

КОМПЛЕКСНОЗНАЧНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКИ В СФЕРЕ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ УКРАИНЫ

СВЕТУНЬКОВ С. Г., ВЫШИНСКАЯ Т. Л.

УДК 339.56.055

Светуников С. Г., Вышинская Т. Л. Комплекснозначное моделирование теневой экономики в сфере внешней торговли Украины

В статье проанализированы методы, которые могут использоваться для определения объемов теневых потоков при осуществлении внешнеторговых операций, и указаны их недостатки. Выделен метод «зеркальной статистики» как основной для определения объемов теневых экспортных и импортных операций. Проведено сопоставление данных по внешней торговле Украины с основными торговыми партнерами (странами ЕС-27, СНГ, КНР и США). Определены фактические объемы импорта товаров в Украину и экспорта товаров из Украины. Построена экономико-математическая регрессионная модель, используя принципы комплекснозначной экономики. Определены значения комплексного коэффициента парной корреляции между: легальным и теневым экспортом Украины и комплексными факторами импорта; комплексным показателем развития Украины и легальным и теневым экспортом.

Ключевые слова: теневая экономика, импорт, экспорт, зеркальная статистика, комплекснозначная экономика, экономико-математические регрессионные модели.

Рис.: 2. **Табл.:** 7. **Библ.:** 8.

Светуников Сергей Геннадиевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической кибернетики и экономико-математических методов, Санкт-Петербургский государственный экономический университет (ул. Садовая, 21, Санкт-Петербург, 191023, Россия)
E-mail: sergey@svetunkov.ru

Вышинская Татьяна Леонидовна – аспирантка, кафедра международной экономики, Киевский национальный торгово-экономический университет (ул. Киото, 19, Киев, 02156, Украина)
E-mail: tvyshynska@gmail.com

УДК 339.56.055

UDC 339.56.055

Светуников С. Г., Вышинська Т. Л. Комплекснозначне моделювання тіньової економіки у сфері зовнішньої торгівлі України

Svetunkov S. G., Vyshynska T. L. Complex-valued Modelling of the Shadow Economy in the Sphere of Foreign Trade of Ukraine

У статті проаналізовано методи, які можуть використовуватися для визначення обсягів тіньових потоків при здійсненні зовнішньоторговельних операцій, і зазначено їх недоліки. Виокремлено метод «дзеркальної статистики» як основний для визначення обсягів тіньових експортних та імпорتنних операцій. Проведено співставлення даних щодо зовнішньої торгівлі України з основними торговельними партнерами (країнами ЄС-27, СНД, КНР і США). Визначено фактичні обсяги імпорту товарів в Україну та експорту товарів з України. Побудовано економіко-математичну регресійну модель, використовуючи принципи комплекснозначної економіки. Знайдено значення комплексних коефіцієнтів парної кореляції: між легальним і тіньовим експортом України та комплексними факторами імпорту; між комплексним показником розвитку України та легальним і тіньовим експортом.

The article analyses methods, which could be used for identification of volumes of shadow flows when carrying out foreign trade operations, and shows their shortcomings. It specifies the “mirror statistics” method as the main one for determining volumes of shadow export and import operations. It compares data on foreign trade of Ukraine with main trade partners (EU-27, CIS, China and USA). It identifies factual volumes of import of goods to Ukraine and export of goods from Ukraine. It builds an economic and mathematical regression model using principles of the complex-valued economy. It identifies values of a complex ratio of the pair correlation between: legal and shadow export of Ukraine and complex factors of import; complex indicators of development of Ukraine and legal and shadow export.

Key words: shadow economy, import, export, mirror statistics, complex-valued economy, economic and mathematical regression models.

Рис.: 2. **Табл.:** 7. **Библ.:** 8.

Ключові слова: тіньова економіка, імпорту, експорту, дзеркальна статистика, комплекснозначна економіка, економіко-математичні регресійні моделі.

Рис.: 2. **Табл.:** 7. **Библ.:** 8.

Светуников Сергей Геннадиевич – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кибернетики та економіко-математичних методів, Санкт-Петербурзький державний економічний університет (вул. Садова, 21, Санкт-Петербург, 191023, Росія)
E-mail: sergey@svetunkov.ru

Svetunkov Sergey G. – Doctor of Science (Economics), Professor, Head of the Department of Economic Cybernetics and economic and mathematical methods, Saint-Petersburg State University of Economics (ul. Sadovaya, 21, Saint Petersburg, 191023, Russia)
E-mail: sergey@svetunkov.ru

Вышинська Тетяна Леонідівна – аспірантка, кафедра міжнародної економіки, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Киото, 19, Київ, 02156, Україна)
E-mail: tvyshynska@gmail.com

Vyshynska Tetyana L. – Postgraduate Student, Department of International Economics, Kyiv National University of Trade and Economy (vul. Kioto, 19, Kyiv, 02156, Ukraine)
E-mail: tvyshynska@gmail.com

В современном мире нет ни одной страны, ни экономики, в которой бы отсутствовала теневая экономическая деятельность в сфере внешней торговли товарами в больших или меньших масштабах. По оценкам экспертов, ориентировочные объемы международного товарооборота, связанного с контрабандой, торговлей «пиратскими товарами» превышают 20%

легального мирового товарооборота, «отмывание» теневых доходов в сфере международного бизнеса составляет более 2 – 5 % мирового валового продукта [1, 2].

Оценить масштабы теневой экономики в сфере внешней торговли достаточно сложно. Однако их можно получить на основе использования учетно-статистических методов (прямых и косвенных). К прямым ме-

тодам, которые можно использовать для оценки теневой экономики в сфере внешней торговли, относятся: опрос, выборочные обследования и налоговые проверки. Но эти методы не являются универсальными, требуют больших трудовых затрат, не охватывают всех внешнеторговых операций, позволяют получить оценку только в конкретных случаях, не дают возможности проанализировать динамику доли теневой экономической деятельности в сфере внешней торговли товарами. Поэтому нами был выбран метод расхождений данных – «зеркальная статистика», который относится к косвенным методам и заключается в сопоставлении показателей импорта товаров одной конкретной страны с соответствующими показателями экспорта страны-партнера и наоборот. Нами было осуществлено сопоставление данных показателей с такими торговыми партнерами Украины, как страны ЕС-27, СНГ, КНР и США, в течение 2004 – 2011 гг. При этом первичными источниками информации служат данные национальных статистических [3] и таможенных служб [4], а также электронные базы данных международных организаций, а именно: Официального Бюро статистики Европейского Союза [5] и официальной статистической базы данных Организации Объединенных Наций [6].

В статистических источниках данные по экспорту товаров приводятся в ценах FOB, данное базисное условие поставки товаров согласно правилам Incoterms 2010 предусматривает, что продавец должен осуществить все формальности для экспорта товара и доставить его на борт судна, в дальнейшем все расходы несет покупатель. Данные по импорту товаров приводятся в ценах CIF, что согласно правил Incoterms 2010 предусматривает для продавца, кроме расходов, входящих в базисное

условие поставки FOB, оплату расходов на основную перевозку товара (фрахт) и страхование, поэтому для обеспечения корректного сопоставления данных стран-партнеров по экспорту товаров в Украину и экспорта товаров из Украины в страны-партнеры были скорректированы по ценам FOB к ценам CIF. Для осуществления расчетов были использованы данные обследования стоимости страхования и перевозки в импорте товаров, по результатам обследования разница между ценами FOB и CIF составляет 3,2%. Кроме того, в используемых статистических источниках данные предоставлены в разной валюте, поэтому они были приведены к одной, а именно – долларам США.

Сопоставление данных украинской статистики по импорту товаров в Украину к данным стран ЕС-27, СНГ, КНР и США (табл. 1) свидетельствует о том, что на протяжении всего исследуемого периода времени наблюдается занижение стоимости импорта товаров в Украину по сравнению с данными стран-партнеров. Итак, наибольший объем расхождений данных наблюдался в 2008 г., когда он достиг 18138,38 млн долл. США, что составляет 25,54% от официально зарегистрированного объема импорта товаров в Украину из исследуемых стран. Наименьший объем расхождений в абсолютном значении был зафиксирован в 2005 г., когда он составил 7798,66 млн долл. США, что составляет 24,99% от официально зарегистрированного импорта товаров. Впрочем, средняя величина расхождений статистических данных от официально зарегистрированного объема импорта товаров в Украину в течение исследуемого промежутка времени составила 25,4%.

Таблица 1

Объем расхождений статистических данных при импорте товаров в Украину, за географической структурой, 2004 – 2011 гг., млн долл. США *

| Страна | Показатель / Год | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Импорт из СНГ | Легальный импорт, млн долл. США | 15153,00 | 16834,03 | 20050,97 | 25414,53 | 33388,80 | 20081,88 | 26625,26 | 35579,04 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 6111,93 | 654,36 | 739,64 | 1349,47 | 4885,75 | 2121,11 | 2557,26 | 3663,40 |
| Импорт из ЕС | Легальный импорт, млн долл. США | 9647,86 | 11878,37 | 16207,68 | 22585,18 | 29306,22 | 15997,39 | 19498,16 | 26975,99 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 4572,61 | 5755,89 | 8284,58 | 9956,64 | 9373,63 | 5469,02 | 5602,18 | 6723,14 |
| Импорт из КНР | Легальный импорт, млн долл. США | 738,99 | 1804,36 | 2301,06 | 3296,89 | 5570,91 | 2722,36 | 4684,97 | 6255,95 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 1015,57 | 1223,98 | 1932,98 | 3527,37 | 3481,31 | 1578,64 | 2039,62 | 2888,08 |
| Импорт из США | Легальный импорт, млн долл. США | 550,66 | 690,04 | 849,27 | 1373,59 | 2765,17 | 1261,89 | 1737,47 | 2564,04 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 120,55 | 164,44 | 278,19 | 486,05 | 397,69 | 132,11 | 158,11 | 423,09 |
| Всего | Легальный импорт, млн долл. США | 26090,51 | 31206,80 | 39408,98 | 52670,19 | 71031,10 | 40063,52 | 52545,86 | 71375,02 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 11820,65 | 7798,66 | 11235,39 | 15319,53 | 18138,38 | 9300,88 | 10357,17 | 13697,71 |

* Источник: авторские расчёты.

Сопоставление данных украинской статистики по экспорту товаров из Украины к данным стран ЕС-27, СНГ, КНР и США (табл. 2) свидетельствуют о том, что здесь также наблюдается занижение стоимости экспорта товаров из Украины по сравнению с данными стран-партнеров. Итак, наибольший объем расхождений данных наблюдался в 2009 г., когда он достиг 12208,88 млн долл. США, что составляет 56,21 % от официально зарегистрированного объема экспорта товаров из Украины в исследуемые страны. Наименьший объем расхождений в абсолютном значении был зафиксирован в 2005 г., когда он был равен 3379,14 млн долл. США, что составляет 16,74 % от официально зарегистрированного экспорта. Впрочем, средняя величина расхождений статистических данных от официально зарегистрированного объема экспорта товаров из Украины в течение исследуемого промежутка времени составила 21,76 %.

Следовательно, учитывая то, что согласно «Методологическим рекомендациям для получения оценок незаконной (криминальной) деятельности на основе концепции системы национальных счетов» [7] Межгосударственного статистического комитета СНГ, расхождения данных получены на основе метода «зеркальной статистики», в зависимости от сравниваемых данных считаются теневым импортом или теневым экспортом, то фактический импорт товаров в Украину, который включает в себя официально зарегистрированный и теневой, в 2011 г. составил 85072,73 млн долл. США (рис. 1).

Фактический экспорт товаров из Украины в 2011 г. равен 54794,21 млн долл. США (рис. 2).

Используя принципы комплекснозначной экономики [8], можно построить экономико-математические регрессионные модели. При формировании комплекснозначных показателей будем придерживаться следующего правила – к действительной части показателей будем относить характеристики легальной экономики, а к мнимой части – нелегальной экономики.

Но, прежде всего, следует с помощью методов корреляционного анализа определить степень взаимосвязи между комплексными показателями. В табл. 3 представлены результаты расчёта комплексного коэффициента парной корреляции между комплексной парой «легальный экспорт + теневой экспорт» по Украине в целом и такими комплексными переменными:

- 1) «легальный импорт + теневой импорт» в целом по Украине;
- 2) «легальный импорт + теневой импорт» из СНГ;
- 3) «легальный импорт + теневой импорт» из ЕС;
- 4) «легальный импорт + теневой импорт» из КНР;
- 5) «легальный импорт + теневой импорт» из США.

Из табл. 3 видно, что действительные части всех комплексных коэффициентов парной корреляции близки к единице, а мнимые части практически равны нулю. Это означает, что между комплексным экспортом (легальным и теневым) и всеми характеристиками импорта имеется почти функциональная линейная зависимость – и легальный, и теневой бизнес как в части экспорта, так и в части импорта ведут себя одинаково. Поэтому о влиянии легальной и теневой экономики на развитие страны в целом можно судить по одному из комплекснозначных показателей – все остальные соответствуют поведению данного.

Таблица 2

Объем расхождений статистических данных при экспорте товаров из Украины, за географической структурой, 2004 – 2011 гг., млн долл. США *

| Страна | Показатель / Год | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Экспорт в СНГ | Легальный экспорт, млн долл. США | 8456,00 | 10910,33 | 12410,69 | 18231,71 | 23420,70 | 13310,13 | 18744,49 | 25157,86 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 417,56 | 905,50 | 804,53 | 944,93 | 3 102,09 | 1 702,25 | 894,86 | 852,10 |
| Экспорт в ЕС | Легальный экспорт, млн долл. США | 8642,78 | 7729,07 | 6623,85 | 9775,80 | 15264,09 | 6779,69 | 10432,38 | 18579,36 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 3538,30 | 1742,97 | 1273,79 | 2898,22 | 4441,75 | 9395,37 | 3823,65 | 5235,61 |
| Экспорт в КНР | Легальный экспорт, млн долл. США | 816,12 | 590,86 | 368,59 | 423,21 | 540,93 | 1401,54 | 1295,03 | 2167,86 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 305,55 | 312,82 | 169,90 | 336,48 | 693,32 | 871,47 | 966,74 | 1200,30 |
| Экспорт в США | Легальный экспорт, млн долл. США | 1501,42 | 950,88 | 1185,10 | 1047,69 | 1933,22 | 227,94 | 804,90 | 1097,12 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 345,03 | 417,86 | 580,60 | 309,59 | 595,13 | 239,79 | 403,42 | 504,00 |
| Всего | Легальный экспорт, млн долл. США | 19416,32 | 20181,14 | 20588,24 | 29478,41 | 41158,94 | 21719,31 | 31276,80 | 47002,20 |
| | Расхождение данных, млн долл. США | 4606,45 | 3379,14 | 2828,83 | 4489,22 | 8832,30 | 12208,88 | 6088,67 | 7792,01 |

* Источник: авторские расчёты.

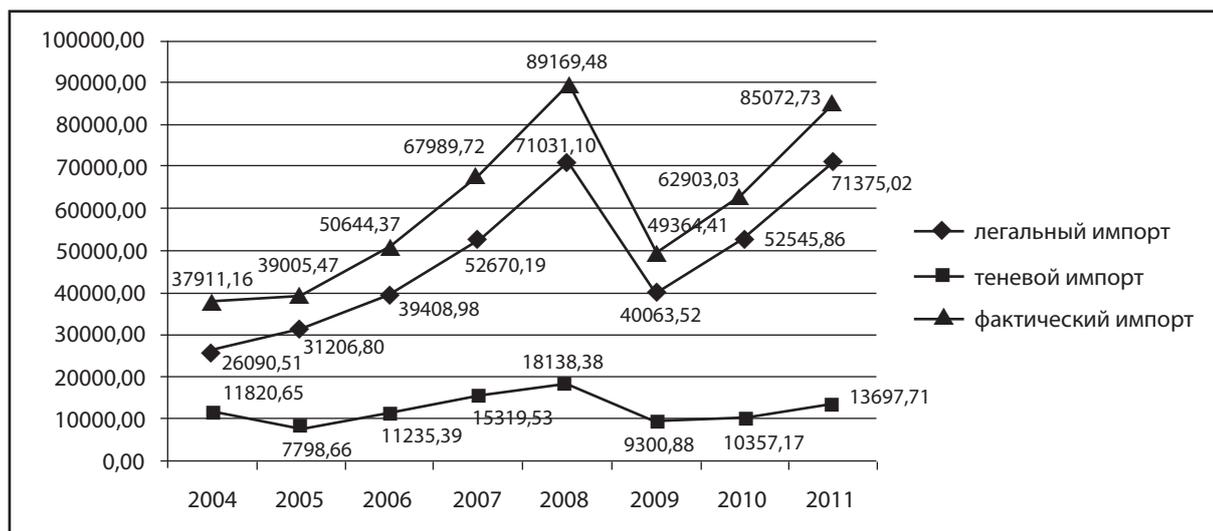


Рис. 1. Легальний, теневий і фактичний импорт товарів в Україну із країн ЄС-27, СНГ, КНР і США, 2004 – 2011 гг., млн долл. США*

* Источник: составлено автором.

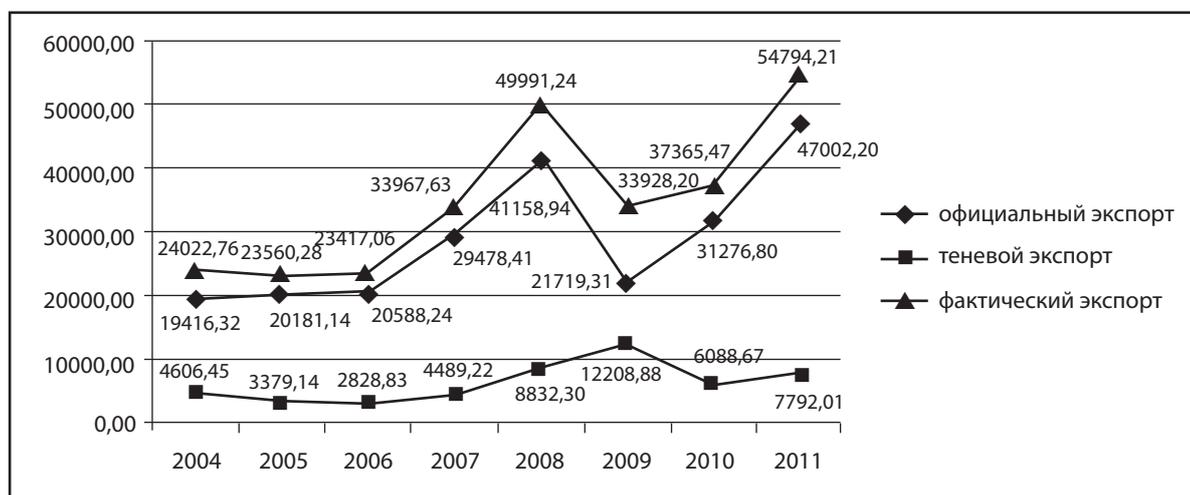


Рис. 2. Официальный, теневий і фактичний экспорт товарів з України в країни ЄС-27, СНГ, КНР і США, 2004 – 2011 гг., млн долл. США*

* Источник: составлено авторами.

Таблица 3

Значения комплексного коэффициента парной корреляции между легальным и теневым экспортом Украины и комплексными факторами импорта

| Комплексный фактор | «легальный импорт + итеневой импорт» Украины в целом | «легальный импорт + итеневой импорт» из СНГ | «легальный импорт + итеневой импорт» из ЕС | «легальный импорт + итеневой импорт» из КНР | «легальный импорт + итеневой импорт» из США |
|---|--|---|--|---|---|
| Комплексный коэффициент парной корреляции | 1,021 – i0,001 | 1,046 + i0,030 | 0,991 – i0,075 | 1,066 – i0,004 | 1,036 + i0,060 |

Поскольку задачей исследования является количественное определение влияния легальной и нелегальной экономики на экономику Украины в целом, следует использовать комплекснозначный корреляционный анализ влияния легальной и теневой экономики на показатели развития страны в целом. Комплексным показателем развития экономики Украины будет являться пара та-

ких показателей: ВВП Украины, обозначенный через y_{rt} и валовой внешний долг Украины, обозначенный y_{it} . Тогда комплексная переменная экономики Украины будет представлена в виде комплексной переменной $(y_{rt} + iy_{it})$.

Изучим влияние легального и нелегального экспорта на эту комплексную характеристику развития Украины. Результаты расчётов сведены в табл. 4.

Значения комплексного коэффициента парной корреляции между комплексным показателем развития Украины и легальным и теневым экспортом страны

| Комплексный фактор | «легальный экспорт + итеневогой экспорт» Украины в целом | «легальный экспорт + итеневогой» в СНГ | «легальный экспорт + итеневогой экспорт» в ЕС | «легальный экспорт + итеневогой экспорт» в КНР | «легальный экспорт + итеневогой экспорт» в США |
|--|--|--|---|--|--|
| Комплексный коэффициент парной корреляции с $(y_{rt} + iy_{it})$ | 0,915 + i0,018 | 1,013 – i0,052 | 0,842 + i 0,154 | 0,728 + i 0,509 | 0,174 – i1,454 |

Данные результаты показывают, что между ростом экономики Украины в целом и экспортом в целом (легальным и нелегальным) может быть тесная линейная зависимость – действительная часть комплексного коэффициента парной корреляции равна 0,915, что говорит о тесной взаимосвязи между ними. Такое же влияние на экономику Украины оказывает её экспорт со странами СНГ – действительная часть комплексного коэффициента парной корреляции равна 1,013, что свидетельствует о линейной зависимости.

Влияние экспорта – легального и нелегального – на экономику Украины со странами ЕС и КНР не столь однозначно, что видно из относительно небольших значений действительных частей комплексных коэффициентов парной корреляции для этих показателей, приведённые в табл. 4. Влияние экспорта в США на экономику Украины незначительно – действительная часть комплексного коэффициента парной корреляции равна 0,174. Тот факт, что мнимая часть этого коэффициента для рассматриваемой пары необыкновенно велика – $(-i1,454)$, – говорит об отсутствии зависимости как таковой, поскольку эта часть коэффициента характеризует дисперсию переменных относительно линии регрессии.

Аналогичный анализ проведём и для выявления влияния на экономику Украины, отражаемой комплекснозначным показателем $(y_{rt} + iy_{it})$, показателей легального и нелегального импорта. В табл. 5 приведены результаты вычисления комплексного коэффициента парной корреляции с комплексными показателями импорта.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что комплексное развитие экономики Украины будет хорошо описываться многофакторная комплекснозначная линейная модель такого вида:

$$y_{rt} + iy_{it} = (a_0 + ia_1) + (b_0 + ib_1)(z_{rt} + iz_{it}) + (c_0 + ic_1)(d_{rt} + id_{it}),$$

где $(y_{rt} + iy_{it})$ – комплексная переменная «ВВП Украины + иваловой внешний долг Украины»; $(z_{rt} + iz_{it})$ – комплексная переменная «легальный экспорт Украины + инезаконный экспорт Украины»; $(d_{rt} + id_{it})$ – комплексная переменная «легальный импорт Украины + инезаконный импорт Украины».

Найдём комплексные коэффициенты данной модели с помощью метода наименьших квадратов. Получим такие значения коэффициентов:

$$y_{rt} + iy_{it} = 22777 - i2656 + (1,652 + i3,534)(z_{1t} + iz_{2t}) + (1,371 - i0,931)(d_{1t} + id_{2t}).$$

Ошибка аппроксимации ВВП Украины и валового внешнего долга Украины с помощью этой модели за период с 2004 по 2011 гг. приведена в табл. 6.

Как видно, в целом модель неплохо описывает изучаемый процесс. Исключением разве что являются 2004 и 2010 годы.

С помощью построенной модели можно ответить на такой вопрос: как на развитие экономики Украины скажется уменьшение нелегальных экспорта и импорта? Для ответа на этот вопрос возьмём за основу данные 2011 г. Будем последовательно уменьшать объём нелегального экспорта и импорта, исключая эту долю из нелегальной сферы и включая её в легальную область. Будем уменьшать долю нелегальной части экономики последовательно с шагом в 10% до полного уничтожения нелегального бизнеса (100%). Результаты этих расчётов приведены в табл. 7.

Таблица 5

Значения комплексного коэффициента парной корреляции между комплексным показателем развития Украины и легальным и теневым импортом страны

| Комплексный фактор | «легальный импорт + итеневогой импорт» Украины в целом | «легальный импорт + итеневогой импорт» из СНГ | «легальный импорт + итеневогой импорт» из ЕС | «легальный импорт + итеневогой импорт» из КНР | «легальный импорт + итеневогой импорт» из США |
|---|--|---|--|---|---|
| Комплексный коэффициент парной корреляции | 1,026 – i0,112 | 1,013 – i0,109 | 1,037 – i0,181 | 1,121 – i0,056 | 1,017 – i0,058 |

Ошибка аппроксимации комплекснозначной модели

| Год | Комплексный показатель развития Украины | Модуль комплексного показателя развития Украины | Комплексная ошибка аппроксимации | Модуль комплексной ошибки аппроксимации | Ошибка |
|------|---|---|----------------------------------|---|--------|
| 2004 | 64881 + 30647i | 71755 | -20452 - i34831 | 40392 | 56,29% |
| 2005 | 86142 + 39619i | 94816 | -8058 - i16257 | 18145 | 19,14% |
| 2006 | 107753 + 54512i | 120757 | -3507 + i1035 | 3657 | 3,03% |
| 2007 | 142719 + 79955i | 163589 | 664 - i932 | 1145 | 0,70% |
| 2008 | 179992 + 101659i | 206716 | 6206 - i14448 | 15725 | 7,61% |
| 2009 | 117227 + 103396i | 156310 | 38157 + i33689 | 50902 | 32,56% |
| 2010 | 137936 + 117346i | 181098 | 3357 + i34145 | 34310 | 18,95% |
| 2011 | 167082 + 126236i | 209409 | -16366 - i2400 | 16542 | 7,90% |

Таблица 7

Результаты модельного эксперимента

| Процент снижения нелегального экспорта-импорта | Комплексный экспорт (легальная + иллегальная часть) | Комплексный импорт (легальная + иллегальная часть) | ВВП Украины | Валовой внешний долг Украины |
|--|---|--|-------------|------------------------------|
| 10 | 47781 + i7012 | 72744 + i12327 | 188091 | 126950 |
| 20 | 48560 + i6233 | 74114 + i10958 | 192734 | 125264 |
| 30 | 49339 + i5454 | 75484 + i9588 | 197376 | 123578 |
| 40 | 50119 + i4675 | 76854 + i8218 | 202019 | 121892 |
| 50 | 50898 + i3896 | 78223 + i6848 | 206662 | 120206 |
| 60 | 51677 + i3116 | 79593 + i5479 | 211304 | 118520 |
| 70 | 52456 + i2337 | 80963 + i4109 | 215947 | 116834 |
| 80 | 53235 + i1558 | 82333 + i2739 | 220589 | 115148 |
| 90 | 54015 + i779 | 83702 + i1369 | 225232 | 113462 |
| 100 | 54794,21 + i0 | 85072,73 + i0 | 229874 | 111776 |

Перевод теневого бизнеса в легальную сферу позволяет увеличивать ВВП Украины, что наглядно видно из результатов табл. 7 и, что следует отметить особо, – приводит к снижению внешнего долга страны.

ВЫВОДЫ

Итак, оценить масштабы теневой экономической деятельности в сфере внешней торговли возможно с помощью метода расхождения данных – «зеркальной статистики», который охватывает все внешнеторговые операции, не требует больших трудовых затрат, даёт возможность проанализировать динамику доли теневой экономической деятельности в сфере внешней торговли товарами. Используя комплекснозначное моделирование в ходе исследования, нами было установлено, что между комплексным экспортом (легальным и теневым) и всеми характеристиками импорта имеется почти функциональная линейная зависимость – и легального, и теневой бизнес как в части экспорта, так и в части импорта ведут себя одинаково. Между ростом экономики Украины в целом и экспортом в целом (легальным и нелегальным) также есть тесная линейная зависимость. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Entorf H. Illegal migrants and rational behavior: Modeling the market for illegal migration, mimeo / H. Entorf. – Universitat Wurzburg, 1998. – 568 p.
2. Schneider F. The Influence of the economic crisis on the underground economy in Germany and the other OECD-countries in 2010: a (further) increase / F. Schneider. – University of Linz / AUSTRIA, 2010. – 10 p.
3. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Міністерство доходів і зборів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://arc.customs.gov.ua/dmsu/control/uk/index>
5. Офіційне бюро статистики Європейського Союзу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
6. Офіційний веб-сайт Статистичної бази даних Організації Об'єднаних Націй [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://comtrade.un.org/>
7. Статкомітет СНГ «Методологіческие рекомендации для получения оценок незаконной (криминальной) деятельности на основе концепции СНС. – СНГ СТАТ. – М., 2005. – С. 34.

8. Svetunkov Sergey. Complex-Valued Modeling in Economics and Finance. – Springer Science+Business Media, New York, 2012. – 318 p.

REFERENCES

Derzhavnyi komitet statystyky Ukrainy. <http://www.ukrstat.gov.ua/>
 Entorf, H. *Illegal migrants and rational behavior: Modeling the market for illegal migration*, mimeo: Universitat Wurzburg, 1998.
 Ministerstvo dokhodiv i zboriv Ukrainy. <http://arc.customs.gov.ua/dmsu/control/uk/index>

Metodologicheskie rekomendatsii dlia poluchenii otsenok nezakonnoy (kriminalnoy) deiatelnosti na osnove kontseptsii SNS [Methodological recommendations for obtaining estimates of illegal (criminal) activities based on the concept of the SNA]. Moscow: SNG STAT, 2005.

Ofitsiine biuro statystyky I Evropeiskoho Soiuza. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
 Ofitsiyni veb-sait Statystychnoi bazy danykh Orhanizatsii Ob'iednanykh Natsii. <http://comtrade.un.org/>
 Schneider, F. *The Influence of the economic crisis on the underground economy in Germany and the other OECD-countries in 2010: a (further) increase*: University of Linz, 2010.
 Svetunkov, S. *Complex-Valued Modeling in Economics and Finance* New York: Springer Science+Business Media, 2012.

УДК 330.4, 519.2

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ВРЕМЕННЫМИ РЯДАМИ, НА ОСНОВЕ РАСШИРЕННОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ

СКАЛОЗУБ В. В., КЛИМЕНКО И. В.

УДК 330.4, 519.2

Скалозуб В. В., Клименко И. В. Интерпретация и прогнозирование процессов, представленных временными рядами, на основе расширенного логистического отображения

В статье исследуется возможность использования методов нелинейной динамики для построения оперативного прогноза сложных, структурированных процессов, описываемых временными рядами. Предложена модель расширенного логистического отображения для интерпретации характеристик динамических процессов. Исследованы процедуры интерпретации данных и прогнозирования параметров процессов, представленных временными рядами, использующих модели расширенного логистического отображения. Предложена методика рекуррентного построения оперативного прогноза. Для повышения точности полученных результатов рекомендуется провести корректировку значений параметров модели за счет оценки новых наборов значений по методу экспоненциального сглаживания. Приведены результаты применения модели расширенного логистического отображения для построения оперативного прогноза процессов железнодорожного транспорта, в частности, оценки параметров вагонопотоков.

Ключевые слова: нелинейная динамика, рекуррентное построение, экспоненциальное сглаживание.

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Формул:** 7. **Библ.:** 9.

Скалозуб Владислав Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой компьютерных информационных технологий, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, 49010, Украина)

Клименко Иван Викторович – ассистент, кафедра компьютерных информационных технологий, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, 49010, Украина)

УДК 330.4, 519.2

Скалозуб В. В., Клименко И. В. Інтерпретація та прогнозування процесів, представлених часовими рядами, на основі розширеного логістичного відображення

У статті досліджується можливість використання методів нелінійної динаміки для побудови оперативного прогнозу складних, не структурованих процесів, що описуються часовими рядами. Запропоновано модель розширеного логістичного відображення для інтерпретації характеристик динамічних процесів. Досліджено процедури інтерпретації даних і прогнозування параметрів процесів, представлених часовими рядами, що використовують моделі розширеного логістичного відображення. Запропоновано методику рекуррентної побудови оперативного прогнозу. Для підвищення точності отриманих результатів рекомендовано провести коректування значень параметрів моделі за рахунок оцінки нових наборів значень за методом експоненційного згладжування. Наведено результати застосування моделі розширеного логістичного відображення для побудови оперативного прогнозу процесів залізничного транспорту, зокрема, оцінки параметрів вагонопотоків.

Ключові слова: нелінійна динаміка, рекуррентна побудова, експоненційне згладжування.

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Формул:** 7. **Бібл.:** 9.

Скалозуб Владислав Васильович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних інформаційних технологій, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна (вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна)

Клименко Іван Вікторович – асистент, кафедра комп'ютерних інформаційних технологій, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна (вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна)

UDC 330.4, 519.2

Skalozub V. V., Klymenko I. V. Interpretation and Forecasting Processes, Represented by Time Series, on the Basis of the Extended Logistic Mapping

The article studies a possibility of use of methods of non-linear dynamics for structuring an operative forecast of complex and structured processes described by time series. It offers a model of extended logistic mapping for interpretation of characteristics of dynamic processes. It studies procedures of interpretation of data and forecasting parameters of the processes, represented by time series, that use models of extended logistic mapping. It offers methods of recurrent structuring of an operative forecast. In order to increase accuracy of obtained results, the article recommends to correct values of model parameters by means of assessment of new sets of values by the method of exponential smoothing. It provides results of application of the model of extended logistic mapping for structuring an operative forecast of processes of the railway transport, in particular, assessment of parameters of the carriage traffic volumes.

Key words: non-linear dynamics, recurrent structure, exponential smoothing.

Pic.: 3. **Tabl.:** 1. **Formulae:** 7. **Bibl.:** 9.

Skalozub Vladyslav V. – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of the Department of Computer Information Technology, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaran (vul. Lazaryana, 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine)

Klymenko Ivan V. – Assistant, Department of Computer Information Technology, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaran (vul. Lazaryana, 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine)