

DOI: [10.32702/2307-2105-2018.11.12](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2018.11.12)

УДК 338.2:330.341.4

*Т. В. Романова,  
д. е. н., доцент, Міжнародний центр сучасної освіти, м. Прага, Чехія  
Л. П. Давиденко,  
к. х. н., доцент, доцент кафедри фізики,  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава*

## **ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРИСЕКТОРНОЇ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ**

*T. V. Romanova  
D. Sc., Associate professor  
International center of modern education, Prague, Czech Republic  
L. P. Davydenko  
PhD, Ass.Prof., Ass.Prof. of department of physics,  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava*

### **MATHEMATICAL MODELING OF THREE-SECTORAL MODEL OF UKRAINE'S ECONOMIC GROWTH**

*Структура національної економіки є одним із головних чинників, який формує передумови економічного розвитку та перспективи для поглиблення ефективної інтеграції України до європейського економічного простору. Визначення рівня впливу елементів трисекторної моделі економіки на процеси формування ВВП здатне ідентифікувати пріоритетність стимулювання розвитку того чи іншого сектору з позиції підвищення результативності функціонування економічної системи. У статті здійснено кореляційний багатofакторний аналіз взаємозалежності елементів трисекторної моделі економіки та динаміки формування ВВП, що дозволило побудувати економіко-математичну модель прогнозування залежності формування ВВП від особливостей співвідношення елементів трисекторної моделі економіки та виявити й інтерпретувати найбільш суттєві структурні детермінації. Таким чином встановлено, що найбільший суттєвий вплив на формування ВВП спричиняє третинний сектор економіки.*

*In recent years Ukraine's economy has been contained a number of imbalances in its structure, and also insufficient response to the reform processes. At the same time, Ukraine has gradually formed the structure of the post-industrial economy type, as evidenced by the gradual increase in the share of GDP of those economic activities that belong to the tertiary sector of the economy. The structure of the national economy is one of the main factors that forms the prerequisites for economic development and prospects for deepening Ukraine's effective integration into the European economic space. The construction of an economic-mathematical model for the purpose of identification and analysis of structural changes in the economy will allow us to set of tools that can be implemented in the structural policy strategy and aimed at ensuring its*

*effective implementation. Determining the level of influence of elements of a three-sector economy model on the processes of GDP formation can identify the priority of stimulating the development of a particular sector from the standpoint of increasing the effectiveness of economic system functioning. The article provides a correlation multivariate analysis of the interdependence between the elements of a three-sectoral model of economy and the dynamics of GDP formation, which allowed to construct an appropriate economic-mathematical model for forecasting the dependence of GDP formation on the features of the ratio of three-sectoral economic model elements. This made it possible to identify and interpret the most significant structural determinations. Thus it was established that the most significant influence on the formation of GDP is caused by the tertiary sector of the economy. For this reason, an important direction in this context should be the intensification of the development of the tertiary sector economy's innovative section, which should include, first of all, scientific and technical activities, information and communication services, as well as stimulating the development of educational services, including ensuring the level of integration education with the primary and secondary sectors of the economy.*

**Ключові слова:** *трисекторна модель економіки; структура економіки; економіко-математичне моделювання; економічний розвиток; сфера послуг.*

**Keywords:** *three-sectoral model of economy; structure of economy; economic modeling; economic development; sphere of services.*

**Постановка проблеми.** Сучасний стан економіки України характеризується наявністю сукупності диспропорцій та дисбалансів у своїй структурі, недостатнім відгуком економічної системи на процеси реформування. Останніми роками в Україні поступово формується структура економіки постіндустріального типу, про що свідчить поступове зростання частки у ВВП тих видів економічної діяльності, які відносяться до третинного сектору економіки [1, 2]. Разом з тим, важливість розвитку вторинного сектору економіки, враховуючи серед іншого його здатність поглинати та комерціалізувати інновації, а також первинного сектору, який відповідає за рівень економічної безпеки держави, викликає необхідність пошуку шляхів синергичності їх розвитку в комплексі з прогресом інтенсивності функціонування сектору сфери послуг. У такому разі необхідно є інтенсифікація інноваційного розвитку сфери послуг, що забезпечить належну структурну взаємодію трьох секторів економічної системи. Ефекти, які виникають в економіці під дією зміни інтенсивності якісного розвитку та кількісного зростання різних секторів, повинні ідентифікуватися як структурні ефекти, а їх результативність повинна корелювати з основними показниками економічного розвитку та обґрунтовуватися математично. Побудова економіко-математичної моделі з метою ідентифікації та аналізу структурних змін в економіці дозволить обґрунтувати комплекс засобів, які можуть бути втілені в стратегії структурної політики та направлені на забезпечення її ефективної реалізації.

**Аналіз останніх публікацій і досліджень.** Дослідженням в області змін в структурі економіки та визначення їх впливу на розвиток економіки присвячені праці О. Амоші, Ю. Бажала, С. Білої, А. Гальчинського, В. Гейця, О. Горняк, С. Єрохіна, Я. Жаліло, Ю. Кіндзерського, О. Коломицевої, І. Лукінова, В. Луцкова, В. Онищенко, Ю. Пилипенко, Л. Федулової, А. Ходжаян, М. Хвесика, В. Чужикова, А. Чухна, Л. Шаблістої, Л. Шинкарук, О. Ястремського та інших учених. Разом з тим, важливим є проведення економічних досліджень щодо впливу зміни інтенсивності функціонування елементів трисекторної моделі економіки відповідно до її загальної результативності та ідентифікації структурних змін, які забезпечують економічний розвиток країни.

**Мета і завдання дослідження.** Метою статті є встановити основні тенденції у формуванні секторної структури національної економіки на основі економічних досліджень і макроекономічного моделювання.

**Виклад основного матеріалу.** Економіко-математичне моделювання, в аспекті підґрунтя для формування структурної політики, має складатися з таких етапів: побудова моделі, розв'язання математичної задачі, котра являється метою моделі, проведення інтерпретації отриманих математичних результатів відповідно до зміни стану структурних елементів економічних процесів, які досліджуються, перевірка адекватності моделі в заданих границях точності, модифікація моделі для підвищення її адаптаційних характеристик при аналізованні економічних процесів [3, 4, 5]. Одним із основних показників, які визначають рівень економічного розвитку країни, являється ВВП, розмір та динаміка якого відображає сукупні можливості економічної системи в процесі відтворення.

Розглянемо залежність ВВП України від секторів економіки за їх трьох складовою класифікацією протягом 2010-2015 років з метою виділення сектора економіки, який справляв найбільший вплив на формування ВВП та проведення економіко-математичного оцінювання такого впливу. Дані наведені в таблиці 1 (складено авторами на основі [1]).

**Таблиця 1.**  
**Вихідні дані до оцінювання ВВП згідно з трисекторною моделлю економіки**

Рік	Квартал	Перший сектор, млн грн	Другий сектор, млн грн	Третій сектор, млн грн	ВВП, млн грн
2010	I Квартал	17819	32766	128408	217074
	II Квартал	27066	45662	146407	255545
	III Квартал	60609	47173	155641	300446
	IV Квартал	38327	52465	164098	306281
2011	I Квартал	24953	36865	145123	258591
	II Квартал	33700	51522	172192	310277
	III Квартал	78800	52536	176724	368488
	IV Квартал	53974	53327	195546	362635
2012	I Квартал	26883	43862	164644	292324
	II Квартал	35816	58563	189176	346005
	III Квартал	75219	53879	198489	387109
	IV Квартал	53527	56657	206238	379231
2013	I Квартал	26959	41327	180178	303753
	II Квартал	38447	53937	205070	354814
	III Квартал	74334	51426	214909	398000
	IV Квартал	70257	55267	222762	408631
2014	I Квартал	28083	45583	189749	316905
	II Квартал	40619	62332	214375	382391
	III Квартал	99036	58858	221407	440476
	IV Квартал	72527	64153	233925	447143
2015	I Квартал	33628	49875	211817	375525
	II Квартал	51039	71506	246219	455245
	III Квартал	141479	74409	254375	563907
	IV Квартал	104681	87947	290719	584781

Графічно динаміка формування складових трисекторної моделі економіки представлена на рис. 1.

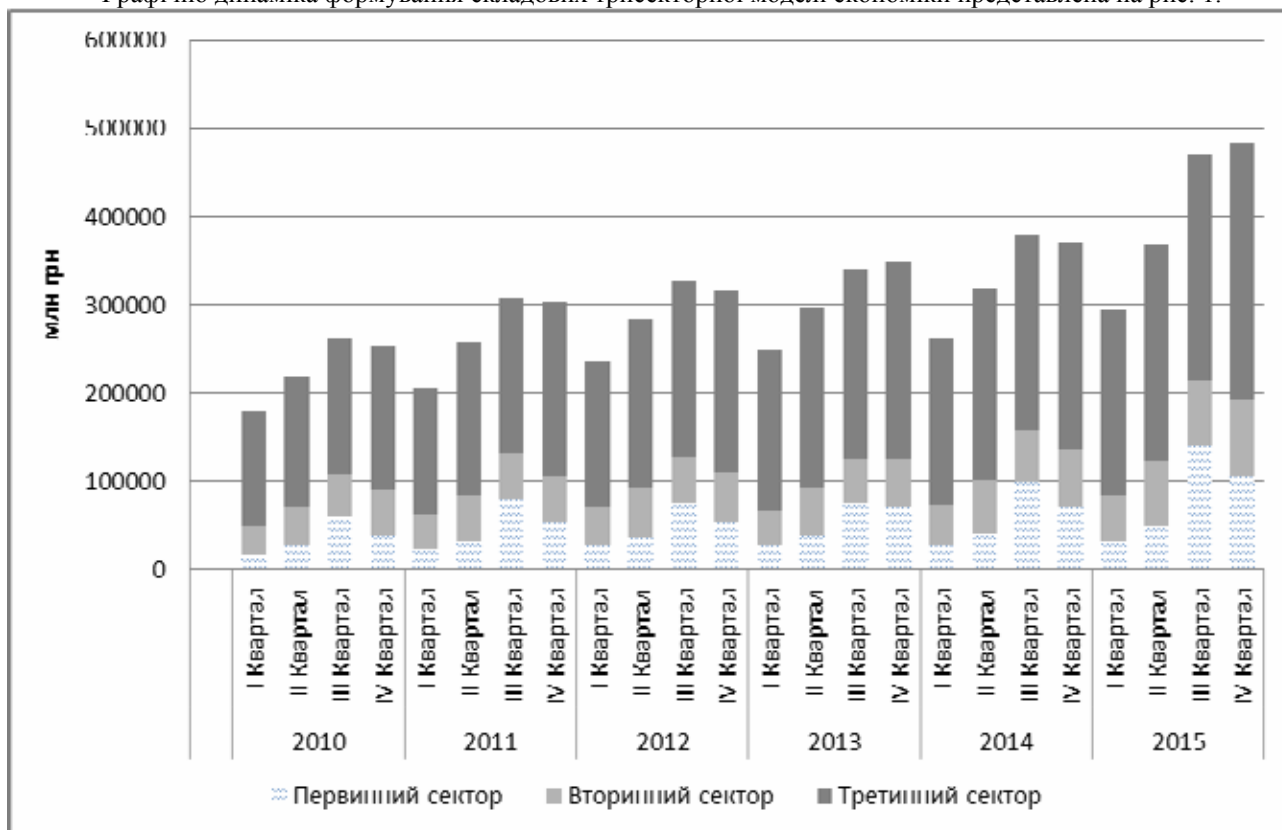


Рис. 1. Динаміка формування складових трисекторної моделі економіки (ВВП, млн грн), 2010–2015 рр.

Складемо рівняння регресії залежної змінної  $Y$  (ВВП) і незалежних змінних  $X_1$  (первинний сектор),  $X_2$  (вторинний сектор) та  $X_3$  (третинний сектор).

	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції	Коефіцієнт детермінації
1	$Y = 2,41 X_1 + 240901,548$	0,81633	0,6664
2	$Y = 6,89 X_2 - 5793,207$	0,9315	0,8677
3	$Y = 2,19 X_3 - 65410,478$	0,9611	0,9238

Проаналізуємо значимість регресії за допомогою F-тесту:  $k_1 = 2$ ,  $k_2 = 22$ ,  $F_{\text{таб}} = 3,44$ ;  $F_{\text{розра}}(1) = 45,946$ ,  $F_{\text{розра}}(2) = 150,965$ ,  $F_{\text{розра}}(3) = 279,069$ . Табличне та розрахункові значення критерію Фішера задовольняють нерівність  $F_{\text{розра}} < F_{\text{табл}}$ , а отже, на рівні значимості  $p = 0,05$  запропоновані економіко-математичні моделі є статистично значимими.

Проаналізуємо значимість коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента. Відповідно до значень  $t$  - критерію висувається гіпотеза  $H_0$  про випадковий характер показників (таблиця 2).

Таблиця 2.  
Аналіз значимості коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента

Рівняння регресії	Коефіцієнт регресії	t-статистика
1	$a_{e1}$	11,04713
	$a_1$	6,7783
2	$a_{e2}$	-0,18485
	$a_2$	12,286807
3	$a_{e3}$	-2,46095
	$a_3$	16,70538

Відповідно до отриманих даних коефіцієнти регресії  $a_{01}, a_1, a_2$  та  $a_3$  є статистично значимими на рівні значущості  $p = 0,05$  ( $t_{\text{таб}} = 2,79$ ).

Перевіримо незалежні змінні  $X_1$  (перший сектор),  $X_2$  (другий сектор) та  $X_3$  (третій сектор) на мультиколінеарність. Для цього складемо матрицю з парних коефіцієнтів кореляції.

**Таблиця 3.**  
**Матриця парних коефіцієнтів кореляції незалежних змінних  $X_1; X_2; X_3$**

	Первинний сектор	Вторинний сектор	Третинний сектор
Первинний сектор	1	0,6874	0,6479
Вторинний сектор	0,6874	1	0,9055
Третинний сектор	0,6479	0,9055	1

Змінні  $X_2$  та  $X_3$  корельовані між собою, оскільки їх парний коефіцієнт кореляції дуже високий і дорівнює 0,90559. Визначник цієї матриці дорівнює 0,094246, що вказує на наявність мультиколінеарності. Тому доцільніше буде побудувати моделі, які описуватимуть залежність ВВП у сукупності від першого та другого секторів, а також від першого і третього.

**Таблиця 4.**  
**Побудова рівнянь регресії для залежності ВВП від секторів економіки**

	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції	Коефіцієнт детермінації
1	$Y = 0,98517 X_1 + 5,1957 X_2 + 33840,9140$	0,96254	0,926494
2	$Y = 0,98523 X_1 + 1,6977 X_3 - 20387,515$	0,99420	0,98844

Перевіримо статистичну значимість моделі. Проаналізуємо значимість регресії за допомогою F-тесту:  $k_1 = 2$ ,  $k_2 = 22$ ,  $F_{\text{таб}} = 3,44$ ;  $F_{\text{розра}}(1) = 138,6482$ ,  $F_{\text{розра}}(2) = 940,795795$ . Табличне та розрахункові значення критерію Фішера задовольняють нерівності  $F_{\text{розра}} < F_{\text{таб}}$ , а тому на рівні значимості  $p = 0,05$  запропоновані економіко-математичні моделі є статистично значимими.

Проаналізуємо значимість коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента. Відповідно до значень  $t$ -критерію висувається гіпотеза  $H_0$  про випадковий характер показників.

**Таблиця 5.**  
**Аналіз значимості коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента**

Рівняння регресії	Коефіцієнт регресії	t-статистика
1	$a_{10}$	1,31693
	$a_{11}$	4,1916
	$a_{12}$	8,822897
2	$a_{20}$	-1,79786
	$a_{21}$	11,0879
	$a_{22}$	24,7593

Відповідно до отриманих даних коефіцієнти регресії  $a_{11}, a_{12}, a_{21}$  та  $a_{22}$  є статистично значимими на рівні значущості  $p = 0,05$  ( $t_{\text{таб}} = 2,06$ ).

Побудуємо модель, яка описуватиме залежність ВВП в сукупності від усіх трьох секторів одночасно:

**Таблиця 6.**  
**Побудова рівнянь регресії для залежності ВВП від трьох секторів економіки**

Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції	Коефіцієнт детермінації
$Y = 0,898X_1 + 1,254X_2 + 1,392X_3 - 23216,215$	0,99655	0,99311

Проаналізуємо значимість регресії за допомогою F-тесту:  $k_1 = 3$ ,  $k_2 = 22$ ,  $F_{таб} = 3,05$ ;  $F_{розра} = 1008,3$ . Табличне та розрахункове значення критерію Фішера задовольняють нерівності  $F_{розра} < F_{таб}$ , а отже на рівні значимості  $p = 0,05$  запропонована економіко-математична модель є статистично значимими.

Проаналізуємо значимість коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента. Відповідно до значень  $t$ -критерію висувається гіпотеза  $H_0$  про випадковий характер показників:

**Таблиця 7.**  
**Аналіз значимості коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента**

Коефіцієнт регресії	t-статистика
$a_0$	-2,581
$a_1$	12,155
$a_2$	3,771
$a_3$	14,248

Відповідно до отриманих даних всі коефіцієнти регресії є статистично значимими на рівні значущості  $p = 0,05$  ( $t_{таб} = 2,06$ ).

Таким чином, математично доведено, що найбільший рівень впливу на процеси формування ВВП серед елементів трисекторної моделі економіки має третинний сектор.

**Висновки.** Отже, на основі проведеного економіко-математичного моделювання обґрунтовано, що зростання частки сектору сфери послуг в економіці являється не тільки передумовою стійкого закріплення її постіндустріального типу, але й здатне підвищити результативність її функціонування. Враховуючи наявні диспропорції в секторі сфери послуг України, їх вирівнювання є одним із першочергових завдань структурної політики. При цьому важливим напрямом у даному контексті повинна стати інтенсифікація розвитку інноваційного зрізу третинного сектору, до якого слід віднести, насамперед, наукову та науково-технічну діяльність, послуги в сфері інформації та зв'язку, а також стимулювання розвитку освітніх послуг, зокрема забезпечення рівня інтегрованості освіти із первинним та вторинним секторами економіки.

#### Література.

1. Державна служба статистики України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Романова Т.В. Державна структурна політика економічного розвитку в контексті інтеграційних змін: монографія / Т.В. Романова. – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – 372 с.
3. Економетрія. Частина 2 : навчальний посібник / [Азарова А.О., Сачанюк-Кавецька Н.В., Роїк О.М., Міронова Ю.В.]. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 118 с.
4. Мармоза А.Т. Теорія статистики: навч. посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2013. – 592 с.
5. Черняк О.І., Ставицький А.В. Динамічна економетрика. – К.: КВІЦ, 2000. – 121 с.

#### References.

1. The official site of the State Statistics Committee of Ukraine (2014), "Research and innovation activities (1990-2013)", available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 25 January 2014).
2. Romanova, T.V. (2016), *Derzhavna strukturna polityka ekonomichnoho rozvytku v konteksti intehratsiynykh zmin* [State structural policy of economic development in the context of integration changes], PoltNTU, Poltava, Ukraine.
3. Azarova, A.O. Sachaniuk-Kavets'ka, N.V. Roik, O.M. and Mironova, Yu.V. *Ekonometriia. Chastyna 2* [Econometrics. Part 2], VNTU, Vinnytsia, Ukraine.
4. Marmozza, A.T. (2013), *Teoriia statystyky* [Theory of Statistics], Tsentr navchal'noi literatury, Kyiv, Ukraine.
5. Cherniak, O.I. and Stavtys'kyj, A.V. (2000) *Dynamichna ekonometryka* [Dynamic econometrics], KVITS, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 20.11.2018 р.