

## СЕКЦІЯ 10 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 338.516.54:004.383

**Гальчинський Л.Ю.**  
кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри математичного моделювання економічних систем  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут»

**Свиденко А.В.**  
аспірант кафедри математичного моделювання економічних систем  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут»

### СИСТЕМА КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗДРІБНИХ ЦІН НА НАФТОПРОДУКТИ

У статті висвітлено основні фактори ціноутворення, наведено структуру нейронної мережі та необхідні вхідні дані для побудови моделі. Тестування мережі показує дієвість даного підходу до ринку нафтопродуктів України. У результаті поєднання декількох нейронних мереж в єдину систему вдалося знизити похибку прогнозу порівняно зі статистичними методами прогнозування.

**Ключові слова:** ринок нафтопродуктів, роздрібні ціни, нейронні мережі, короткостроковий прогноз, система прогнозування.

**Гальчинский Л.Ю., Свиденко А.В. СИСТЕМА КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РОЗНИЧНЫХ ЦЕН НА НЕФТЕПРОДУКТЫ**

В статье определены основные факторы ценообразования, представлена структура нейронной сети и указаны необходимые данные для построения модели. Тестирование сети указывает на состоятельность данного подхода применительно к рынку нефтепродуктов Украины. В результате объединения нескольких нейронных сетей в единую систему удалось снизить ошибку прогноза по сравнению со статистическими методами.

**Ключевые слова:** рынок нефтепродуктов, розничные цены, нейронные сети, краткосрочный прогноз, система прогнозирования.

**Galchinsky L.J., Svidenko A.V. SHORT-TERM FORECASTING SYSTEM OF RETAIL GASOLINE PRICES**

The purpose of the article is to describe the system of short-term forecasting of the petroleum retail prices in Ukraine. The article highlights the main factors of retail pricing in Ukraine. The structure of neural network and the necessary input data for building the model is provided. The results of the testing of the network show the effectiveness of this approach in relation to the market of Ukraine. As a result several neural networks were combined in a forecasting system of retail prices. We managed to reduce the forecast error that compared with statistical methods.

**Keywords:** petroleum market, retail prices, neural networks, forecasting system, short-term forecast.

**Постановка проблеми.** Висока залежність паливного ринку від імпорту готової продукції негативно позначилася на роздрібних цінах, які стали гостро реагувати на нестабільність валютного ринку. Значні коливання обмінного курсу спричинили зміну кон'юнктури ринку та ріст волатильності роздрібних цін. Це все призвело до того, що наявні моделі прогнозу роздрібних цін стали показувати значні відхилення від реальної динаміки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведені за останні роки дослідження [1–4] чітко вказали на суттєву нестаціонарність поведінки цін на нафтопродукти. Факторний аналіз показав, що основними джерелами збурень рівноваги цього ринку є зовнішні чинники, передусім ціна на нафту та нафтопродукти на світових біржах та обмінний курс валют [1]. Разом із тим доведено, що ціна має стаціонарну залежність від певної комбінації вхідних факторів у трактовці Енгла-Грейнджера. Це дає можливість будувати короткострокові прогнози різними методами, зокрема застосовуючи нейронні мережі.

У наукових роботах наводиться приклад використання побудови прогнозу роздрібних цін на ринку

нафтопродуктів України як статистичними методами, так і нейронними мережами на основі багатшарових перцептронів [2; 3]. Однак точність нейромережевого підходу була хоч і прийнятна, але дещо нижча за класичні методи та не враховувала механізмів ціноутворення роздрібних мереж.

**Мета статті** полягає у розробці структури системи короткострокового прогнозування роздрібних цін на нафтопродукти з використанням нейронних мереж для покращення якості прогнозів в умовах значної волатильності цін.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Однією з умов адекватного функціонування нейронної мережі є стаціонарність вхідних та вихідних даних. Однак, як свідчать дослідження, роздрібні ціни на ринку нафтопродуктів не є стаціонарними. Це унеможливує використання абсолютного значення цін як вхідних даних для нейронної мережі, тому нами проаналізовано зміни роздрібних цін. Як видно з табл. 1, роздрібні ціни є інтегрованими часовими рядами першого порядку, що дає можливість використовувати зміни цін як вхідні дані для нейронної мережі.

Таблиця 1  
Оцінка стаціонарності роздрібних цін та їх приростів

Часовий ряд	Dickey-Fuller	p-value
Роздрібні ціни на бензин А-95 в період 2010-2014 рр.	-2,2116	0,4888
Прирости роздрібних цін на бензин в період 2010-2013 рр.	-10,117	0,01
Прирости роздрібних цін на бензин в період 2012-2014 рр.	-7,2112	0,01

Окрім змін оптових цін, для прийняття рішення роздрібною мережею по корекції цін важливим є:

- порівняльне значення цін конкурентів і власної ціни роздрібною мережі;
- поточна маржа роздрібною мережі;
- інформаційне навантаження.

Крім цінових показників, важливу роль у прийнятті рішень про зміну цін нафтопродуктів даною мережею грає інформаційне навантаження на ринок нафтопродуктів - додаткова нецінова інформація про різноманітні загрози, що можуть проявлятися на ринку. Для ринку нафтопродуктів України основними класами загроз є:

- зміна акцизного податку на виробництво та імпорт нафтопродуктів;
- зміна акцизного податку на роздрібну реалізацію нафтопродуктів;
- зміна цін на нафту;
- значні коливання котирувань на нафтопродукти в Європі та оптових цін в Україні;
- зростання тарифів на транспортування залізничним та трубопровідним транспортом;
- зміна законодавчої бази та введення нових податків;
- інші загрози, що здатні призвести до порушення нормального циклу постачання сировини.

З переліку видно, що інформація про загрози може бути представлена як числовими показниками, так і різноманітною текстовою інформацією в повідомленнях у ЗМІ та інших джерелах. Для всієї вхідної інформації по загрозах окрім класу присвоюється також ранг загрози, що відповідає силі впливу даної загрози на ринок.

У даному дослідженні виділено такі ранги загроз:

- 2 - значний вплив на ринок у бік зниження цін;
- 1 - незначний вплив на ринок у бік зниження цін;
- 0 - відсутність впливу на ринок;
- 1 - незначний вплив на ринок у бік зростання цін;
- 2 - значний вплив на ринок у бік зростання цін.

Класифіковані загрози, відповідно до сили впливу, формують показник інформаційного навантаження. Цей показник являє собою суму рангів активних загроз на певний момент часу. Такий підхід дає змогу враховувати як прямі, так і непрямі фактори впливу на ринок під час формування роздрібною ціни.

З урахуванням згаданих факторів ціноутворення структура нейронної мережі та інтерпретація входів представлена на рис. 1. Було встановлено, що найкращий вигляд нейронної мережі для вирішення поставленої задачі дає багатопартий перцептрон з 4-ма прихованими шарами та нейронами з різною функцією активації. В основі мережі лежить багатопартий перцептрон (шари 2, 3, 4) із додатковими шарами на вході та виході з лінійною функцією активації. Така структура мережі продиктована передусім специфікою вхідних та вихідних даних.

Додатковий шар із лінійною функцією активації на вході призначений для формування лінійних комбінацій вхідних даних та в процесі навчання формує відповідні показники, на основі яких відбувається класифікація поведінки роздрібною мережі. Призначення вихідного шару з лінійною функцією активації - формування значення приросту ціни на наступний день.

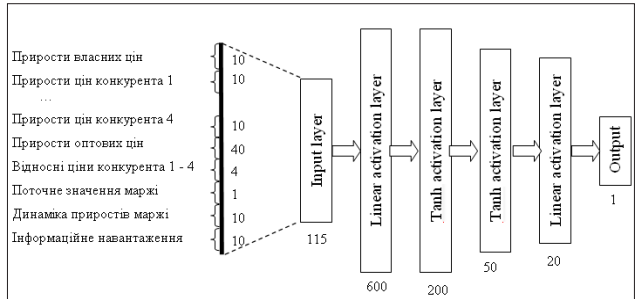


Рис. 1. Структура нейронної мережі

Для навчання мережі використовувались щоденні роздрібні ціни роздрібною мереж, щоденні оптові ціни на границі України та сумарне значення активних загроз із розбиттям по дням. Навчання та перевірка проводилися на даних двох періодів:

- січень 2010 р. - червень 2012 р. із перевіркою на даних з липня по грудень 2012 р.;
- червень 2013 р. - червень 2014 р. із перевіркою на даних з липня по жовтень 2014 р.

Основною проблемою під час використання нейронних мереж в економічних задачах є неоднорідність даних, що спричинює перенавчання мережі. Для уникнення перенавчання в моделі використана техніка регуляризації Dropout [6]. Головна ідея даної техніки полягає в обнуленні частки синапсів між шарами нейронної мережі під час навчання для кращого розподілу знань по мережі. Такий підхід також знижує здатність мережі до перенавчання.

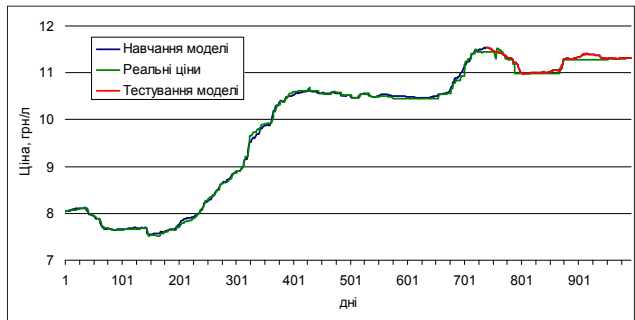


Рис. 2. Порівняння результатів роботи нейронної мережі з реальними даними за 2010-2012 рр.

Частки обнулення для нашої мережі представлені в табл. 2. Для першого та останнього шарів регуляризація не проводилась, оскільки перший та останній шари не є безпосередніми класифікаторами, а слугують лише для формування лінійних комбінацій вхідних та вихідних параметрів. Для інших шарів коефіцієнт залежить від кількості нейронів сусідніх шарів.

Таблиця 2  
Коефіцієнти регуляризації методики Dropout

Номер шару	1	2	3	4	5
Коефіцієнт Dropout	-	0,5	0,3	0,1	-

Для побудови мережі та її навчання використовувався власний програмний продукт на мові C++ на основі бібліотеки FANN [7]. Для навчання мережі використовувалася пакетний метод зворотного розповсюдження помилки. В однопотоковому режимі час навчання однієї мережі становить близько восьми годин. Для прискорення процесу навчання було використано модифіковане ядро бібліотеки з реалізацією процесу навчання на мові OpenCL.

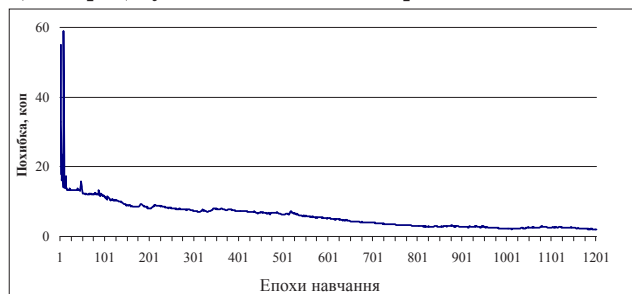


Рис. 3. Динаміка похибки при навчання нейронної мережі

Система прогнозування представляє собою поєднання нейромережевих моделей формування роздрібної ціни для основних гравців ринку нафтопродуктів та керуючого модуля з джерелами даних для роботи системи. Вхідні дані по роздрібних цінах, оптових цінах надходять на модуль формування вхідних показників для нейронних мереж.

Дані для формування переліку загроз надходять на модуль обробки, де визначення статусу загрози відбувається згідно з класифікацією та ранжуванням. Після формування вихідних показників нейронних мереж вони проходять обробку керуючим модулем, який формує прогнозні значення цін основних роздрібних мереж на наступний день.

Для прогнозування цін на період більше одного дня процедура прогнозування циклічно повторюється. Як реальні роздрібні ціни використовуються прогнозні значення попереднього кроку. Слід зазначити, що дані по оптових цінах залишаються незмінними, оскільки через коінтегрованість часових рядів для побудови прогнозу оптових цін слід будувати прогноз обмінного курсу, що в періоди нестабільної економічної ситуації є нетривіальним завданням.

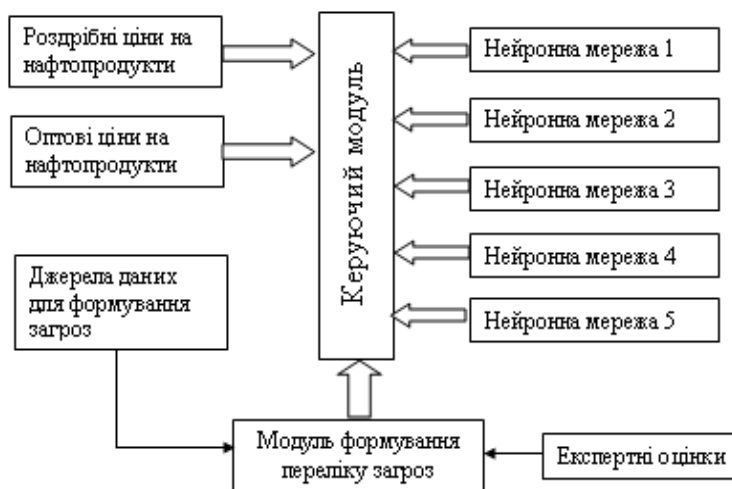


Рис. 4. Структурна схема системи прогнозування цін

Таким чином, точність прогнозу можна покращити за рахунок приєднання до системи «модуль прогнозування курсів валют».

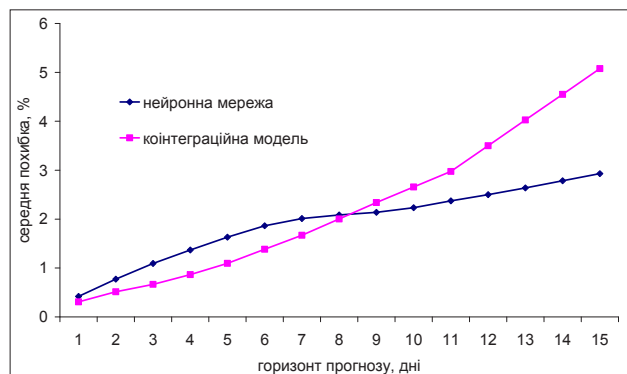


Рис. 5. Порівняння точності прогнозу з коінтеграційними моделями на даних 2014 р.

Для оцінки горизонту прогнозування системи було проведено порівняння з реальними даними та іншими моделями прогнозування. Для порівняння вибрано коінтеграційну модель прогнозування роздрібних цін [3]. На рис. 5 показано порівняння середньої похибки прогнозування для першого півріччя 2014 р. Як бачимо, на періодах до одного тижня більш точною є коінтеграційна модель, однак для прогнозів більше семи днів нейромережева система показує кращий результат.

**Висновки.** Використання нейронних мереж для прогнозування поведінки роздрібних цін на нафтопродукти є нетривіальним завданням передусім через особливість інформації, на яку орієнтуються роздрібні мережі під час формування ціни. У результаті поєднання декількох підходів для формування вхідних даних, виділення загроз як вхідних параметрів та використання паралельних обчислень для прискорення навчання нейронних мереж удалося побудувати систему короткострокового прогнозування поведінки роздрібних цін, яка враховує динаміку ціноутворення кожного учасника ринку. Порівняно зі статистичними методами вдалося знизити похибку прогнозу. Причому ця перевага зростає в періоди нестабільної економічної ситуації.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Гальчинський Л.Ю. Факторний аналіз формування цін на світовому ринку нафти / Л.Ю. Гальчинський, І.А. Веремченко // Економічний вісник. – 2009. – № 6. – С. 421–425.
2. Leonid Galczynski Krotkoterminowe prognozy cen na rynku produktow przemyslu naftowego Ukrainy. Zeszyty naukowe Uniwersytet Ekonomiczny Poznan. – 2013. – № 242. – С. 44–56.
3. Свиденко А.В. Прогнозування роздрібних цін на нафтопродукти в умовах курсових коливань / А.В. Свиденко // Вісник Одеського національного університету. – 2015. – Т. 20. – Вип. 2/1. – С. 195–197.
4. Веремченко, І.А. Моделювання динаміки роздрібних цін на ринку нафтопродуктів України / І.А. Веремченко, Л.Ю. Гальчинський // Бизнес Информ. – 2010. – № 1. – С. 20–26.
5. Межбанковская валютная биржа [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mezhsbank.org.ua/>.
6. Hinton G.E. Improving neural networks by preventing co-adaption of feature detectors / G.E. Hinton, N. Srivastava, A. Krizhevsky, I. Sutskever, R.R. Salakhutdinov. – arXiv: 1207.0580 – 2012.
7. Fast Artificial Neural Network Library [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://github.com/libfann/fann>.

УДК 004.891

Курков М.С.

кандидат економічних наук, доцент  
Київського національного економічного університетуСУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ УПРОВАДЖЕННЯ  
ДЛЯ СТВОРЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ВИРОБНИЧИХ ПЛАНІВ

У статті розглянуто системи оперативного планування на базі сучасних інформаційних технологій та стандартів управління. Представлено схеми побудови та приведений опис окремих елементів системи. Розглянуто можливість використання систем для оперативного планування.

**Ключові слова:** інформаційна система, планування, план виробництва, ERP, управління виробництвом.

Курков М.С. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ВНЕДРЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛАНОВ

В статье рассмотрены системы оперативного планирования на базе современных информационных технологий та стандартів управління. Представлены схемы построения и приведено описание отдельных элементов системы. Рассмотрена возможность использования систем для оперативного планирования.

**Ключевые слова:** информационная система, планирование, план производства, ERP, управление производством.

Kurkov M.S. MODERN INFORMATION SYSTEMS AND THEIR INTEGRATION FOR CREATING OPERATIONAL PRODUCTION  
PLANS

In article are considered operating planning systems on the basis of modern information technologies and standards of management. Schemes of building are presented and the descriptions of the separate elements of system are resulted. The opportunity of using of such systems in operative planning are considered.

**Keywords:** information system, planning, production plan, ERP, production management.

**Постановка проблеми.** Основні і найбільш популярні інформаційні системи виробничих підприємств – це ERP-системи для реалізації стандартного циклу планування. Однак базова функціональність ERP не забезпечує належну міру завдання планування виробництва на цеховому рівні. У статті пропонується підхід до використання розширень стандартної функціональності ERP-системи (на прикладі Oracle E-Business Suite) для реалізації алгоритмів розрахунку виробничих розписів та одержання здійснених виробничих планів у єдиному просторі ERP-системи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Якщо проаналізувати сучасні джерела [4; 5] щодо використання інформаційних систем на підприємствах і в бізнесі можна зробити висновок, що основним типом подібних систем є ERP-системи. На даний час основні розробники таких систем – компанії Oracle та SAP. Але аналізуючі бюджети, викладені в літературних джерелах, можна зробити висновок про достатньо велику вартість подібних систем для вітчизняних замовників. Постає питання про зменшення вартості та створення власних систем для потреб виробництва та його планування.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** На українських виробничих підприємствах завдання складання оперативних планів виробництва (ці плани називають також виробничими розписами) здебільшого лягає на плечі співробітників планово-диспетчерських служб і відділів підприємства (плановиків). Маючи багаторічний досвід роботи в даному напрямі, ці фахівці застосовують певні правила і методи, що дають змогу одержувати прийнятні виробничі розписи. Найчастіше ці правила не мають під собою точного наукового обґрунтування або якоїсь строгої математичної моделі, тобто є деякою оптимізацією, що відбиває експертні знання конкретного плановика. На деяких підприємствах виробничий розклад взагалі попередньо не складається, а на початок зміни в цех надходить лише завдання на зміну, що містить список позицій та їх кількість. Формування виробничих завдань на робочі місця й ухвалення рішення щодо моменту їх запуску здійснюються диспетчером цеху в ході виробничої зміни.

**Мета статті** полягає у спробі систематизувати матеріал стосовно систем планування виробництва та поданні рекомендацій щодо створення та впровадження систем планування виробництва на вітчизняних підприємствах.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Функціональність сучасних платформ ERP покриває істот-