

Отримано: 02 грудня 2017 р.

Прорецензовано: 11 грудня 2017 р.

Прийнято до друку: 19 грудня 2017 р.

e-mail: dzyubanovska.n@gmail.com

DOI: 10.25264/2311-5149-2017-7(35)-126-131

Дзюбановська Н. В. Використання нейронних мереж для прогнозування імпорту товарів країн Європейського Союзу. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»* : науковий журнал. Острог : Вид-во НаУОА, грудень 2017. № 7(35). С. 126–131.

УДК 519.67:339.5

JEL-класифікація: C10, F14

### Дзюбановська Наталія Володимирівна,

кандидат економічних наук, старший викладач кафедри економіко-математичних методів  
Тернопільського національного економічного університету

## ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ІМПОРТУ ТОВАРІВ КРАЇН ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

У статті побудовано нейронну мережу для прогнозування обсягу імпорту товарів країн Європейського Союзу. Для моделювання використано програмний продукт STATISTICA 10 і статистичні дані обсягів імпорту товарів у млн євро країн ЄС. Проведено аналіз динаміки обсягів імпорту товарів країн ЄС протягом досліджуваного періоду. Використовуючи отриману нейромережну модель, розраховано прогнозні значення для обсягів імпорту товарів країн ЄС на майбутні періоди. Підтвердження адекватності побудованої моделі здійснено на основі кросс-перевірки й аналізу залишків моделі.

**Ключові слова:** імпорт, математична модель, міжнародна торгівля, нейронна мережа, прогнозування.

### Дзюбановская Наталья Владимировна,

кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры экономико-математических методов  
Тернопольского национального экономического университета

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИМПОРТА ТОВАРОВ СТРАН ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

В статье построено нейронную сеть для прогнозирования объема импорта товаров стран Европейского Союза. Для моделирования использован программный продукт STATISTICA 10 и статистические данные объемов импорта товаров в млн. евро стран ЕС. Проведен анализ динамики объемов импорта товаров стран ЕС в течение исследуемого периода. Используя полученную нейросетевую модель, рассчитаны прогнозные значения для объемов импорта товаров стран ЕС на будущие периоды. Подтверждения адекватности построенной модели осуществлено на основе кросс-проверки и анализе остатков модели.

**Ключевые слова:** импорт, математическая модель, международная торговля, нейронная сеть, прогнозирование.

### Nataliia Dziubanovska,

PhD in Economics, senior lecturer at Economics and Mathematical Methods department  
of the Ternopil National Economic University

## THE APPLICATION OF THE NEURAL NETWORKS FOR FORECASTING THE IMPORT OF GOODS FROM THE COUNTRIES OF THE EUROPEAN UNION

The article overviews a neural network constructed for forecasting the amounts of goods import from the countries of the European Union. The model was developed by means of the software package STATISTICA 10 and basing on the statistical data of goods import amounts (in millions euro) from the EU countries. The analysis of EU countries goods import amounts dynamics during the investigated period was realized. On the basis of received neural network model, predicted values for EU countries' goods import amounts for future periods were calculated. The adequacy of the constructed model was confirmed basing on the cross-check and model residues analysis.

**Key words:** import, international trade, mathematical model, neural network, forecasting.

**Постановка проблеми.** Сьогодні, коли стрімко розвиваються інтеграційні процеси, серед різноманітних методів оцінки та вимірювання показників міжнародної торгівлі важливе місце відводять побудові прогнозних моделей. Вибір напряму стратегічного планування та розробка сценаріїв розвитку торговельних відносин зумовлює необхідність ефективного прогнозування основних показників міжнародної торгівлі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням розробки та застосування прогнозних моделей в економіці присвячено чимало робіт видатних вітчизняних і зарубіжних науковців, серед яких І. В. Антохонова [1] А. М. Єріна [2], Б. Є. Грабовецький [3], К. Д. Льюїс [4], Т. Г. Морозова, О. В. Пиккулькин, В. Ф. Тихонов [5] та інші. Окрім цього, багато вчених приділили свою увагу дослідженню

економічних процесів із використанням нейронних мереж, серед них А. І. Горбатов [6], О. А. Єжов, С. О. Шумський [7], В. І. Ширяєв [8] та інші.

**Метою дослідження** є побудова прогнозу моделі обсягів імпорту товарів для підвищення ступеня поінформованості особи, яка приймає рішення щодо важливих тенденцій у сфері зовнішньої торгівлі країни.

**Виклад основного матеріалу.** Із стрімким розвитком комп'ютерних інформаційних технологій, на зміну традиційним математичним методам приходять сучасніші методики моделювання економічних процесів. Однією із яких є нейромережні технології. Великою перевагою застосування нейронних мереж над традиційними методами при прогнозуванні економічних явищ є можливість якісно та швидко опрацювати великі масиви даних, а також виявляти та відтворювати досить складні залежності всередині елементів мережі. Що і зумовило вибір нейромережних технологій для прогнозування обсягу імпорту товарів країн ЄС.

Для моделювання використано статистичні дані Eurostat [10] обсягів імпорту товарів у млн євро країн Європейського Союзу за кожен місяць із січня 2002 року по вересень 2017 року.

Розглянемо спочатку тенденції динаміки обсягів імпорту товарів країн ЄС протягом досліджуваного періоду (рис. 1). На графіку видно, що з плином часу обсяги імпорту товарів країн ЄС зростають, тобто простежуємо зростаючий лінійний тренд, а також видно певну періодичність. Як уже було відзначено в одній із попередніх робіт [9], зважаючи на характер перебігу міжнародної торгівлі, дослідження цього процесу можна провести із використанням теорії часових рядів. Для визначення періодичності часового ряду використаємо модуль Time series analysis/Forecasting пакету STATISTICA 10 і застосуємо спектральний аналіз Фур'є (рис. 2).

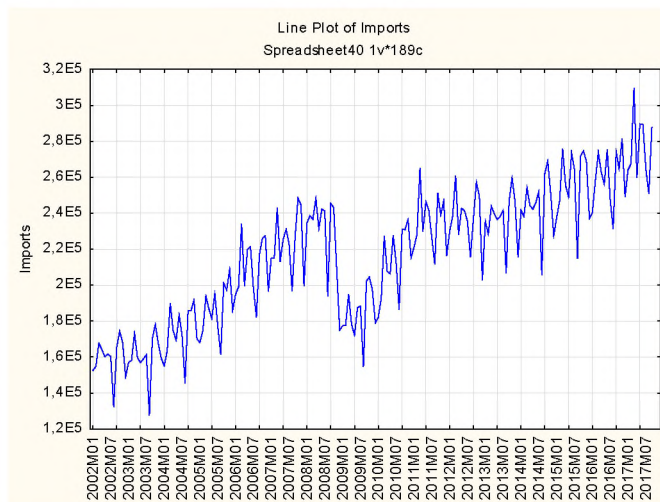


Рис. 1. Лінійний графік імпорту товарів країн ЄС протягом 01.2002–09.2017 рр.

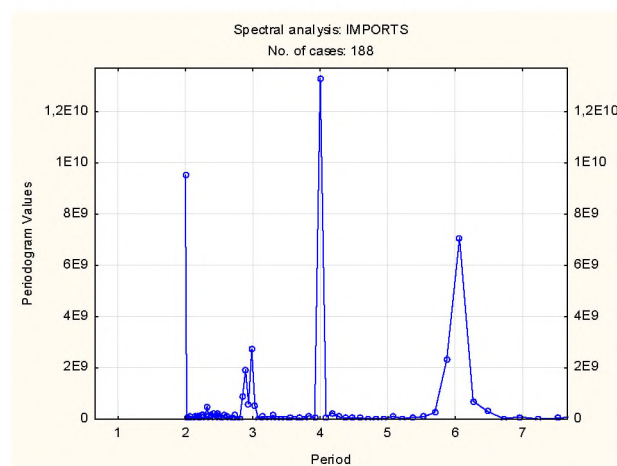


Рис. 2. Періодограма спектрального аналізу Фур'є обсягів імпорту товарів країн ЄС упродовж 01.2002–09.2017 рр.

Із рис. 2 видно, що досліджуваний часовий ряд має періодичність 4. Це значення ми використаємо під час налаштування нейронної мережі.

Для побудови нейромережної прогнозної моделі використаємо модуль Statistics/Neural networks пакету STATISTICA 10. Адекватність моделі будемо досліджувати за допомогою крос-перевірки. Тому для тренування нейронної мережі виберемо дані з січня 2002 року по грудень 2016 року, а перевірку виконаємо для значень обсягів імпорту перших дев'яти місяців 2017 року. Отже, на основі результатів аналізу (рис. 3) нами отримано 5 нейронних мереж.

Summary of active networks (Spreadsheet40)											
Include cases: 1:180											
Index	Net. name	Training perf.	Test perf.	Validation perf.	Training error	Test error	Validation error	Training algorithm	Error function	Hidden activation	Output activation
1	MLP 12-8-1	0,964125	0,945953		31917962	44748193		BFGS 31	SOS	Logistic	Identity
2	MLP 12-6-1	0,972368	0,945527		23870256	44874239		BFGS 42	SOS	TanH	Identity
3	MLP 12-2-1	0,970261	0,944447		25888451	46752454		BFGS 66	SOS	Logistic	Identity
4	MLP 12-5-1	0,961825	0,945181		34179167	45656330		BFGS 28	SOS	Logistic	Identity
5	MLP 12-7-1	0,967026	0,945393		29105828	44912717		BFGS 38	SOS	Logistic	Identity

Рис. 3. Результати моделювання обсягів імпорту товарів країн ЄС

Наступним нашим завданням буде обрати серед п'яти одну найкращу нейронну мережу, тобто таку, що найоптимальніше описує прогнозний ряд. Цей вибір ми здійснимо на основі графіка прогнозних значень моделей (рис. 4).

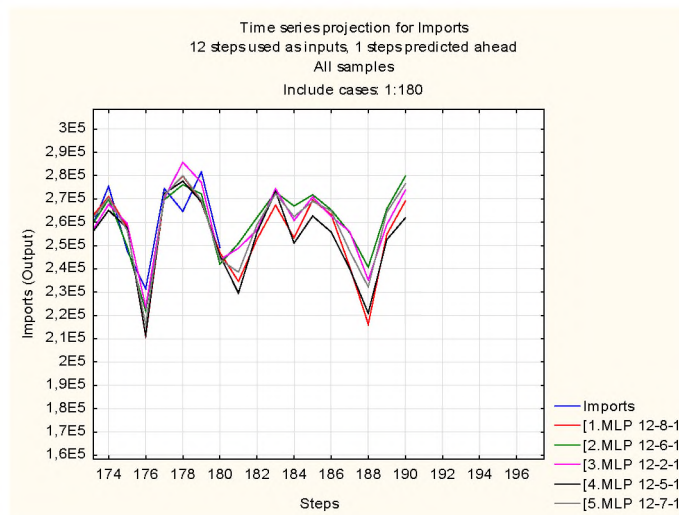


Рис. 4. Графік прогнозних значень нейромережних моделей

Із графіка (рис. 4) робимо висновок, що найбільш оптимальний ряд прогнозований моделлю 2.MLP 12-6-1, тому для візуального підтвердження нашого вибору вибраної моделі побудуємо графік проєкції часового ряду (рис. 5).

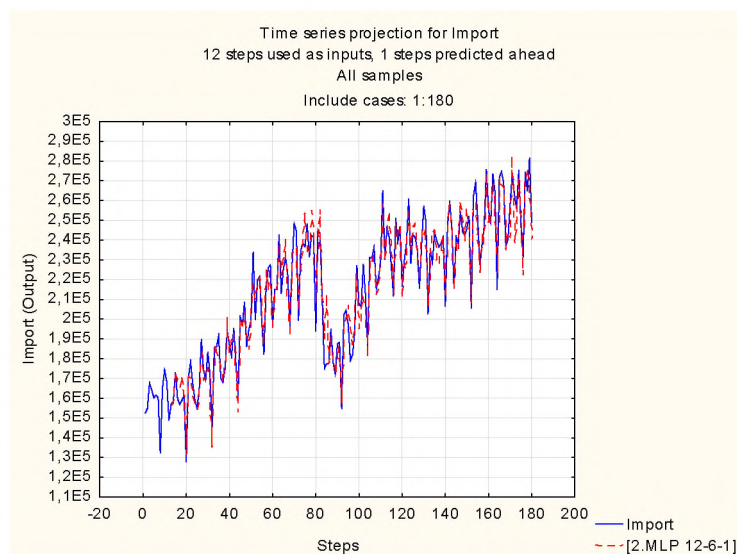


Рис. 5. Проєкція часового ряду

На рис. 5 справді видно, що побудована мережа досить оптимально відображає реальні статистичні дані.

Для підтвердження правильності отриманих під час моделювання результатів необхідно здійснити перевірку адекватності моделі. Таку перевірку можна виконати на основі аналізу залишків моделі. У нашому випадку залишки моделі є різницею між фактичними значеннями обсягів імпорту товарів країн ЄС і значеннями обсягів імпорту товарів країн ЄС, обчисленими за допомогою побудованої нейромережної моделі. Якщо модель адекватна, то ряд залишків моделі буде мати нормальний розподіл.

Інколи буває достатньо лише графічного аналізу залишків. Для цього потрібно побудувати гістограму залишків моделі (рис. 6) та нормальний імовірнісний графік залишків для нашої моделі (рис. 7).

Із рис. 6 видно, що залишки моделі розподілені за нормальним законом розподілу. Окрім того, відомо, що чим більше розподіл наближений до нормального, тим краще значення залишків лягають на пряму лінію. Із рис. 7 візуально видно, що ряд залишків моделі нормально розподілений. На основі проведеного графічного аналізу залишків моделі можна стверджувати про достатню адекватність побудованої моделі.

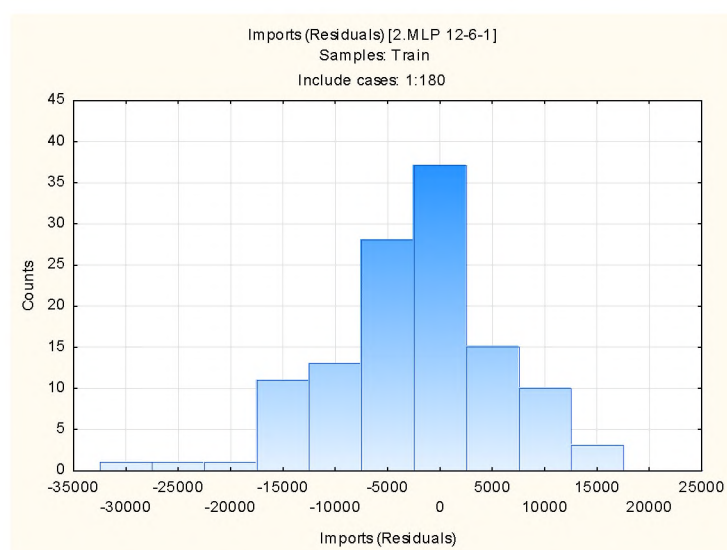


Рис. 6. Гістограма залишків прогновної моделі

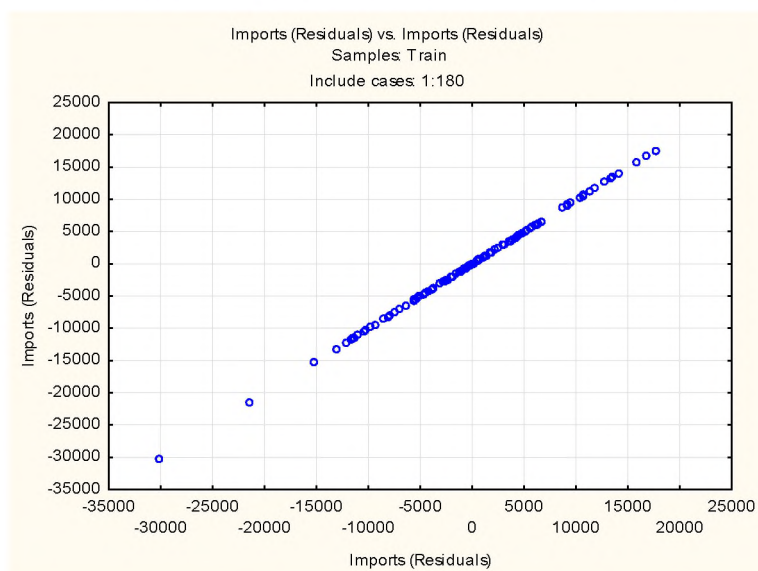


Рис. 7. Нормальний імовірнісний графік залишків прогновної моделі

Крім графічного підтвердження адекватності моделі проведемо крос-перевірку. Для цього розглянемо таблицю із реальними статистичними даними та прогнозними (рис. 8), а також занесемо до таблиці дані про похибку прогнозних значень.

Оскільки крос-перевірку ми виконуємо для останніх дев'яти значень із таблиці, тобто для січня-вересня 2017 року, розрахуємо середнє значення похибки для цих значень (рис. 9). Отже, ми бачимо, що наша прогнозна модель має похибку 5,7% (це цілком відповідає нормі).

Time series projection for Imports (Spreadsheet40)			
12 steps used as inputs, 1 steps predicted ahead			
All samples			
Include cases: 1:180			
Case name	Imports Target	Imports(Output) MLP 12-6-1	Error =Abs(v1-v2)/v1
2016M01	240272.9	248715.7	0.0351384401
2016M02	257944.6	251660.9	0.0243607304
2016M03	273865.6	282639.7	0.0320380569
2016M04	262760.0	248962.0	0.0525118922
2016M05	256143.3	257529.1	0.00541036126
2016M06	275397.3	269940.5	0.0198143707
2016M07	247753.4	249668.0	0.00732406007
2016M08	231407.7	221887.0	0.0411426076
2016M09	274422.9	269703.619	0.017197125
2016M10	264672.2	276075.4	0.0430841565
2016M11	281577.0	272147.5	0.0334882148
2016M12	249168.5	242016.5	0.0287033457
2017M01	264054.7	250948.6	0.0496699521
2017M02	267468.2	262045.2	0.0202752533
2017M03	309808.8	272933.1	0.119027429
2017M04	269891.4	266960.0	0.0271981636
2017M05	289697.7	271785.7	0.0618300287
2017M06	289295.5	265325.2	0.0828573234
2017M07	264632.7	255483.9	0.0345715813
2017M08	250799.8	240695.1	0.0402899692
2017M09	287812.6	265721.5	0.0767552398

Рис. 8. Таблиця значень реальних даних, прогнозних і значення похибки

Common		More
Case name	Time series projection for Imports (Spreadsheet40)	
	12 steps used as inputs, 1 steps predicted ahead	
	All samples	
	Include cases: 1:180	
	1	
	Error	
MEAN case: 181-189	0.057	

Рис. 9. Середнє значення похибки прогнозу моделі

Після перевірки побудованої нейромережної моделі на адекватність можна використовувати її як інструмент прогнозування обсягів імпорту країн на майбутні періоди.

Розрахуємо прогнозні значення для обсягів імпорту товарів країн ЄС на період часу з жовтня 2017 року і до грудня 2018 року. Одержані дані зобразимо графічно (рис. 10) і подамо в таблиці (рис. 11). Таким чином, на основі статистичних даних обсягів імпорту товарів країн ЄС за попередні періоди ми, застосувавши нейромережні технології, отримали прогнозні значення цього показника торгівлі на майбутні періоди.

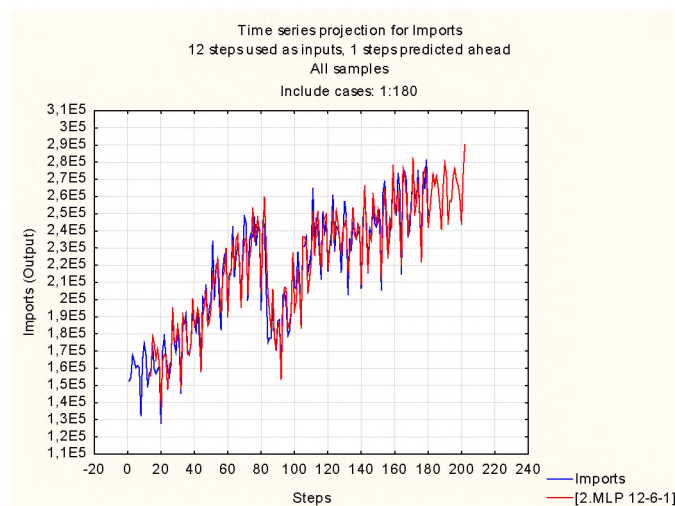


Рис. 10. Графік прогнозних значень обсягів імпорту товарів країн ЄС на період 10.2017-12.2018 рр.

Time series projection for Imports (Spreadsheet40) 12 steps used as inputs, 1 steps predicted ahead All samples Include cases: 1:180		
Case name	Imports Target	Imports(Output) MLP 12-6-1
2017M06	289 295,5	265325,2
2017M07	264 632,7	255483,9
2017M08	250 799,8	240695,1
2017M09	287 812,6	265721,5
2017M10		279756,6
2017M11		272639,3
2017M12		243759,4
2018M01		257532,3
2018M02		257115,5
2018M03		271606,6
2018M04		276350,6
2018M05		269210,0
2018M06		266434,1
2018M07		259207,7
2018M08		243849,9
2018M09		273544,9
2018M10		290302,5
2018M11		266227,9
2018M12		252352,4

Рис. 11. Прогнозних значень обсягів імпорту товарів країн ЄС на період 10.2017-12.2018 рр.

**Висновки.** Отже, на основі проведеного дослідження приходимо до висновку, що для оцінки і прогнозування показників міжнародної торгівлі успішно можна застосовувати теорію часових рядів і нейромережні технології. За допомогою побудованої прогнозної моделі ми отримали передбачені значення обсягів імпорту товарів країн ЄС на майбутні періоди. Отриману засобами пакета STATISTICA 10 модуля Neural networks прогнозу модель динаміки часового ряду можна використовувати як інструмент прогнозування основних тенденцій зміни обсягів імпортованих потоків країн, а також аналогічну модель можна побудувати для дослідження динаміки інших показників міжнародної торгівлі.

#### Література:

1. Антохонова И. В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов : [учеб. пособ.] / И. В. Антохонова. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2004. – 212 с.
2. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування : [навч. посіб.] / А. М. Єріна. – Київ : КНЕУ, 2001. – 170 с.
3. Грабовецький Б. Є. Економічне прогнозування і планування : [навч. посіб.] / Б. Є. Грабовецький. – Київ : Центр навч. літ-ри, 2003. – 236 с.
4. Льюис Колин Д. Методы прогнозирования экономических показателей / Колин Д. Льюис. – Москва : Финансы и статистика, 1986. – 133 с. – Библиогр.: с.132 (44 назв.).
5. Морозова Т. Г. Прогнозирование и планирование в условиях рынка : [учеб. пособие для ВУЗов] / Т. Г. Морозова, А. В. Пикулькин, В. Ф. Тихонов и др. – Москва : Юнити-Дана, 1999. – 322 с.
6. Горбатов А. И. Прогнозирование экономических показателей на основе искусственных нейронных сетей : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 / Анатолий Иванович Горбатов. – Москва, 2003. – 175 с.
7. Ежов А. А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе / А. А. Ежов, С. А. Шумский. – Москва : МИФИ, 1998.
8. Ширяев В. И. Финансовые рынки: нейронные сети, хаос и нелинейная динамика / В. И. Ширяев. – Москва : КД Либроком, 2016. – 232 с.
9. Дзюбановська Н. В. Щодо питання вимірювання міжнародної торгівлі країн: основні методи і прийоми / Наталія Володимирівна Дзюбановська // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: «Економіка і менеджмент». – 2016. – Випуск 22. – С. 204–206.
10. Eurostat [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ec.europa.eu>.