

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2026, Том 18, № 2 / 2026, Vol. 18, Iss. 2 <https://esj.today/issue-2-2026.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/43ECVN226.pdf>

5.2.1. Экономическая теория (экономические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кравец, А. В. Долгосрочная динамика экономического развития Соединенных Штатов Америки (1929–2026 гг.): сравнительный анализ производственных функций с использованием Ridge-регрессии / А. В. Кравец // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/43ECVN226.pdf>.

For citation:

Kravets A.V. Long-term dynamics of economic development in the United States of America (1929–2026): a comparative analysis of production functions using ridge regression. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(2): 43ECVN226. Available at: <https://esj.today/PDF/43ECVN226.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 338.3.01

Кравец Александр Витальевич

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»,
Новосибирск, Россия

Доцент кафедры «Социологии»

Кандидат социологических наук, доцент

E-mail: apt-words@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4694-0973>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=355106

Долгосрочная динамика экономического развития Соединенных Штатов Америки (1929–2026 гг.): сравнительный анализ производственных функций с использованием Ridge-регрессии

Аннотация. Автором представлена оценка параметров производственных функций для выделенных периодов функционирования экономики Соединенных Штатов Америки, их сравнительный анализ в различные исторические периоды с использованием методов регуляризации (Ridge-регрессии), а также выявленные закономерности изменения роли фактора труд и фактора капитал в выделенных периодах, роль научно-технического прогресса. Использованный вид построения регрессии позволяет найти наиболее устойчивые коэффициенты влияния фактора труд и фактора капитал на выпуск продукции. Теоретической основой исследования выступила двухфакторная модель производственной функции Кобба-Дугласа. В исследовании проведено преобразование переменных в натуральные логарифмы, что обеспечило снижение гетероскедастичности, сглаживание вариации статистических рядов. Для выявления тесноты взаимосвязей между переменными и проверки предпосылок включения факторов в модель использовался корреляционный анализ. В исследовании делается акцент на то, что вид производственной функции изменяется в зависимости от исторического периода. Коэффициенты эластичности факторов производства изменчивы, что свидетельствует о динамическом характере экономики Соединенных Штатов Америки и ее способности адаптации к меняющимся внешним условиям. Исследование показало, что отдача от масштаба имеет циклический характер, увеличиваясь в периоды структурных изменений и стабилизируясь в периоды стабильного экономического развития. Этот вывод подчеркивает важность учёта экономического цикла при оценке динамики производительности факторов производства и планировании распределения ресурсов. Это подтверждает выводы других научных исследований о необходимости разработки стратегий развития, которые направлены на развитие системы образования, инноваций, развитие компетенций работников.

Ключевые слова: регрессия; производственная функция; факторы; капитал; труд; основные производственные фонды; эластичность; структура

Введение

Актуальность исследования

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью более глубокого экономического анализа факторов экономического роста и трансформации процессов производства товаров и услуг в долгосрочном периоде экономического развития с использованием метода регуляризации (Ridge-регрессия) [1].

В условиях нестабильности макроэкономической среды, научно-технического прогресса и постоянных технологических изменений в производстве большое значение приобретает выявление устойчивых закономерностей функционирования социально-экономических и производственных систем. Применение современных эконометрических методов (в данном случае — метода регуляризации) позволяет повысить точность оценок и надежность интерпретаций построенных производственных функций. Это делает исследование более релевантным как с теоретической, так и с прикладной точек зрения [2].

Проблемная область данного исследования связана с необходимостью выявления устойчивых и сопоставимых оценок производственных функций для соответствующих экономических периодов Соединенных Штатов Америки в условиях структурных сдвигов. Это обуславливает необходимость более гибких и устойчивых инструментов анализа, в данном случае, — метода регуляризации (Ridge-регрессии) [3].

Обзор литературы

Двухфакторная модель Кобба-Дугласа (производственная функция) является одним из важных экономических инструментов экономической теории. Данный инструмент используется для проведения анализа зависимости объема выпуска товаров и услуг от используемых факторов производства: фактора капитал и фактора труд. Экономической наукой данная производственная функция рассматривается как фундаментальная модель, которая позволяет оценить вклад каждого из факторов производства, а также эластичность выпуска по каждому из факторов. Значительный вклад в теоретическое обоснование данной зависимости внесли ученые Чарльз Кобб и Пол Дуглас [3; 4].

Современная экономическая теория рассматривает различные модификации производственных функций, учитывая при этом влияние институциональных и структурных факторов в экономике. Особое внимание уделяется использованию эконометрических методов анализа, которые позволяют изучать особенности экономического развития в различные исторические периоды.

Так, М.И. Гребнев для описания технологического процесса отраслей в экономике Российской Федерации использует двухфакторную модель производственной функции с инвестициями и трудом в качестве факторов производства [4]. А.В. Михеевым предложен вероятностный метод определения производственных функций [5]. Ю.А. Авдеева описывает эконометрическое моделирование динамики валового внутреннего продукта (ВВП) России в зависимости от стоимости основных фондов и численности занятых в экономике страны и на основе построенных регрессионных уравнений осуществляет прогнозирование будущих показателей ВВП, а также прогнозируется дальнейшее развитие страны [6]. А.И. Фроловичев, О.В. Гуляева, Е.С. Пташная анализируют экономические показатели компаний ОАО «РЖД» и

China Railway Group Limited. К ним относятся выручка, стоимость основных средств и списочная численность персонала. С использованием значений выбранных показателей с помощью методов нелинейной оптимизации построены модели, описывающие производственно-экономические системы рассматриваемых компаний, проведена интерпретация результатов и обозначены ключевые направления применения результатов моделирования для целей экономического планирования и прогнозирования. [7]. Г.Г. Козлова рассматривает проблемы построения экономико-математической модели в виде производственной функции на микро- и макроэкономическом уровне, формулирует проблему влияния неоднородности капитала на функционирование экономической системы [8]. А. В. Рыбаков, В. В. Соколянский исследуют клиентский капитал российских высокотехнологичных предприятий. Авторами предложена модель клиентского капитала высокотехнологичного предприятия, созданная на платформе производственной функции [9; 10]. А.А. Арушанян, Е.М. Иванова строят ряд линейных и нелинейных эконометрических моделей выпуска продукции по виду экономической деятельности «Строительство». Для этих целей используют двухфакторную модель Кобба-Дугласа [11]. А.А. Афанасьев, Р.А. Жуков отмечают важность развития методов эконометрических исследований на основе модели производственной функции, являющихся неотъемлемой частью подготовки и принятия выверенного управленческого решения [12; 13]. О.В. Мамонов рассматривает оптимальные значения показателей, которые могут служить инструментами для построения производственной функции [14]. Т. Е. Хорольская, Г. А. Есенкова, А. В. Евченко в своих прикладных региональных исследованиях экономического роста использует аппарат многофакторных производственных функций и, в частности, построенные по их оцененным параметрам семейства изоквант [15]. Г.А. Хацкевич, А.Ф. Проневич рассматривают многофакторные производственные функции; вводят понятие квазиоднородности, обобщающее условие однородности, определяют понятия эластичности замещения факторов производства по Хиксу и Аллену [16]. В.Г. Зарецкая, Л.А. Дремова, Л.М. Осиневич решают задачу построения производственной мультипликативной функции региона с учетом таких факторов, как труд, капитал, выпуск инновационных товаров [17].

Целью данного исследования является оценка параметров производственных функций для выделенных периодов функционирования экономики США, их сравнительный анализ в различные исторические периоды с использованием методов регуляризации (Ridge-регрессии), а также выявление закономерностей изменения роли фактора труд и фактора капитал в выделенных периодах, характера от масштаба и динамики научно-технического прогресса.

Задачи исследования:

- оценить параметры построенных производственных функций;
- провести анализ устойчивости полученных параметров производственных функций в соответствующих исторических периодах;
- проанализировать устойчивость полученных коэффициентов эластичности и константы построенных производственных функций;
- исследовать и проинтерпретировать динамику факторных эластичностей и выявить структурные сдвиги в производственном процессе;
- проинтерпретировать полученные результаты.

Гипотезы исследования

Гипотеза 1. Несмотря на то, что экономика США за период с 1929 по 2025 год претерпевала значительные структурные и институциональные изменения, сам производственный процесс может быть описан двухфакторной моделью Кобба-Дугласа, которая отражает технологические зависимости выпуска от факторов производства — труда и капитала.

Гипотеза 2. Вклад факторов производства в общий выпуск не представляет собой фиксированную величину. Изменение показателей эластичности при факторах труд и капитал отражают структурные изменения в экономике страны, уровень технологического развития и характера накопления капитала.

Гипотеза 3. Константа (свободный член) производственной функции Кобба-Дугласа показывает уровень совокупной факторной производительности труда и капитала и влияния научно-технического (технологического) прогресса и неучтенных факторов в моделях производственной функции.

Гипотеза 4. Применение метода регуляризации может позволить выявить эффективные параметры производственных функций для выделенных периодов экономического развития США, при этом минимизируя шумы, мультиколлинеарность и переобучение.

Материалы и методы

Методы исследования

В ходе проведения данного научного исследования использован метод регуляризации (Ridge-регрессия). Данный вид построения регрессии позволяет найти наиболее устойчивые коэффициенты влияния фактора труд и фактора капитал на валовый внутренний продукт (ВВП).

Теоретической основой исследования выступает двухфакторная модель производственной функции Кобба-Дугласа.

В исследовании проведено преобразование переменных в натуральные логарифмы, что обеспечивает снижение гетероскедастичности, сглаживание вариации статистических рядов. Для выявления тесноты взаимосвязей между переменными и проверки предпосылок включения факторов в модель использовался корреляционный анализ.

Процедура исследования

1. В качестве эмпирической базы исследования автором были использованы официальные статистические данные США, опубликованные Бюро экономического анализа США (BEA). Из соответствующих электронных таблиц сайта Бюро экономического анализа США (US BEA)¹ были взяты данные по ВВП США, капиталу и труду за период с 1929 по 2025 гг. Эти данные были разбиты на периоды (с использованием теста ЧОУ, который применяется в эконометрике в качестве процедуры проверки стабильности параметров регрессионной модели, наличия структурных сдвигов в выборке. Фактически тест проверяет неоднородность выборки в контексте регрессионной модели).

2. Абсолютные значения ВВП США, фактора труд и фактора капитал (все переменные измеряются в млн долл.) были дефлированы. За базовый год был взят 2017 г. Данные дефлятора за период с 1929 по 2025 гг. были взяты с сайта Бюро экономического анализа США. К факторам производства, которые были использованы в эконометрическом моделировании, относятся:

Фактор капитал (основные фонды), (National Data — Fixed Assets Accounts Tables — Section 1 — Fixed Assets and Consumer Durable Goods²). В статистике Бюро экономического

¹ Сайт Бюро экономического анализа США (U.S. Bureau of Economic Analysis (BEA)). URL: https://apps.bea.gov/iTable/?isuri=1&reqid=19&step=4&categories=flatfiles&nipa_table_list=1. (дата обращения: 30.04.2026 года).

² Фактор капитал (Основные производственные фонды). (U.S. Bureau of Economic Analysis (BEA)). URL: https://apps.bea.gov/iTable/?ReqID=10&step=2&_gl=1*u7s27k*_ga*MTEyNjY0NzAyMS4xNzI5MjYxNDIw*_ga_J4698JN-NFT*czE3NzU5MDkxODUkbzckZzEkdDE3NzU5MDkyODkkaQ1JGwwJGgw. (дата обращения: 30.04.2026 года).

анализа Соединенных Штатов Америки основными фондами считаются здания и сооружения, машины и оборудование, инфраструктура, интеллектуальная собственность. Это соответствует экономическому понятию основных производственных фондов.

Фактор труд (National Data — National Income and Product Accounts — GDP and Personal Income — Section 2 Personal Income and Outlays³). В данный показатель, согласно статистике Бюро экономического анализа США, входят заработная плата, премии и бонусы, взносы работодателей (страховки, пенсии).

3. Дефлированные данные всех трех переменных были переведены в натуральные логарифмы (табл. 1).

4. Была задана сеть возможных значений λ . Для каждого λ была построена Ridge-регрессия производственной функции и рассчитан Байесовский информационный критерий (BIC).

5. Выбрали λ , при котором BIC минимален.

6. Получили коэффициенты эластичностей и константу производственной функции для соответствующего периода при этой λ .

7. Поскольку оценки параметров производственных функций были получены в логарифмической форме, было выполнено обратное преобразование моделей путем экспоненцирования с целью представления последних в исходном, нелинейном виде.

8. Все эконометрические расчеты были выполнены в программе Gretl, кросс — платформенного программного пакета для эконометрического анализа.⁴

Статистические данные, использованные в построении производственных функций, сгруппированы в Таблице 1.

Таблица 1

Натуральные логарифмы реального ВВП, заработной платы и основных фондов США за период с 1929 по 2025 гг.

Год	Ln (Реальный ВВП США)	Ln (Заработная плата)	Ln (Основные фонды)
1929	13,9009	13,1910	14,9361
1930	13,8172	13,1474	14,9347
1931	13,7336	13,0753	14,8879
1932	13,5711	12,9296	14,8888
1933	13,5708	12,9191	14,9900
1934	13,6865	13,0273	14,9901
1935	13,7534	13,0748	14,9565
1936	13,8617	13,1890	15,0380
1937	13,9055	13,2505	15,0422
1938	13,8666	13,2124	15,0757
1939	13,9340	13,2793	15,0943
1940	14,0184	13,3502	15,1546
1941	14,2004	13,5307	15,2394
1942	14,3525	13,7185	15,2924
1943	14,4752	13,8863	15,3326
1944	14,5470	13,9562	15,3743

³ Фактор труд (заработная плата, премии и бонусы, страховки). URL: https://apps.bea.gov/iTable/?isuri=1&reqid=19&step=4&categories=flatfiles&nipa_table_list=1. (дата обращения: 30.04.2026 года).

⁴ Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library (Библиотека GNU для регрессий, эконометрики и временных рядов). URL: <https://gretl.sourceforge.net/ru.html>. (дата обращения: 30.04.2026 года).

Год	Ln (Реальный ВВП США)	Ln (Заработная плата)	Ln (Основные фонды)
1945	14,5354	13,9447	15,4247
1946	14,4145	13,7952	15,4480
1947	14,3726	13,7382	15,4514
1948	14,3869	13,7441	15,4314
1949	14,3926	13,7572	15,4508
1950	14,4561	13,8172	15,5237
1951	14,5288	13,9039	15,5438
1952	14,5627	13,9602	15,5771
1953	14,6092	14,0168	15,6028
1954	14,6013	14,0004	15,6368
1955	14,6758	14,0631	15,7102
1956	14,7030	14,1137	15,7664
1957	14,7193	14,1286	15,7802
1958	14,7189	14,1210	15,7974
1959	14,7893	14,1877	15,8261
1960	14,8132	14,2252	15,8440
1961	14,8342	14,2402	15,8675
1962	14,8911	14,2934	15,8978
1963	14,9307	14,3323	15,9217
1964	14,9828	14,3837	15,9660
1965	15,0408	14,4359	16,0087
1966	15,1007	14,5070	16,0584
1967	15,1257	14,5463	16,1029
1968	15,1690	14,5967	16,1509
1969	15,1956	14,6410	16,1874
1970	15,1956	14,6522	16,2203
1971	15,2304	14,6698	16,2700
1972	15,2825	14,7234	16,3232
1973	15,3315	14,7696	16,3906
1974	15,3149	14,7606	16,4664
1975	15,3207	14,7448	16,4623
1976	15,3747	14,7941	16,4956
1977	15,4186	14,8388	16,5440
1978	15,4691	14,8892	16,5964
1979	15,4948	14,9190	16,6523
1980	15,4816	14,9155	16,6842
1981	15,5068	14,9251	16,6918
1982	15,4926	14,9237	16,6909
1983	15,5351	14,9441	16,6843
1984	15,6027	15,0027	16,7035
1985	15,6427	15,0452	16,7212
1986	15,6768	15,0882	16,7614
1987	15,7062	15,1276	16,7892
1988	15,7403	15,1658	16,8078
1989	15,7726	15,1865	16,8208
1990	15,7874	15,2079	16,8265
1991	15,7888	15,2095	16,8200
1992	15,8205	15,2453	16,8359
1993	15,8486	15,2626	16,8622
1994	15,8894	15,2911	16,9003
1995	15,9161	15,3173	16,9272
1996	15,9522	15,3491	16,9547
1997	15,9951	15,3954	16,9887
1998	16,0368	15,4562	17,0301
1999	16,0855	15,5074	17,0802
2000	16,1300	15,5685	17,1261
2001	16,1490	15,5880	17,1677

Год	Ln (Реальный ВВП США)	Ln (Заработная плата)	Ln (Основные фонды)
2002	16,1706	15,5932	17,2046
2003	16,2053	15,6157	17,2447
2004	16,2479	15,6501	17,3205
2005	16,2891	15,6764	17,3921
2006	16,3217	15,7081	17,4456
2007	16,3481	15,7399	17,4691
2008	16,3477	15,7416	17,4820
2009	16,3371	15,7134	17,4729
2010	16,3605	15,7192	17,4773
2011	16,3755	15,7355	17,4904
2012	16,4001	15,7597	17,5050
2013	16,4258	15,7783	17,5408
2014	16,4559	15,8122	17,5688
2015	16,4886	15,8541	17,5876
2016	16,5090	15,8741	17,6220
2017	16,7917	16,1597	17,9042
2018	16,8130	16,1790	17,9246
2019	16,8328	16,2006	17,9422
2020	16,8129	16,2015	17,9725
2021	16,8723	16,2361	18,0545
2022	16,8992	16,2375	18,0976
2023	16,9291	16,2574	18,0878
2024	16,9524	16,2848	18,0918
2025	16,9386	16,2710	18,0780

Составлено автором на основе *Ошибка! Закладка не определена.*

Результаты и обсуждение

В ходе анализа статистики Бюро экономического анализа США за период с 1929 по 2025 годы с использованием теста ЧОУ были выделены 4 исторических периода.

1. 1929–1945 гг. Кризис и военная мобилизация.

Данный период характеризуется последствиями Великой депрессии в Соединенных Штатах Америки и мобилизационной экономикой периода Второй мировой войны. Глубокий спад экономического развития в начале 30-х годов сопровождался такими негативными тенденциями, как сокращение выпуска продукции, массовой безработицей, крахом на финансовых рынках. В этот период рыночные механизмы распределения ресурсов были нарушены. Это привело к государственному регулированию экономики (Кейнсианский подход) через организацию общественных работ, регулированию цен и финансового сектора.

С началом Второй мировой войны социально-экономическая система США трансформировалась в режим централизованного управления (мобилизации). Произошла переориентация производства на выпуск военной продукции. Этот процесс искажил структуру выпуска и распределения факторов производства (фактор труд и фактор капитал). Распределение фактора капитал и фактора труд распределялись в экономики не через рыночный механизм, а в соответствии с приоритетами правительства США.

2. 1946–1973 гг. Послевоенный рост (так называемый «золотой век» устойчивого экономического роста).

Данный период характеризуется устойчивым экономическим ростом и стабилизацией функционирования социально-экономических институтов. Функционирование экономики в целом сопровождалось быстрым накоплением фактора капитал. Происходило расширение промышленного производства. Можно выделить следующие ключевые факторы экономического

роста: ускоренный технологический прогресс и диффузия технологий. В США были созданы системы управления базами данных, современные языки программирования. Происходил рост значимости человеческого капитала, расширение образования. Расширялось массовое производство и потребление. В целом данный период характеризуется как период институциональной стабильности и предсказуемой макроэкономической политики.

3. 1974–2000 гг. Структурная перестройка (смена технологического режима).

Данный период характеризуется серией экономических шоков, связанных прежде всего с нефтяными кризисами. Это привело к такому экономическому явлению как стагфляция — высокая инфляция и низкий экономический рост. Эти процессы подорвали веру в эффективность кейнсианских методов регулирования экономики. В ответ на эти негативные процессы в США были проведены экономические реформы, которые были направлены на дерегулирование экономических процессов, снижение налогов. В этот же период начинается технологическая трансформация, связанная с ускоренным развитием информационных технологий. Начиная производиться персональные компьютеры, офисное программное обеспечение. Появляется электронная обработка документов, хранение файлов. Широкое распространение получают игры, корпоративное программное обеспечение, автоматизация бизнес-процессов, интернет-технологии, интернет-торговля, электронная почта и чаты, GPS, Wi-Fi, 2G/3G, ноутбуки, мобильные телефоны.

4. 2001–2025 гг. Современный период (постиндустриальная экономика, решающая роль финансового капитала).

Данный период характеризуется доминированием финансового сектора, цифровых технологий. Экономическое развитие в данный период определяется следующими шоками и тенденциями: замедление роста производительности в развитых экономиках, ускоренная цифровизация, переход к длительному периоду низких процентных ставок, усиление роли государства и изменение структуры занятости. Широкое распространение получили социальные сети, смартфоны и приложения, цифровая реклама и маркетинг, большие массивы данных (Big Data), прогнозная аналитика, интернет вещей, индустрия 4.0, прогнозные алгоритмы, машинное обучение, виртуальная реальность, беспилотные летательные аппараты, распознавание языка, робототехника.

В ходе проведения построения моделей производственных функций для соответствующего исторического периода был получен ряд моделей производственных функций (табл. 2). Тип отдачи от масштаба, эластичности выпуска от труда и капитала и технологические коэффициенты сгруппированы в таблице 3.

Таблица 2

Логарифмическая и эконометрическая формы производственной функции с оценками коэффициентов и BIC/R² по историческим периодам

Период	Вид производственной функции логарифмический / эконометрический	BIC/R ²	λ	Константа	Капитал (K)	Труд (L)
1929–1945	$\ln Q = -2,53 + 0,57 \cdot \ln K + 0,59 \cdot \ln L$ $Q = 0,08 \cdot K^{0,57} \cdot L^{0,59}$	-15,2 98,06	0,1	-2,53 $e^{-2,53}=0,08$	0,57	0,59
1946–1973	$\ln Q = 0,71 + 0,47 \cdot \ln K + 0,46 \cdot \ln L$ $Q = 2,03 \cdot K^{0,47} \cdot L^{0,46}$	-61,4 99,42	0,1	0,71 $e^{0,71}=2,03$	0,47	0,46
1974–2000	$\ln Q = -1,87 + 0,56 \cdot \ln K + 0,54 \cdot \ln L$ $Q = 0,16 \cdot K^{0,56} \cdot L^{0,54}$	-45,4 99,04	0,1	-1,87 $e^{-1,87}=0,16$	0,56	0,54
2001–2025	$\ln Q = 0,82 + 0,41 \cdot \ln K + 0,53 \cdot \ln L$ $Q = 2,27 \cdot K^{0,41} \cdot L^{0,53}$	-65,1 99,58	0,1	0,82 $e^{0,82}=2,27$	0,41	0,53

Рассчитано автором

Ошибка! Закладка не определена.

Таблица 3

**Параметры производственной функции
Кобба-Дугласа и тип отдачи от масштаба по историческим периодам**

Период	Технологический коэффициент	Капитал	Труд	Сумма	Тип отдачи (эффект масштаба)
1929–1945	0,08	0.57	0.59	1.16	возрастающая
1946–1973	2,03	0.47	0.46	0.94	постоянная
1974–2000	0,16	0.56	0.54	1.10	возрастающая
2001–2025	2,27	0.41	0.53	0.94	постоянная

Рассчитано автором на основе данных Бюро экономического анализа США (BEA)

Интерпретация полученных результатов

Полученные результаты регрессионного анализа с использованием метода Ridge-регрессии для выделенных четырех периодов позволило выявить ряд довольно важных структурных и экономических закономерностей взаимосвязи ВВП США, фактора капитал и фактора труд. Использование метода регуляризации позволило получить устойчивые оценки в условиях малых выборок и потенциальной мультиколлинеарности. Это обеспечило корректную интерпретацию полученных производственных функций.

Во всех четырех периодах построенные модели производственных функций имеют очень высокую объяснительную способность. Параметр R^2 приближается к 99 % при оптимальном уровне регуляризации. Необходимо также отметить тот факт, что полученные результаты достигнуты при низком эффективном числе параметров (показатель df находится в диапазоне от 1 до 1,25), что говорит о способности ridge-оценки эффективно балансировать между качеством аппроксимации моделей и их сложностью.

Минимизация Байесовского информационного критерия (BIC) при малых значениях параметра регуляризации ($\lambda = 0,1$) говорят о том, что полученные коэффициенты в моделях содержат сильный информационный сигнал и выигрывают от умеренного сжатия коэффициентов.

Период кризиса и мобилизации (1929–1945 гг.).

В данном периоде экономического развития Соединенных Штатов Америки фактор капитал и фактор труд показывают относительно высокие симметричные эластичности (0,57 и 0,59 соответственно). Сумма коэффициентов превышает 1. Это говорит о том, что в данный период присутствует возрастающая отдача от масштаба. Полученные эластичности факторов капитал и труд как правило соответствует функционированию экономики в условиях масштабной мобилизации (Вторая мировая война). В данных условиях усиливается комплиментарность факторов капитал и труд, что приводит к сверхпропорциональному выпуску продукции при одновременном увеличении этих двух факторов производства. Кроме этого, возрастающая отдача от масштаба отражает факт централизованного механизма координации функционирования экономики со стороны правительства Соединенных Штатов Америки.

Период послевоенного роста (1946–1973 гг.).

Данный этап функционирования экономики характеризуется балансом между показателями эластичности фактора капитал и фактора труд (0,47 и 0,46) в модели производственной функции за данный период. Это демонстрирует постоянную отдачу от масштаба. Полученная

модель производственной функции согласуется с концепцией «золотого века» экономического роста в США. Предсказуемый и масштабируемый характер экономической динамики в данный период обеспечивали научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, технологический прогресс, стабильность развития социально-экономических институтов и стандартизация производства. Согласно модели, в экономике отсутствуют выраженные нелинейные эффекты и рост выпуска происходил пропорционально увеличению факторов производства.

Период структурной трансформации экономики (1974–2000 гг.).

Согласно полученной производственной функции для данного периода экономического развития и значений коэффициентов эластичности фактора капитал и фактора труд наблюдается возвращение выпуска к возрастающей отдаче от масштаба. Их сумма равна примерно 1,10, при этом вклад в выпуск товаров и услуг со стороны фактора капитал несколько выше, чем у фактора труд. Это изменение масштаба производства связано со структурными сдвигами в экономике. Они включают изменение технологии, рост капиталоемкости производства, процессы глобализации. Повышение роли капитала свидетельствует о том, что растет зависимость производственных процессов от технологических и материальных ресурсов, что и усиливают эффект масштаба. Одновременно, высокая эластичность по фактору труд говорит о том, что сохраняется значимость его как комплиментарного фактора.

Современный период (2001–2025 гг.).

В данном периоде наблюдается снижение эластичности фактора капитал (0,41) и увеличение эластичности фактора труд (0,53). Сумма эластичностей фактора капитал и фактора труд приближается к 1 (пропорциональный эффект масштаба). Сам вид производственной функции для данного периода развития США отражает структурный переход к экономике знаний, где ключевую роль играют человеческий капитал, навыки, компетенции и инновации. Снижение значимости фактора капитал связано с дематериализацией производства и ростом роли нематериальных активов.

Периоды экономической нестабильности и структурной трансформации (1929–1945 гг. и 1974–2000 гг.) характеризуются возрастающей отдачей от масштаба, стабильные периоды (1946–1973 гг. и 2000–2025 гг.) показывают постоянную отдачу от масштаба.

Как следствие, можно констатировать, что инновации, перераспределение ресурсов, институциональные изменения усиливают производительность факторов в переходные периоды. Что касается так называемых фаз стабильности экономического развития, то в них производство функционирует в более линейном и предсказуемом режиме.

Результаты построения производственных функций также указывают на долгосрочную трансформацию факторов производства:

- фактор капитал доминирует в ранних и индустриальных периодах;
- фактор труд, особенно в форме человеческого капитала приобретает все большее значение в современной экономике.

В отношении самой методологии полученные результаты подчеркивают преимущества использования ridge-регрессии при построении производственных функций, в частности:

- устойчивость к мультиколлинеарности — данный метод снижает нестабильность оценок в случае высокой корреляции независимых переменных;

- применим к малым выборкам — обеспечивает надежные оценки при ограниченном числе наблюдений;
- корректный выбор модели — использование BIC критерия с эффективным числом параметров позволяет учитывать сложность модели;
- экономическая интерпретируемость — метод регуляризации позволяет получить более реалистичные значения коэффициентов уравнения регрессии.

Заключение

Проведенное исследование показывает, что вид производственной функции изменяется в зависимости от исторического периода. Коэффициенты эластичности факторов производства изменчивы, что свидетельствует о динамическом характере экономики Соединенных Штатов Америки и ее способности адаптации к меняющимся внешним условиям. Исследование выявило циклический характер отдачи от масштаба, которое самым непосредственным образом связано с фазами экономического развития.

1. Результаты моделирования зависимости общего выпуска от труда и капитала подтверждают гипотезу 1. По всем выделенным историческим периодам коэффициент детерминации показывает высокие значения ($R^2 > 98\%$). Это говорит о том, что несмотря на технологические, структурные и институциональные изменения в экономике Соединенных Штатов Америки производственная функция сохраняет свою объясняющую способность.

2. Полученные оценки зависимости общего выпуска от факторов труда и капитала подтверждают гипотезу 2. Они показывают, что наблюдается устойчивая ассиметрия в пользу фактора труд в периоды 1929-1945 гг. и 2001-2025 гг. это говорит о неполной замещаемости фактора труд и фактора капитал. Также это говорит о том, что даже в условиях капиталоемкости экономического роста фактор труд сохраняет важную роль за счет качества рабочей силы (человеческого капитала).

3. Полученные модели производственной функции для различных периодов экономического развития Соединенных Штатов Америки подтверждают гипотезу 3 и показывают существенную вариативность константы в полученных моделях. Высокие значения константы в моделях для периодов 1946–1973 гг. и 2001–2025 гг. характеризует эти периоды как время ускоренного технологического развития и эффективного функционирования экономических институтов. Низкие значения константы для периодов 1929–1945 гг. и 1974–2000 гг. отражают нестабильность, кризисы, неэффективное использование ресурсов.

4. Построенные производственные функции подтверждают гипотезу 4. Коэффициенты эластичности при соответствующих факторах производства экономически хорошо интерпретируются, не показывают большую волатильность и сохраняют логическую согласованность между выделенными периодами экономического развития. Этот результат особенно важен, когда имеются исторически неоднородные статистические данные, где традиционные методы оценки могут дать нестабильные результаты.

Практическое применение результатов исследования

Выводы по проведенному научному исследованию имеют важное практическое значение.

Полученные производственные функции и сама методология их построения позволяют:

- проводить научно обоснованную оптимизацию соотношений инвестиций в фактор капитал и фактор труд;
- осуществлять прогнозирование эффекта от масштаба по результатам анализа коэффициентов эластичности производственной функции;
- проводить прогнозирование и оценку отдачи от вложений в человеческий капитал и инновационную деятельность;
- осуществлять адаптацию экономической политики в зависимости от фазы экономического цикла, а также структурных изменений в экономике.

Особое значение имеет тенденция смещения акцента с материальных ресурсов в сторону человеческого капитала. Это в очередной раз еще раз подтверждает выводы других научных исследований о необходимости разработки стратегий развития, которые направлены на развитие системы образования, инноваций, развитие компетенций работников.

Новизна исследования

С методологической точки зрения исследование показало, что использование гребневой регрессии в построении регрессионных моделей производственных функций для ряда периодов экономического развития США обеспечило устойчивость оценок и позволило смягчить проблему мультиколлинеарности, в то время как выбор параметра регуляризации на основе BIC гарантировал оптимальный баланс между сложностью модели и качеством аппроксимации. Данный подход служит примером интеграции современных методов статистического обучения с традиционными эконометрическими техниками для анализа исторических макроэкономических данных.

Перспективы продолжения исследований в данном направлении

Можно выделить следующие несколько направлений, которые как представляется могут быть наиболее перспективными:

- расширение научного анализа на отраслевые и региональные статистические данные, что позволит выявлять структурные различия в экономике;
- использование эконометрических моделей с изменяющимися во времени параметрами, которые позволят отследить динамику коэффициентов эластичности факторов производства;
- включение в эконометрические модели технологических и институциональных переменных для изучения их влияния на экономическое развитие.

Данные направления научных исследований откроют возможности более глубокого изучения структуры экономики, проходящих в ней процессов трансформации в долгосрочном периоде ее функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов, И.Е. Комплексное применение векторных признаков и методов регуляризованной регрессии для динамического прогнозирования успеваемости в адаптивных образовательных системах / И.Е. Емельянов, А.Л. Григорьева // Перспективы науки. — 2025. — № 5(188). — С. 74–77. — EDN QGCPLU.

2. Захарова, Е.А. Методы пространственной эконометрики в исследованиях экономики России / Е.А. Захарова, Д.В. Давыдов, Е.М. Земцова // Челябинский физико-математический журнал. — 2025. — Т. 10, № 1. — С. 182–198. — DOI 10.47475/2500-0101-2025-10-1-182-198. — EDN PZOXIZ.
3. Покровский, А.М. Эконометрические модели чувствительности инновационных проектов к факторам риска, основанные на ридж-регрессии / А.М. Покровский // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. — 2012. — № 3. — С. 10–13. — EDN RYYDVF.
4. Гребнев, М.И. Построение статистической функции распределения параметров отраслевых производственных функций для экономики России / М.И. Гребнев // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. — 2013. — № 5. — С. 140–142. — EDN REDVTP.
5. Михеев, А.В. Вероятностное определение производственных функций через функцию Леонтьева / А.В. Михеев // Математические методы в технологиях и технике. — 2021. — № 2. — С. 80–83. — DOI 10.52348/2712-8873_MMTT_2021_2_80. — EDN BJGCFF.
6. Авдеева, Ю.А. Построение производственных функций в масштабах России на основе линейных и нелинейных моделей / Ю.А. Авдеева // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. — 2013. — № 8. — С. 104–108. — EDN RTABAR.
7. Фроловичев, А.И. Сравнительный анализ эффективности использования ресурсов в транспортных компаниях России и Китая с использованием производственных функций / А.И. Фроловичев, О.В. Гуляева, Е.С. Пташная // Транспортное дело России. — 2023. — № 6. — С. 221–224. — DOI 10.52375/20728689_2023_6_221. — EDN VUYRKE.
8. Козлова, Г.Г. Производственная функция как модель субъекта экономики на макро- и микроуровне / Г.Г. Козлова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2011. — № 9. — С. 76–79. — EDN OIWCCV.
9. Рыбаков, А.В. Клиентский капитал высокотехнологичного предприятия: от оценки до создания модели на платформе производственной функции / А.В. Рыбаков, В.В. Соколянский // Экономика высокотехнологичных производств. — 2022. — Т. 3, № 2. — С. 143–156. — DOI 10.18334/evp.3.2.115008. — EDN BXAANM.
10. Иванов, В.А. Проблема системного управления выполнением производственной функции на промышленном предприятии и средства ее решения / В. А. Иванов, А.Г. Иванов, Е.В. Алексеева // Социально-экономическое управление: теория и практика. — 2011. — № 1(19). — С. 58–68. — EDN VUCIET.
11. Арушанян, А.А. Анализ и прогноз развития строительной отрасли на основе производственной функции / А.А. Арушанян, Е.М. Иванова // Дневник науки. — 2024. — № 5(89). — EDN BJKCCH.
12. Афанасьев, А.А. Использование производственной функции Кобба-Дугласа, построенной по панельным данным, при анализе обрабатывающих производств России / А.А. Афанасьев // Креативная экономика. — 2022. — Т. 16, № 6. — С. 2363–2380. — DOI 10.18334/ce.16.6.114851. — EDN QYZEYS.

13. Жуков, Р.А. Метод оценки результатов функционирования иерархических социально-экономических систем на основе агрегированной производственной функции / Р.А. Жуков // Экономика и математические методы. — 2021. — Т. 57, № 3. — С. 17–31. — DOI 10.31857/S042473880016428-9. — EDN OTKMDK.
14. Мамонов, О.В. Обоснование появления новых технологий с помощью производственных функций / О. В. Мамонов // Экономический обзор. — 2020. — № 1(3). — С. 30–34. — EDN STOKKF.
15. Хорольская, Т.Е. Реализация изоквант мультипликативных производственных функций в сценарных прогнозно-аналитических исследованиях регионального социально-экономического роста / Т.Е. Хорольская, Г.А. Есенкова, А.В. Евченко // Вестник Академии знаний. — 2024. — № 3(62). — С. 495–499. — EDN HJSDQF.
16. Хацкевич, Г.А. Квазиоднородные производственные функции единичной эластичности замещения факторов по Хиксу / Г.А. Хацкевич, А.Ф. Проневич // Экономика, моделирование, прогнозирование. — 2017. — № 11. — С. 135–140. — EDN PMHEFU.
17. Зарецкая, В.Г. Построение производственной функции региона с учетом инновационной составляющей / В.Г. Зарецкая, Л.А. Дремова, Л.М. Осиневич // Региональная экономика: теория и практика. — 2014. — № 2(329). — С. 20–28. — EDN RSUDWJ.

Kravets Alexandr Vitalevich

Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russia

E-mail: apt-words@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4694-0973>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=355106

Long-term dynamics of economic development in the United States of America (1929–2026): a comparative analysis of production functions using ridge regression

Abstract. The author presents an assessment of the parameters of production functions for the selected periods of the functioning of the economy of the United States of America, their comparative analysis in various historical periods using regularization methods (Ridge regression), as well as identified patterns of changes in the role of the labor factor and the capital factor in the selected periods, the role of scientific and technological progress. The regression method used allows us to find the most stable coefficients of the influence of the labor factor and the capital factor on output. The theoretical basis of the study was the two-factor Cobb-Douglas production function model. The study transformed variables into natural logarithms, which reduced heteroscedasticity and smoothed variations in statistical series. Correlation analysis was used to identify the closeness of the relationships between variables and to verify the prerequisites for the inclusion of factors in the model. The study focuses on the fact that the type of production function varies depending on the historical period. The elasticity coefficients of the factors of production are variable, which indicates the dynamic nature of the economy of the United States of America and its ability to adapt to changing external conditions. The study showed that returns to scale are cyclical, increasing during periods of structural change and stabilizing during periods of stable economic development. This conclusion underlines the importance of taking into account the economic cycle when assessing the dynamics of productivity of production factors and planning the allocation of resources. This confirms the conclusions of other scientific studies on the need to develop development strategies that are aimed at developing the education system, innovation, and the development of employee competencies.

Keywords: regression; production function; factors; capital; labor; and fixed assets; elasticity; structure