

А. В. Карев, Р. М. Нижегородцев

ФАКТОРЫ ДИНАМИКИ ВВП В ЭКОНОМИКЕ АВСТРАЛИИ: РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ

Нашей непосредственной задачей является регрессионный анализ производственной функции, выражающей функциональную связь между динамикой ВВП Австралии и динамикой стоимостных объемов его ключевых факторов за 15 лет (2000–2015 гг.), выраженных в неизменных ценах по отношению к базовому году, в качестве которого принят 2015-й.

Анализировались следующие основные факторы изменения ВВП: объем инвестиций в основной капитал, заработная плата, затраты на НИОКР и инновации.

Для расчетов взяты данные Австралийского бюро статистики (ABS. 5206.0) — таблица с цепными объемами ВВП за 2000–2015 гг. [1]. Этот источник данных для проведенных нами расчетов является основным.

Номинальный ВВП (в текущих ценах, в миллионах австралийских долларов — AUD): берется из системы национальных счетов ABS — показатель «Gross Domestic Product, Current Prices».

Реальный ВВП (в ценах 2015 года, млн AUD): берется показатель «Gross Domestic Product, Chain volume measures» с базой 2015 год. ABS публикует этот ряд уже в постоянных ценах.

Базовый год реального ВВП: 2015-16 финансовый год (июль 2015 – июнь 2016).

Дефлятор ВВП = (Номинальный ВВП / Реальный ВВП) × 100.

Динамика исходных рядов этих трех показателей приведена в табл. 1.

Основные параметры, использованные в расчетах в качестве объясняющих переменных, таковы.

1. ВВП, Инвестиции, Дефлятор ВВП: ABS (Система национальных счетов, таблица 5206.0) [1].

2. Инвестиции (Валовое накопление основного капитала, GFCF): OECD (Организация экономического сотрудничества и развития) [2].

3. Заработная плата и численность занятых: ABS. 5206.0 [3].

4. Затраты на НИОКР (I). Источник: ABS. 8101.0 — Research and Experimental Development (R&D), Australia [4].

Таблица 1. Исходные данные (ВВП и дефлятор ВВП) для Австралии

Год	Ном. ВВП, млн AUD	Реал. ВВП, млн AUD	Дефлятор (2015–16 = 1)
2000	724	1016,7	0,7121078
2001	765	1056,2	0,724294641
2002	809,5	1092,7	0,740825478
2003	852,8	1126,3	0,757169493
2004	911,5	1174,6	0,776008854
2005	989,9	1228,3	0,805910608
2006	1060,3	1263,8	0,838977686
2007	1154,6	1316,8	0,8768226
2008	1246,7	1362,5	0,915009174
2009	1293	1383,1	0,934856482
2010	1362,6	1422,6	0,957823703
2011	1425,5	1450,5	0,982764564
2012	1518,2	1518,2	1
2013	1575,5	1556,9	1,011946817
2014	1624	1593,8	1,018948425
2015	1683,2	1683,2	1

Исходные динамические ряды этих показателей, выраженных в текущих ценах, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Исходные номинальные данные и дефлятор ВВП для Австралии

Год	Номинальный ВВП, млн AUD (Y_nom)	Дефлятор ВВП (2015=1) (P)	Ном. инвестиции (GFCF), млн AUD (K_nom)	Средний недельный ном. заработок, AUD (Wage_nom)	Численность занятых, тыс. чел. (Emp)	Ном. затраты на НИОКР, млн AUD (I_nom)
2000	724	0,712	165,7	692,3	8839,7	9,02
2001	765	0,724	177,9	726,9	9054,1	9,78
2002	809,5	0,741	192,8	768,1	9274,6	10,29
2003	852,8	0,757	206,1	802,5	9544	11,27
2004	911,5	0,776	224,3	835,7	9726,8	12,49
2005	989,9	0,806	251,6	878,3	9980,2	13,95
2006	1060,3	0,839	278,3	923,9	10289,8	15,69
2007	1154,6	0,877	306	965,4	10590,4	17,65
2008	1246,7	0,915	333,4	1009,5	10824,1	19,91
2009	1293	0,935	332,2	1054,2	10819,5	21,31
2010	1362,6	0,958	349,6	1088	11129,7	23,63

Год	Номиналь- ный ВВП, млн AUD (Y_nom)	Дефлятор ВВП (2015=1) (P)	Ном. ин- вестиции (GFCF), млн AUD (K_nom)	Средний не- дельный ном. зарабо- ток, AUD (Wage_nom)	Числен- ность заня- тых, тыс. чел. (Emp)	Ном. за- траты на НИОКР, млн AUD (I_nom)
2011	1425,5	0,983	379,2	1124,2	11381,9	25,53
2012	1518,2	1	397,6	1160,1	11539,6	27,52
2013	1575,5	1,012	395,6	1196,8	11548,3	28,96
2014	1624	1,019	395,8	1225,3	11581	29,97
2015	1683,2	1	397,7	1244,8	11784,4	31,63

Для приведения данных из табл. 2 к сопоставимым ценам используем метод цепных индексов. Динамические ряды переменных, выраженные в сопоставимых ценах, приведены в табл. 3.

Таблица 3. Динамические ряды макроэкономических показателей для Австралии в сопоставимых ценах 2015 года, млн AUD

Год	Y (Реальный ВВП) млн AUD 2015 г.	K (Реальные инвестиции) млн AUD 2015 г.	L (Реальный фонд оплаты труда) млн AUD 2015 г.	I (Реальные затраты на НИОКР) млн AUD 2015 г.
2000	1016,853933	232,7247191	446,9461575	12,66853933
2001	1056,629834	245,718232	472,699054	13,50828729
2002	1092,442645	260,1889339	499,9172112	13,88663968
2003	1126,55218	272,2589168	526,1177279	14,88771466
2004	1174,613402	289,0463918	544,7058138	16,09536082
2005	1228,163772	312,1588089	565,5232039	17,30769231
2006	1263,766389	331,70441	589,2143068	18,70083433
2007	1316,533637	348,9167617	606,2104359	20,12542759
2008	1362,513661	364,3715847	620,9839403	21,75956284
2009	1382,887701	355,2941176	634,3397634	22,79144385
2010	1422,338205	364,9269311	657,2796526	24,66597077
2011	1450,152594	385,757884	676,87453	25,97151577
2012	1518,2	397,6	696,1286779	27,52
2013	1556,818182	390,9090909	710,17024	28,61660079
2014	1593,719333	388,4200196	724,1318583	29,41118744
2015	1683,2	397,7	762,7994982	31,63

Проведем эконометрический анализ производственной функции типа Кобба — Дугласа, позволяющей выявить характер и степень функциональной связи между динамикой ВВП и динамикой факторов, на него влияющих, — капитала, труда и информации — для экономики Австралии за период 2000–2015 гг. Регрессионное моделирование трехфакторных про-

изводственных функций типа Кобба — Дугласа проводилось ранее для других макросистем за различные периоды (см., например, [5]).

Модель: $Y = A \times K^\alpha \times L^\beta \times I^\gamma$.

Логарифмируем:

$$\ln(Y) = \ln(A) + \alpha \times \ln(K) + \beta \times \ln(L) + \gamma \times \ln(I). \quad (1)$$

Обозначим: $y = \ln(Y)$, $k = \ln(K)$, $l = \ln(L)$, $i = \ln(I)$.

$C = \ln(A)$ — это свободный член, константа, которая включает в себя действие всех факторов, влияющих на выпуск (Y), но не учтенных в явном виде в модели (1).

Получаем линейную регрессионную модель:

$$y = C + \alpha \times k + \beta \times l + \gamma \times i + \varepsilon. \quad (2)$$

В данной формуле ε (эпсилон) по традиции обозначает случайную ошибку, ненаблюдаемый остаток модели.

Результаты логарифмирования исходных стоимостных показателей, выраженных в сопоставимых ценах, отражены в табл. 4.

Таблица 4. Расчет логарифмов переменных

Год	$y = \ln(Y)$	$k = \ln(K)$	$l = \ln(L)$	$i = \ln(I)$
2000	6,92446876	5,449856292	6,102438134	2,539121702
2001	6,96283972	5,504185481	6,158458936	2,603303371
2002	6,996171427	5,561408036	6,214442507	2,630927204
2003	7,026917079	5,606753513	6,265525005	2,700536354
2004	7,068694353	5,6665872	6,300245858	2,778531083
2005	7,113275464	5,743512061	6,337751327	2,851151045
2006	7,141851738	5,804244241	6,378789966	2,928568139
2007	7,182757529	5,854833389	6,40722718	3,00198407
2008	7,217086553	5,898174184	6,431305221	3,080053332
2009	7,231929128	5,872945947	6,452584715	3,126385196
2010	7,260057419	5,899697145	6,488109579	3,205424592
2011	7,279424067	5,955209929	6,517485923	3,25700039
2012	7,325280702	5,985446475	6,545534525	3,314913013
2013	7,35039939	5,968475029	6,565504716	3,353986997
2014	7,373825766	5,962087279	6,584973501	3,381375127
2015	7,428452023	5,985697952	6,636995216	3,454106037

Проведем анализ результатов регрессии после логарифмирования Y , K , L , I , с использованием статистического пакета в Excel.

Оценим регрессию: $\ln(Y) \sim \ln(K) + \ln(L) + \ln(I)$.

Проверим $R^2 = 0,9970$ — модель почти идеально описывает данные.

Исключаем $k = \ln(K)$, т. к. его $p\text{-value} = 0,105 > 0.05$, и этот показатель в данном наборе регрессоров незначим.

После его исключения получим следующие данные (табл. 5).

Таблица 5. Статистические характеристики модели (3)

Регрессионная статистика					
Множественный R		0,998114855			
R-квадрат		0,996233264			
Нормированный R-квадрат		0,995653766			
Стандартная ошибка		0,010181826			
Наблюдения		16			
Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	0,356443343	0,178221671	1719,131771	1,75297E-16
Остаток	13	0,001347705	0,00010367		
Итого	15	0,357791048			

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение
Y-пересечение	3,643692244	0,602534978	6,047270905	4,11718E-05
$l = \ln(L)$ – переменная X1	0,414872379	0,124523222	3,331686831	0,005407841
$i = \ln(I)$ – переменная X2	0,292624617	0,065263167	4,483763696	0,000615314

	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	2,341994562	4,945389925	2,341994562	4,945389925
$l = \ln(L)$ – переменная X1	0,145856313	0,683888445	0,145856313	0,683888445
$i = \ln(I)$ – переменная X2	0,151632118	0,433617117	0,151632118	0,433617117

Запишем итоговую модель:

$$\hat{y} = C + \beta \times l + \gamma \times i, \quad (3)$$

где $\hat{y} = \ln(Y)$ — предсказанный логарифм выпуска; β — эластичность выпуска по труду (L), (переменная X1); γ — эластичность выпуска по затратам на НИОКР (I), (переменная X2); $C = \ln(A)$ — свободный член (константа), общая факторная производительность (Y-пересечение); $EXP(Y\text{-пересечение}) = 38,233$.

Затем потенцируем линейную модель, коэффициенты которой найдены методом регрессионного анализа. После потенцирования получаем итоговое уравнение в исходном виде:

$$Y = A \times L^{\beta} \times I^{\gamma},$$

$$Y = 38,233 \times L^{0,293} \times I^{0,415}. \quad (4)$$

Интерпретация найденных коэффициентов регрессионной модели содержится в табл. 6.

Таблица 6. Интерпретация полученных β и γ

Коэффициент	Значение	Интерпретация
$\beta = 0,293$	Эластичность по труду	При росте L на 1% $\rightarrow Y$ растет на 0,293%
$\gamma = 0.415$	Эластичность по затратам на НИОКР	При росте I на 1% $\rightarrow Y$ растет на 0,415%
$\beta + \gamma = 0,708$	Отдача от масштаба	Если сумма меньше 1, то наблюдается убывающая отдача от масштаба

Оценим корреляцию логарифмов данных K , L , I с логарифмом ВВП с различными лагами от 0 до 5 лет (табл. 7). Она покажет высокую степень взаимосвязи факторов (более 95%).

Таблица 7. Оценка корреляции с использованием функции КОРРЕЛ () в Excel с лагом величиной от 0 до 5 лет

Лаг, год	$k = \ln(K)$	$l = \ln(L)$	$i = \ln(I)$
0	0,96845935	0,995192	0,996502
1	0,970981755	0,993248	0,993734
2	0,976511735	0,994263	0,992756
3	0,977816068	0,992810	0,990768
4	0,973303801	0,988878	0,991311
5	0,966376004	0,984083	0,991745

В некоторых случаях целесообразно исследовать лаговые модели типа Кобба – Дугласа [6], которые позволяют отследить изменения характера влияния изучаемых факторов на вариацию объясняемой переменной.

Расчет регрессионной модели с лагом в год не дал чувствительного изменения коэффициентов:

$$Y = 38,233 \times L^{0,2595} \times I^{0,4533}. \quad (5)$$

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. В исследуемом периоде (2000–2015 гг.) факторы K , L и I сильно коррелируют с динамическим рядом объясняемой переменной Y . Это значит, что стоимостные объемы исследуемых трех факторов вовлекаются в

хозяйственные процессы макросистемы в целом синхронно. Поэтому ожидается, что какой-то из факторов в данном наборе регрессоров окажется незначимым, это оказался фактор капитала K .

2. Коэффициенты детерминации R^2 оказались очень высокими, что указывает на высокую объясняющую способность построенных моделей. После исключения K R^2 снизился незначительно (с 0,9970 до 0,9962), это означает, что K в данной группе факторов был информационно избыточен.

3. Модель (5), в которой стоимостные объемы факторов труда и информации участвуют с лагом в 1 год, имеет сходные статистические характеристики по сравнению с безлаговой моделью (4), и даже значения коэффициентов остались относительно стабильными. Это говорит об устойчивости выявленного с помощью моделей влияния факторов на динамику стоимостного объема ВВП за рассмотренный период.

Разумеется, это не значит, что данная макросистема развивалась в соответствии с инерционным сценарием. Это говорит лишь о том, что ее изменения в данный период были достаточно предсказуемы и хорошо сбалансированы по объемам вовлекаемых факторов производства.

Литература

1. Австралийское бюро статистики (ABS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.abs.gov.au/statistics/economy/national-accounts/australian-national-accounts-national-income-expenditure-and-product/latest-release>.
2. Валовое накопление основного капитала, Gross fixed capital formation GFCF // OECD (Организация экономического сотрудничества и развития) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data.oecd.org/gdp/gross-fixed-capital-formation.htm>.
3. Compensation of employees // ABS. 5206.0 — Australian National Accounts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.abs.gov.au/statistics/labour/employment-and-unemployment/labour-force-australia-detailed/latest-release>.
4. Total R&D expenditure // ABS. 8101.0 - Research and Experimental Development (R&D), Australia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.abs.gov.au/statistics/industry/technology-and-innovation/research-and-experimental-development-rd-australia/latest-release>.
5. Горидько, Н. П. Современный экономический рост: теория и регрессионный анализ / Н. П. Горидько, Р. М. Нижегородцев. – Новочеркасск: «НОК», 2011. – 343 с.
6. Горидько, Н. П. Построение лаговых регрессионных моделей типа Кобба – Дугласа на долгосрочных временных горизонтах / Н. П. Горидько, Р. М. Нижегородцев // Проблемы управления. – 2012. – № 3. – С. 55-63.