную вкладку в MS Excel с тремя таблицами, включающими регрессионную статистику, дисперсионный анализ и таблицу описания линии регрессии.

Регрессионная статистика предназначена для вычисления количественных отношений между независимыми переменными и зависимой переменной и в MS Excel включает следующие элементы:

1) множественный R — коэффициент корреляции, показывает тесноту зависимости зависимой переменной от независимых;

2) R-квадрат — коэффициент линейной детерминации, равный возведенному в квадрат значению предыдущего показателя и находящийся в пределах интервала [0; 1]. Близкое нулю значение коэффициента свидетельствует о плохом качестве построенной модели, а равное единице, наоборот, объясняет почти всю изменчивость переменных;

3) нормированный R-квадрат — скорректированный, адаптированный коэффициент детерминации, учитывающий добавление в эконометрическую модель новых переменных, не оказывающих

существенное влияние на зависимую переменную; мает показатель, тем лучше модель соответствует

4) стандартная ошибка показывает точность наблюдениям; 5) наблюдения — число наблюдений.

модели в целом. Чем меньшее значение прини-

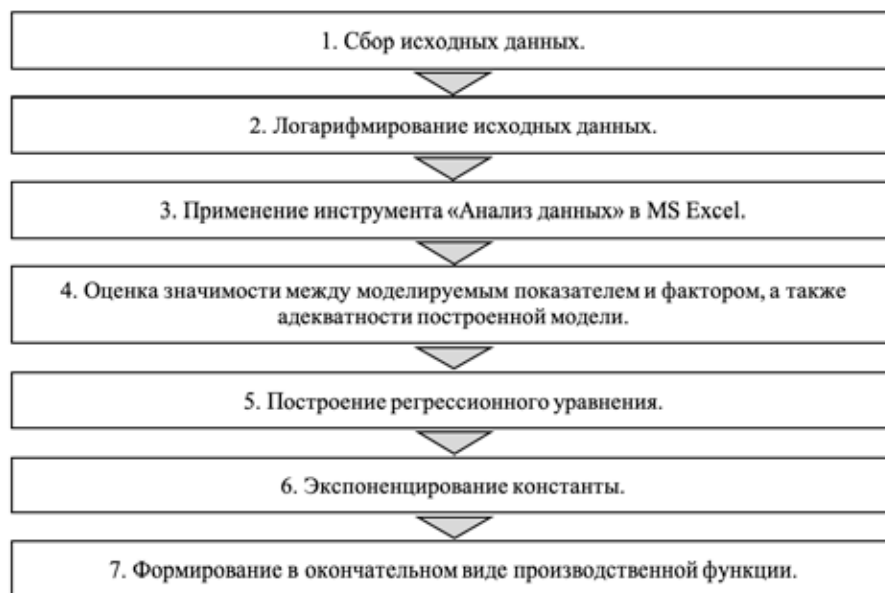


Рис. 2. Этапы применения пакета «Анализ данных» MS Excel для построения производственной функции Кобба — Дугласа
 Источник: рисунок автора по данным настоящего исследования

Дисперсионный анализ (ANOVA) включает регрессию и остаток. Под регрессией понимается часть вариации зависимой переменной, которая объяснима с помощью независимых переменных. В свою очередь, остаток отражает вариацию зависимой переменной, которую нельзя объяснить с помощью предикторов, и показывает точность модели. В рамках ANOVA пакет «Анализ данных» проводит расчет следующих параметров:

1) df — число степеней свободы, для регрессии представляет собой количество независимых переменных в модели, а для остатка указывает на число наблюдений, которые не использованы для оценки параметров модели.

2) SS — сумма квадратов отклонений значений результирующего признака от среднего значения, полезна для оценки влияния предикторов на результат и используется для расчета критерия Фишера (F-тест);

3) MS — средний квадрат, дисперсия на одну степень свободы (SS/df), также используется для F-теста;

4) F — наблюдаемое (эмпирическое) значение, по которому проверяется гипотеза равенства нулю одновременно всех коэффициентов модели («нулевая гипотеза»). Если значение велико, это может свидетельствовать о наличии статистически значимых различий между группами данных;

5) значимость F — вероятность того, что при гипотезе равенства нулю одновременно всех коэффициентов модели критическое значение F больше наблюдаемого значения F . Если значимость F очень мала (обычно меньше 0,05), можно сделать вывод о статистической значимости результатов.

Третья таблица пакета «Анализ данных» включает коэффициенты, стандартную ошибку, t -статистику, P -значение, нижние и верхние 95 %. Рассмотрим более подробно эти параметры:

1) коэффициенты — соответствуют формируемой эконометрической модели;

2) стандартная ошибка используется для оценки точности коэффициентов модели и проверки гипотез о значимости этих коэффициентов. Чем меньше стандартная ошибка, тем более точными и надёжными являются оценки коэффициентов;

3) t -статистика — числовой показатель, используемый для измерения меры отклонения от ожидаемых значений, предназначен для проверки значимости коэффициентов. Чем больше абсолютное значение, тем более значимо отклонение наблюдаемого среднего значения от ожидаемого, а результаты исследования в меньшей мере подвержены случайности;

4) P -значение — вероятность получения результатов, позволяющих оценить значимость со-

ответствующего коэффициента регрессии. При значении больше заданного уровня (обычно 0,05) независимая переменная практически не влияет на зависимую, коэффициент может считаться равным нулю;

5) нижние и верхние 95 % — доверительный интервал для коэффициентов, то есть с вероятностью 95% он лежит в данном интервале.

Результаты

Для проведения расчетов приведем исходные данные (таблица 1).

Таблица 1. Исходные данные для построения производственной функции Кобба — Дугласа

Годы	Количество рабочих мест, оборудованных системой ЭДО		Объем внутреннего документооборота
	A	B	
2020	325	12	54 790
2021	353	15	52 731
2022	353	15	51 348
2023	355	17	57 155
2024	359	19	58 869

Источник: таблица автора по данным настоящего исследования

После этого данные были логарифмированы, а полученные результаты представлены ниже

таблице 2.

Таблица 2. Логарифмированные исходные данные

Количество рабочих мест, оборудованных		Объем внутреннего документооборота
A	B	
5,784	2,485	10,911
5,866	2,708	10,873
5,866	2,708	10,846
5,872	2,833	10,954
5,883	2,944	10,983

Источник: таблица автора по данным настоящего исследования

Данные представляют собой информацию относительно объема документооборота, реализованного в таможенном органе в течение периода с 2020 по 2024 год с помощью двух систем электронного документооборота (ЭДО). В статье они обозначены как системы A и B.

Построим функцию Кобба — Дугласа методом наименьших квадратов в матричной форме, для чего используем ранее описанный алгоритм. Для удобства отображения все применяемые матрицы приведены на листе MS Excel, что упрощает понимание сути метода и соответствует оригинальной статье Салько Д. Ю. и соавторов [Салько в 2014] (рисунок 3).

№ п/п	Q	P1	P2	LnQ (Y)	LnP1 (X1)	LnP2 (X2)
1	54790	325	12	10,9113	5,7838	2,4849
2	52731	353	15	10,8730	5,8665	2,7081
3	51348	353	15	10,8464	5,8665	2,7081
4	57155	355	17	10,9535	5,8721	2,8332
5	58869	359	19	10,9831	5,8833	2,9444

X'		X'X =			(X'X) ⁻¹ =		
1,0000	1,0000	5,0000	29,2722	13,6787	23473,8704	-4436,1239	912,8644
5,7838	5,8665	29,2722	171,3788	80,1057	-4436,1239	840,6328	-177,3969
2,4849	2,7081	13,6787	80,1057	37,5387	912,8644	-177,3969	45,9458

X'Y =		Обратная подстановка	
54,5672	23,9537	b0	25289728076,96
319,462	-2,568	b1	-2,5680
149,303	0,72882	b2	0,7288

Рис. 3. Построение производственной функции Кобба — Дугласа методом наименьших квадратов

Источник: рисунок автора по данным настоящего исследования

Исходные данные приведены в диапазоне ячеек B4:E9, при этом Q означает общее количество отправок в рамках внутреннего документооборота, P1 — число мест системы электронного документооборота, оснащенных программным продуктом A, а P2 — обеспеченных продуктом B.

Логарифмированные значения этих данных приведены в ячейках G4:I9. Список чисел, вектор

Y размещен в L5:L9. Матрица плана X, содержащая информацию по продуктам, представлена в N5:P9 с добавлением слева столбца с единичными значениями для получения постоянной величины в уравнении регрессии. Транспонированная матрица плана X отображена в диапазоне C12:G14, а ее произведение с исходной матрицей X — в ячейках J12:L14. Математическая операция

умножения возможна, так как количество столбцов первой матрицы равно количеству строк второй матрицы. Обратная матрица для ХТХ продемонстрирована в О12:Q14. Результат умножения транспонированной матрицы и Y можно увидеть в векторе J17:J19, а в ячейке M17:M19 приведен результат умножения двух последних полученных матриц. В диапазоне N17:N19, как и в оригинальной статье [Салько 2014] осуществлена обратная подстановка с экспоненцированием числа в M17.

В результате осуществленных действий получаем константу, равную 25289728076,96, и коэффициенты -2,568 для программного средства А и 0,7288 для В. Все это предоставляет возможность сформировать следующую производственную функцию (формула 4).

$$Q = 25289728076,96 * A^{-2,568} * B^{0,7288} \quad (4)$$

Иначе полученная ФКД может быть представ-

лена следующим образом (формула 5):

$$Q = 25289728076,96 * \frac{B^{0,7288}}{A^{2,568}} \quad (5)$$

Анализ полученного результата будет осуществлен далее, после получения результатов на основе применения инструментария MS Excel.

Второй способ построения производственной функции, примененный в учебном пособии по «Микроэкономике» под редакцией Попковой Е. Г. [Шаховская 2018] и предполагающий использование пакета «Анализ данных», реализован далее.

Первые два этапа второго алгоритма идентичны ранее рассмотренной последовательности действий.

После этого был применен «Анализ данных» в MS Excel, результаты которого отображены на рисунке 4.

Регрессионная статистика								
Множественный R	0,974031							
R-квадрат	0,948736							
Нормированный R-квадрат	0,897471							
Стандартная ошибка	0,017968							
Наблюдения	5							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	2	0,01195	0,005975	18,5067	0,05126444			
Остаток	2	0,000646	0,000323					
Итого	4	0,012595						
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	23,95366	2,752889	8,701281	0,012952	12,1089372	35,79839	12,10894	35,79839
Переменная X 1	-2,56798	0,520954	-4,92937	0,038776	-4,80946356	-0,32649	-4,80946	-0,32649
Переменная X 2	0,728818	0,121792	5,984114	0,026808	0,20478879	1,252848	0,204789	1,252848

Рис. 4. Применение полученных в результате «Анализа данных» коэффициентов позволяет построить уравнение регрессии

Источник: рисунок автора по данным настоящего исследования

Изучим полученные значения.

Коэффициент корреляции, близкий к единичному значению, свидетельствует о наличии тесной линейной связи между переменными.

Коэффициент детерминации указывает на то, что уравнение регрессии с применением полученных коэффициентов объясняет 94,9 % дисперсии результативного признака, а прочие факторы — лишь 5,1 %. Достаточно высокое значение нормированного коэффициента детермина-

ции демонстрирует, что модель можно улучшить включением небольшого числа дополнительных предикторов.

Для оценки статистической значимости уравнения в целом следует сравнить наблюдаемое (эмпирическое) и критическое значения критерия Фишера. Наблюдаемое значение равно 18,5067. Для нахождения критического значения обратимся к соответствующей таблице. Число степеней свободы объясненной дисперсии (k1)

равно числу предикторов, то есть двум. Число степеней свободы необъясненной дисперсии (k_2) также равно двум (число наблюдений минус число предикторов и минус один). Критическое значение критерия Фишера, согласно соответствующей таблице, составляет 19,00.

Эмпирическое (наблюдаемое, расчетное) значение критерия Фишера меньше критического, в связи с чем и уровень значимости превышает пороговое значение (0,05). Поэтому имеющиеся данные не позволяют с уверенностью утверждать о наличии значимых различий между группами данных («нулевая гипотеза не отвергается»), а значит не может быть заявлено о статистической значимости уравнения в целом. Хотя значимость F-критерия Фишера составляет 0,051, что не очень существенно превышает уровень 0,05 (или 5%), поэтому результаты могут быть все же полезны для дальнейшего анализа и интерпретации. Предположительно, при сборе большего объема данных за счет большего числа наблюдений модель станет более значимой.

Далее оценим полученные результаты на основе t-критерия Стьюдента. Число степеней свобо-

ды в данном случае равно единице (сумма степеней свободы выборок минус два). При уровне значимости (P), равной 0,05, критическое значение критерия, согласно таблице, соответствует 12,70. Оно превышает все эмпирические значения t-статистики, имеющиеся данные не позволяют уверенно утверждать о наличии статистически значимых коэффициентов в модели («нулевая гипотеза не отвергается»).

На основе полученных коэффициентов построим уравнение регрессии (формула 6):

$$\ln Q = 23,9537 - 2,568 * \ln A + 0,7288 \ln B \quad (6)$$

Экспоненцирование позволяет преобразовать уравнение в производственную функцию Кобба — Дугласа (формула 7):

$$Q = 25289728099,17 * A^{-2,568} * B^{0,7288} \quad (7)$$

Как и ранее, представим ФКД с дробью (формула 8):

$$Q = 25289728099,17 * \frac{B^{0,7288}}{A^{2,568}} \quad (8)$$

Для наглядности изобразим фактический и теоретический, построенный на основе ФКД, документообороты на одном графике (рисунок 5).

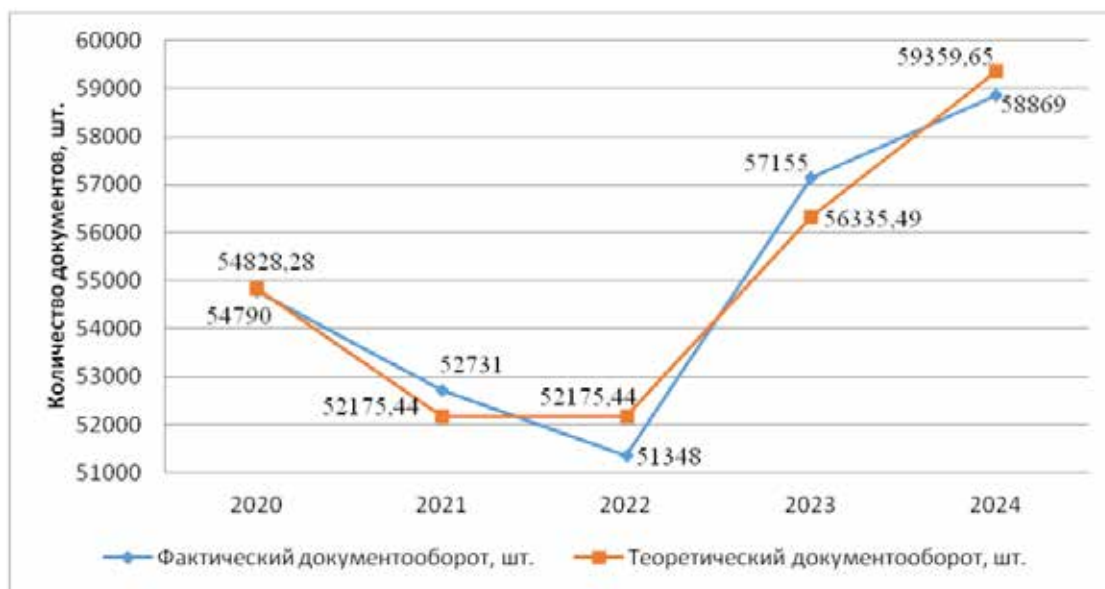


Рис. 5. Фактический и теоретический (на основе ФКД) документообороты

Источник: рисунок автора по данным настоящего исследования

Тенденции, отображенные графиками, очень схожи: только в 2022 году фактический документооборот уменьшился, а теоретический продемонстрировал отсутствие каких-либо изменений.

Разница между фактическим и теоретическим, построенным на основании ФКД, документооборотами составляет 0,07% в 2020 году, 1,05% в

2021 году, 1,61% в 2022 году, 1,43% и 0,83% в последующие годы.

Получается, что формула, при дальнейшей доработке на основании дополнительных наблюдений и, соответственно, повышении точности и адекватности построенной с ее применением модели, позволяет находить необходимое коли-

чество цифровых решений A или B при заданном объеме документооборота.

Иными словами, если известен ожидаемый уровень документов, который необходимо обработать с использованием соответствующих программных средств (можно определить как среднюю величину), следует выразить число A или B из ранее указанной формулы.

Например, необходимо число рабочих мест, оборудованных цифровым решением A, должно быть равно (формула 9):

$$A = \sqrt[2,568]{\frac{25289728099,17 * B^{0,7288}}{\bar{Q}}} = 11245,809 * \sqrt[2,568]{\frac{B^{0,7288}}{\bar{Q}}} \tag{9}$$

где A — число рабочих мест, оснащенных цифровым решением A;
 B — число рабочих мест, оснащенных цифровым решением B;
 Q̄ — фиксированное ожидаемое число документов, необходимых для бесперебойного документооборота.

Аналогичным образом может быть определено число рабочих мест, оборудованных цифровым решением B (формула 10):

$$B = \sqrt[0,7288]{\frac{\bar{Q} * A^{2,568}}{25289728099,17}} \tag{10}$$

где A — число рабочих мест, оснащенных цифровым решением A;
 B — число рабочих мест, оснащенных цифровым решением B;
 Q̄ — фиксированное ожидаемое число документов, необходимых для бесперебойного документооборота.

Заключение

В результате проведенного в статье исследования можно сделать следующие выводы.

Во-первых, доказана применимость функции Кобба-Дугласа не только к классическим ситуациям (таким как анализ деятельности сельскохозяйственных предприятий), но и в других сферах, связанных с информационными технологиями и цифровизацией. Посредством функции можно найти комбинацию цифровых решений, дублирование которых обеспечит решение задач на необходимом уровне.

Во-вторых, построение функции Кобба — Ду-

гласа может быть осуществлено различными путями, методом наименьших квадратов в матричной форме или с применением пакета «Анализ данных» программного средства MS Excel, однако наиболее эффективным представляется способ с использованием программного средства. Получаемый результат является практически идентичным, при этом инструментарий «Анализа данных» предоставляет не только искомые коэффициенты, но и обширный перечень данных, позволяющих оценить адекватность и значимость как модели в целом, так и отдельных коэффициентов. Несомненно, эти данные можно получить посредством проведения расчетов самостоятельно, но для этого потребуется значительное время и присутствует возможность допущения ошибки. Поэтому, вне всяких сомнений, автоматизированное с помощью программных продуктов решение является приоритетным.

В-третьих, для построения адекватной и точной эконометрической модели необходимо значительное количество наблюдений или экспериментов. Иначе может оказаться, что F-критерий Фишера и t-критерий Стьюдента не будут выполнены, а значит применение полученной формулы может дать ненадежный результат. Впрочем, даже в этом случае полученное уравнение может показать близость к фактическому состоянию.

В-четвертых, полученная в процессе исследования формула ФКД демонстрирует интересный эффект, состоящий в том, что расширение внедрения программного продукта A влечет за собой снижение объема документооборота, который максимально может быть получен. Причина этого может состоять как в недостаточной квалификации пользователей программы, так и в возможности доработки и дальнейшего раскрытия потенциала непосредственно цифрового решения A.

В-пятых, функция Кобба — Дугласа при ее корректном построении и применении предоставляет довольно обширные возможности, начиная от прогнозирования и заканчивая оптимизацией комбинации потребляемых ресурсов. Приведенная в статье функция позволяет осуществить прогнозирование максимально возможного объема документов при полной загруженности мест, оснащенных программными средствами электронного документооборота. Помимо этого, сформированная модель дает возможность найти то чис-

ло рабочих мест с установленными цифровыми решениями, которое является достаточным для обработки фиксированного числа документов. Для цифрового решения А оно может быть рассчитано на основании формулы $A = 11245,809 * (B^{0,7288} / Q)^{1/2,568}$, а для цифрового решения В применима формула $B = (Q * A^{2,568} / 25289728099,17)^{1/0,7288}$. Практическое применение результатов исследования может способствовать более эффективному расходованию денежных средств на оснащение рабочих мест современными программными продуктами ведения электронного документооборота, т. е. решению ключевой проблемы экономической науки: как с помощью ограниченных ресурсов максимально удовлетворить имеющиеся потребности.

Список источников

1. Акиндинов 2022 — *Акиндинов В. В.* Модель Кобба — Дугласа в анализе сельскохозяйственного предприятия / В. В. Акиндинов, А. С. Лосева, И. В. Фецович. EDN: GVNIJF // Трансформация системы учетно-аналитического, финансового и контрольного обеспечения в условиях цифровизации экономики : Материалы национальной (всероссийской) научно-практической и методической конференции, Воронеж, 01 февраля 2022 года. Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. 300 с. С. 184–188. ISBN: 978-5-7267-1240-6.
2. Афанасьев 2022 — *Афанасьев А. А.* Использование производственной функции Кобба — Дугласа, построенной по панельным данным, при анализе обрабатывающих производств России. DOI: 10.18334/ce.16.6.114851. EDN: QYZEYS // Креативная экономика = Creative Economy. 2022;16(6):2363–2380. ISSN: 1994-6929; eISSN: 2409-4684.
3. Бойко 2021 — *Бойко О. В.* Использование электронных документов, электронного документооборота и технологий искусственного интеллекта для целей ревизионного контроля сельскохозяйственных потребительских кооперативов (некредитного направления) // Доклады ТСХА. 2021. С. 441–443.
4. Гичиев 2022 — *Гичиев Н. С.* Анализ двухфакторной модели экономического роста на основе производственной функции Кобба — Дугласа. DOI: 10.26726/1812-7096-2022-3-62-66. EDN: VXXWLT // Региональные проблемы преобразования экономики. 2022; 3:62–66. ISSN: 1812-7096.
5. Гневашева 2005 — *Гневашева В. А.* Прогнозирование занятости с помощью функции Кобба — Дугласа. EDN: IKPPFV // Знание. Понимание. Умение = Knowledge. Understanding. Skill. 2005; 1:117–122. ISSN: 1998-9873; eISSN: 2218-9238.
6. Гусева 2023 — *Гусева Т. А.* Электронный документооборот и электронные государственные и муниципальные услуги в публично-правовой сфере. DOI: 10.18572/1812-3929-2023-9-2-5. EDN: XVSBPT // Юрист. 2023; 9:2–5. ISSN: 1812-3929.
7. Курочкин 2023 — *Курочкин В. Н.* Оценка развития экономической системы методом Кобба — Дугласа на примере регионов Южного федерального округа. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_12_657. EDN: EKUSWY // Московский экономический журнал = Moscow Economic Journal. 2023; 8(12):23. eISSN: 2413-046X.
8. Мацуга 2024 — *Мацуга Е. А.* Переход на отечественное программное обеспечение в области электронного документооборота / Е. А. Мацуга, М. В. Перова. EDN: YVLCYS // Интернаука. 2024; 17-1:20–23. eISSN: 2687-0142.
9. Попова 2024 — *Попова Т. А.* Электронный документооборот и электронные услуги: забота об экологии или современный фактор причинения вреда окружающей среде? EDN: ULWKVX // Моисеевские чтения. Климатические и иные резкие изменения в современной окружающей среде как реальная угроза развитию общества : Доклады и материалы VII Общероссийской научной конференции, Москва, 23 мая 2024 года. Москва : Московский гуманитарный университет, 2024. 520 с. С. 360–366. ISBN: 978-5-907650-86-2
10. Салько 2014 — *Салько Д. Ю.* Особенности построения производственных функций на примере зависимости объема производства от использованного труда и вложенного капитала / Д. Ю. Салько, К. М. Искандаров, Ю. С. Ивченко. EDN: RDPOOT // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2014. 26:09–112. ISSN: 1998-9849.
11. Скворцов 2023 — *Скворцов А. А.* Электронная подпись в электронном документообороте. EDN: PZSDSE // Математика и математическое моделирование : Сборник материалов XVII Всероссийской молодежной научно-инновационной школы, Саров, 05–07 апреля 2023 года. Саров : Интерконтакт, 2023. 501 с. С. 218–219. ISBN: 978-5-6045874-1-6.
12. Соколова 2024 — *Соколова М. В.* Моделирование инновационной активности: применение производственной функции Кобба — Дугласа в оценке патентной деятельности. EDN: IOJTHC // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2024; 9:162–168. ISSN: 2412-883X.

13. Субботенко 2024 — *Субботенко Т. В.* Проблемы электронной подписи в системах электронного документооборота. EDN: PHMJVL // Проблемы и перспективы развития науки и образования : Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция, Тверь, 13 февраля 2024 года. Тверь : Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2024. 383 с. С. 51–53.
14. Сысоева 2023 — *Сысоева Л. А.* Модели процессов электронного документооборота при реализации цифровых сервисов для обучающихся в электронной информационно-образовательной среде университета. DOI: 10.17513/mjprf.13503. EDN: HSMYUL // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2023; 1:37–44.
15. Шаховская 2018 — *Шаховская Л. С.* Микроэкономика: кейсы, деловые игры, тесты : учебное пособие / Л. С. Шаховская, Е. Г. Попкова, В. И. Тинякова. Москва : Кнорус, 2018. 290 с. ISBN: 978-5-406-03998-4.

References

1. Akintdinov V. V. Model' Kobba – Duglasy v analize sel'skokhozyaystvennogo predpriyatiya [The Cobb-Douglas Model in the Analysis of an Agricultural Enterprise]. Dy V. V. Akintdinov, A. S. Loseva, I. V. Fetkovich. EDN: GVNIJF. *Transformatsiya sistemy uchethno-analiticheskogo, finansovogo i kontrol'nogo obespecheniya v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki* [Transformation of the accounting, analytical, financial and control system in the context of digitalization of the economy] : Proceedings of the national (all-Russian) scientific, practical and methodological conference, Voronezh, February 01, 2022. Voronezh : Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I Publ., 2022. 300 p. Pp. 184–188. ISBN: 978-5-7267-1240-6 (in Russ.).
2. Afanasyev A. A. Ispol'zovaniye proizvodstvennoy funktsii Kobba – Duglasy, postroyennoy po panel'nym dannym, pri analize obrabatyvayushchikh proizvodstv Rossii [Using the Cobb-Douglas production function, constructed from panel data, in the analysis of manufacturing industries in Russia]. DOI: 10.18334/ce.16.6.114851. EDN: QYZEYS. *Creative Economy*. 2022;16(6):2363–2380. ISSN: 1994-6929; eISSN: 2409-4684 (in Russ.).
3. Boyko O. V. Ispol'zovaniye elektronnykh dokumentov, elektronnoy dokumentooborota i tekhnologiy iskusstvennogo intellekta dlya tseley revizionnogo kontrolya sel'skokhozyaystvennykh potrebitel'skikh kooperativov (nekreditnogo napravleniya) [Use of Electronic Documents, Electronic Document Management and Artificial Intelligence Technologies for the Purposes of Audit Control of Agricultural Consumer Cooperatives (Non-Credit Direction)]. *Doklady TSKhA* [Reports of the Timiryazev Agricultural Academy]. 2021. Pp. 441–443 (in Russ.).
4. Gichiev N. S. Analiz dvukhfaktornoy modeli ekonomicheskogo rosta na osnove proizvodstvennoy funktsii Kobba – Duglasy [Analysis of a two-factor model of economic growth based on the Cobb-Douglas production function]. DOI: 10.26726/1812-7096-2022-3-62-66. EDN: BXXWLT. *Regional'nyye problemy preobrazovaniya ekonomiki*. 2022; 3:62–66. ISSN: 1812-7096 (in Russ.).
5. Gnevasheva V. A. Prognozirovaniye zanyatosti s pomoshch'yu funktsii Kobba – Duglasy [Forecasting employment using the Cobb-Douglas function]. EDN: IKPPFV. *Knowledge. Understanding. Skill*. 2005; 1:117–122. ISSN: 1998-9873; eISSN: 2218-9238 (in Russ.).
6. Guseva T. A. Elektronnyy dokumentooborot i elektronnyye gosudarstvennyye i munitsipal'nyye uslugi v publichno-pravovoy sfere [Electronic document management and electronic state and municipal services in the public law sphere]. DOI: 10.18572/1812-3929-2023-9-2-5. EDN: XVSAPT. *Jurist*. 2023; 9:2–5. ISSN: 1812-3929 (in Russ.).
7. Kurochkin V. N. Otsenka razvitiya ekonomicheskoy sistemy metodom Kobba — Duglasy na primere regionov Yuzhnogo federal'nogo okruga [Assessing the development of the economic system using the Cobb-Douglas method on the example of regions of the Southern Federal District]. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_12_657. EDN: EKUSWY. *Moscow Economic Journal*. 2023; 8(12):23. eISSN: 2413-046X (in Russ.).
8. Matsuga E. A. Perekhod na otechestvennoye programmnoye obespecheniye v oblasti elektronnoy dokumentooborota [Transition to domestic software in the field of electronic document management]. E. A. Matsuga, M. V. Perova. EDN: YVLCYS. *Internauka*. 2024; 17-1:20–23. eISSN: 2687-0142 (in Russ.).
9. Popova T. A. Elektronnyy dokumentooborot i elektronnyye uslugi: zabota ob ekologii ili sovremennyy faktor prichineniya vreda okruzhayushchey sfere? [Electronic document management and electronic services: concern for the environment or a modern factor in causing harm to the environment?] EDN: ULWKVX // *Moiseevskie chteniya. Climate and other abrupt changes in the modern environment as a real threat to the development of society* : Proceedings of the 7th All-Russian scientific conference, Moscow, May 23, 2024. Moscow : Moscow University for the Humanities Publ., 2024. 520 p. Pp. 360–366. ISBN: 978-5-907650-86-2 (in Russ.).

10. Salko D. Yu. Osobennosti postroyeniya proizvodstvennykh funktsiy na primere zavisimosti ob'yema proizvodstva ot ispol'zovannogo truda i vlozhennogo kapitala [Features of constructing production functions using the example of the dependence of production volume on labor used and invested capital]. By D. Yu. Salko, K. M. Iskandarov, Yu. S. Ivchenko. EDN: RDPOOT. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)*. 2014. 26:09–112. ISSN: 1998-9849 (in Russ.).
11. Skvortsov A. A. Elektronnaya podpis' v elektronnom dokumentooborote [Electronic Signature in Electronic Document Management]. EDN: PZSDSE. *Matematika i matematicheskoye modelirovaniye* [Mathematics and Mathematical Modeling] : Proceedings of the 17th All-Russian Youth Scientific and Innovative School, Sarov, April 5–7, 2023. Sarov : Intercontact Publ., 2023. 501 p. Pp. 218–219. ISBN: 978-5-6045874-1-6 (in Russ.).
12. Sokolova M. V. Modelirovaniye innovatsionnoy aktivnosti: primeneniye proizvodstvennoy funktsii Kobba – Duglasa v otsenke patentnoy deyatel'nosti [Modeling innovation activity: application of the Cobb-Douglas production function in assessing patent activity]. EDN: IOJTHC. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii*. 2024; 9:162–168. ISSN: 2412-883X (in Russ.).
13. Subbotenko T. V. Problemy elektronnoy podpisi v sistemakh elektronnoy dokumentooborota [Problems of electronic signature in electronic document management systems]. EDN: PHMJVL. Problemy i perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya [Problems and prospects for the development of science and education] : All-Russian (national) scientific and practical conference, Tver, February 13, 2024. Tver : Tver State Agricultural Academy Publ., 2024. 383 p. P. 51–53 (in Russ.).
14. Sysoeva L. A. Modeli protsessov elektronnoy dokumentooborota pri realizatsii tsifrovyykh servisov dlya obuchayushchikhsya v elektronnoy informatsionno-obrazovatel'noy srede universiteta [Models of electronic document management processes in the implementation of digital services for students in the electronic information and educational environment of the university]. DOI: 10.17513/mjpf.13503. EDN: HSMYUL. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2023; 1:37–44 (in Russ.).
15. Shakhovskaya L. S. Mikroekonomika: keysy, delovyye igry, testy [Microeconomics: cases, business games, tests: a tutorial]. By L. S. Shakhovskaya, E. G. Popkova, V. I. Tinyakova. Moscow : Knorus Publ., 2018. 290 p. ISBN: 978-5-406-03998-4 (in Russ.).

Информация об авторе:

Курихин Сергей Валерьевич — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории и экономики таможенного дела, старший преподаватель кафедры информатики и информационных таможенных технологий. Государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Российская таможенная академия», почтовый адрес: Комсомольский проспект, 4, г. Люберцы, Московская обл., 140015, Россия. Author ID(РИНЦ): 744310. SPIN-код: 7403-2143.

Information about the author:

Kurikhin Sergey V. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Theory and Economics of Customs Affairs, Senior Lecturer of the Department of Computer Science and Information Customs Technologies. Russian Customs Academy, 4 Komsomolsky Prospekt, Lyubertsy, Moscow Region, 140015, Russia. Author ID (RSCI): 744310. SPIN-code: 7403-2143.

Статья поступила в редакцию 06.01.2025; одобрена после рецензирования 22.01.2025; принята к публикации 28.02.2025. The article was submitted 01/06/2025; approved after reviewing 01/22/2025; accepted for publication 02/28/2025.