

## ЦІНОУТВОРЕННЯ НА РИНКУ НАФТОПРОДУКТІВ УКРАЇНИ

© 2015 СВИДЕНКО А. В.

УДК 338.516.54:519.246.85

### Свиденко А. В. Ціноутворення на ринку нафтопродуктів України

Цілями статті є описання механізму формування роздрібної ціни на ринку нафтопродуктів України та побудова моделі поведінки роздрібної мережі АЗС. Проаналізовано сучасний стан ринку нафтопродуктів України, висвітлено основні фактори ціноутворення та взаємозв'язки між ними. Оскільки ринок є олігополістичним і непрозорим, важливо мати механізми моделювання поведінки цін. У роботі наведено механізм оцінки собівартості роздрібних цін на нафтопродукти та показано алгоритм співвідношення роздрібних цін з відповідною оцінкою собівартості. Описано можливість використання різних підходів для моделювання цін та показано переваги нейронної мережі для побудови моделі поведінки мережі АЗС. Наведено структуру мережі та необхідні вхідні дані для побудови моделі. Результати навчання та тестування мережі доводять дієвість даного підходу по відношенню до ринку нафтопродуктів України та можливість побудови повноцінної моделі не тільки для окремої мережі, але й до всього ринку.

**Ключові слова:** ринок нафтопродуктів, роздрібні ціни, нейронна мережі.

**Рис.:** 6. **Формул:** 3. **Бібл.:** 11.

**Свиденко Андрій Володимирович** – аспірант, кафедра математичного моделювання економічних систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна)

**E-mail:** zulu\_jp4@ukr.net

УДК 338.516.54:519.246.85

### Свиденко А. В. Ценообразование на рынке нефтепродуктов Украины

Целями статьи являются описание механизмов формирования розничной цены на рынке нефтепродуктов Украины и построение модели поведения розничной сети АЗС. Проанализировано текущее состояние рынка нефтепродуктов Украины, описаны основные факторы ценообразования и взаимосвязи между ними. Поскольку данный рынок является олигополистическим и непрозрачным, важно иметь механизмы моделирования поведения цен. В работе представлен механизм оценки себестоимости розничных цен на нефтепродукты и показан алгоритм соотношения розничных цен с данной оценкой. Описана возможность использования различных подходов к моделированию цен и показаны преимущества нейронной сети для построения модели поведения сети АЗС. Представлена базовая структура сети и необходимые данные для построения модели. Результаты обучения и тестирования сети свидетельствуют о работоспособности данного подхода в моделировании рынка нефтепродуктов Украины, а также о возможности построения полноценной модели не только отдельной сети, но и всего рынка.

**Ключевые слова:** рынок нефтепродуктов, розничные цены, нейронная сеть.

**Рис.:** 6. **Формул:** 3. **Библ.:** 11.

**Свиденко Андрей Владимирович** – аспірант, кафедра математического моделирования экономических систем, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (пр. Победы, 37, Киев, 03056, Украина)

**E-mail:** zulu\_jp4@ukr.net

UDC 338.516.54:519.246.85

### Svidenko A. V. Pricing at the Oil Products Market of Ukraine

Objectives of the article are description of the mechanisms for establishing retail prices at the oil products market of Ukraine and building a model of behavior for retail network of fuel filling stations. The current status of the Ukrainian oil market has been analyzed, the main factors of pricing as well as relationship between them have been described. Since this market is oligopolistic and non-transparent, it is important to have mechanisms for modeling the behavior of prices. The publication provides a mechanism for assessing the cost of retail prices for petroleum products and a retail price ratio algorithm together with the results of such assessment. The possibility to use different approaches to modeling of prices has been described, some advantages of a neural network as to building models of behavior for retail network of fuel filling stations have been displayed. The basic structure of network as well as the data required to build a model have been provided. The network training and testing results indicate efficiency of this approach in modeling the oil products market of Ukraine, as well as the possibility of building a thorough model not only for a separate network, but also for the market in general.

**Key words:** oil products market, retail prices, neural network.

**Pic.:** 6. **Formulae:** 3. **Bibl.:** 11.

**Svidenko Andrii V.** – Postgraduate Student, Department of Mathematical Modeling of Economic Systems, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute» (pr. Peremogy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine)

**E-mail:** zulu\_jp4@ukr.net

Одними з основних факторів, що детермінують поведінку цін на нафтопродукти, є ціни на нафту та обмінний курс [1]. Ці фактори дають уявлення про загальний тренд цін на ринку. Однак у роздрібному секторі поведінка цін веде себе по-різному. Достеменно відомо, що на ринку нафтопродуктів як України, так і інших країн присутня асиметрія цін. Існують різні теорії її виникнення: поведінка споживачів, кооперація роздрібних мереж та інші. Однак той факт, що ціноутворення на даному ринку не є прозорим, спричиняє необхідність формалізації процесів ціноутворення на даному ринку.

Структура ринку нафтопродуктів України змінюється до олігополістичної. Верхня оцінка індексу Херфіндаля – Хіршмана у 2012 р. сягала 2284, що свідчить про досить велику концентрацію ринку [1]. Однак струк-

тура роздрібних цін на даному ринку досить мінлива. Вона залежить від багатьох факторів: рівня податків, вартості сировини та спекулятивної складової. На рис. 1 показано порівняння структури роздрібною ціни на бензин А-95 Євро у 2013 та в 2015 рр. Як бачимо, через значне зростання обмінного курсу відбувається зростання податків, оскільки акциз на нафтопродукти зав'язаний на курс євро. Також закономірним є зростання частки вартості оптової ціни при імпорті нафтопродуктів. Усе це змушує мережі зменшувати власну маржу в ціні. Однак дана структура ціни досить спрощена і не розкриває прихованих механізмів ціноутворення.

Розрізняють чотири основні ринки нафтопродуктів залежно від обсягів реалізації: ринок великого опта, середнього опта, малого опта та роздрібний ринок. На кожному етапі до початкової ціни виробництва або ім-

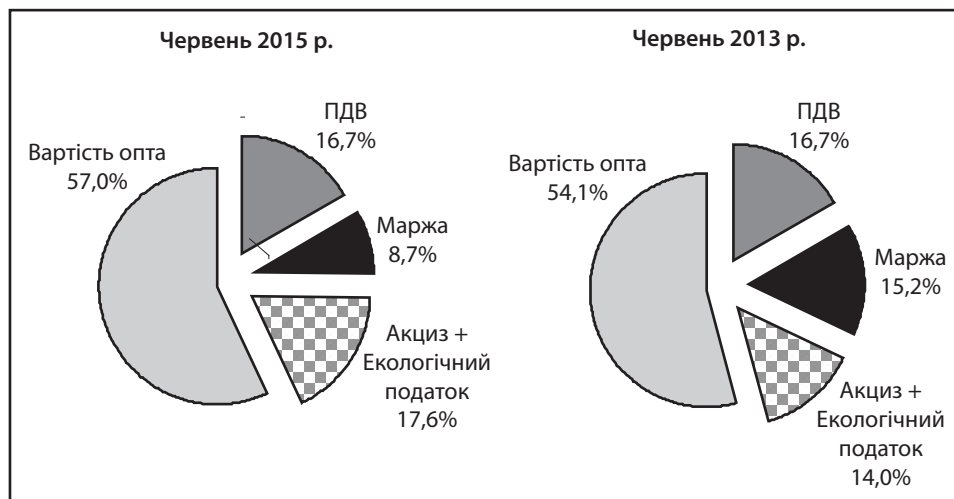


Рис. 1. Структура ціни на бензин марки А-95 у 2013 та 2015 рр.

порту нафтопродуктів додаються специфічні витрати: акцизний податок та екологічний збір на ринку великого опта, логістика до нафтобази на ринку середнього опта, перевалка та зберігання нафтопродуктів на ринку дрібного опта, логістика до АЗС і витрати АЗС на роздрібному ринку [2].

Переважну більшість нафтопродуктів Україна імпортує, тому на їх оптову ціну значною мірою впливає механізм ціноутворення в Європі. Основним індикатором цін на європейському ринку нафтопродуктів є агенція Platts, котирування якої беруться за основу при укладенні контрактів, а ціна на кордоні країни-імпортера буде визначатися за принципом Platts + Премія [2]. На ці котирування значною мірою впливають ціни на нафту, однак коефіцієнт кореляції оптових цін на кордоні України та котирувань на нафту марки Brent складає всього 0,8. Тому хоч котирування нафти і є першоджерелом для утворення оптових цін, однак через наявність складних механізмів перерозподілу ресурсів не лише в територіальному, а й в товарному просторі, використання їх як основи для розрахунку цін є недоцільним.

Враховуючи вищесказане, можемо записати механізм формування ціни на оптовому ринку України. Ціна великого опту формується таким чином:

$$FCA = \left( \frac{CPT \cdot MB^{doll} + Az \cdot NBU^{euro}}{+ ECO + TZ + Ls + Ms} \right) (1 + VAT), \quad (1)$$

де  $FCA$  – ціна на пальне на умовах FCA (франко-перевізник, Інкотермс-2010), грн/т;  $CPT$  – ціна на імпордне пальне на умовах поставки CPT (Фрахт/перевезення оплачені до, Інкотермс-2010) на кордоні України, дол./т;  $MB^{doll}$  – курс долара США на міжбанківській валютній біржі;  $NBU^{euro}$  – курс євро НБУ;  $Az$  – ставка акцизу на нафтопродукти, євро/т;  $TZ$  – витрати, пов'язані з митним оформленням вантажу та перевантаженням пального на кордоні;  $Ls$  – витрати за доставку пального до станції відвантаження, грн/т;  $Ms$  – надбавка трейдера та інші витрати, грн/т [3].

Слід зазначити, що ця формула виражає перерахунок цін для імпортного ресурсу. Однак за наявності пра-

цюючих нафтопереробних заводів може змінюватись. Оскільки завод вже відпускає товар на умовах FCA, то на місці CPT має стояти розрахунок собівартості продукції на заводі. Кількість учасників ринку сильно варіюється з часом та сягає декілька сотень у 2012 р. і суттєво зменшилась у 2013 – 2015 рр.

Роздрібна ціна розраховується з оптової таким чином:

$$P = \left( \left( \frac{FCA}{(1 + VAT) \cdot (1 - loss)} + \frac{Ro(T)}{1000} + Ms \right) \cdot \frac{1}{+ Ls + PRV + S} \right) (1 + VAT), \quad (2)$$

де  $P$  – роздрібна ціна, грн/л;  $FCA$  – ціна на пальне на умовах FCA, грн/т;  $Ls$  – витрати за доставку пального, грн/т;  $Ms$  – надбавка мережі та інші витрати, грн/т;  $loss$  – втрати під час доставки, переливу та зберігання;  $PRV$  – витрати на перевалку, грн/т;  $Ro(T)$  – густина пального за температури  $T$ , г/см<sup>3</sup>.

Як бачимо, роздрібна ціна залежить від обмінних курсів різного походження, ставок податків, логістики та температури навколишнього середовища. Велике значення має надбавка мережі, оскільки в ній прихована велика кількість операційних витрат як на функціонування самої мережі, так і ризикова складова. Тому даний параметр досить мінливий в часі та залежить від роздрібною мережі. За схожою, але дещо спрощеною схемою, формуються економічно обґрунтовані ціни експертно-аналітичної групи, що мають використовуватися роздрібними мережами як рекомендації з ціноутворення [2].

Дана формула справедлива для формування собівартості продукції на роздрібному ринку, однак, як відомо, ринок нафтопродуктів олігополістичний, а учасники ринку досить часто кооперуються, тому поведінка розрахованих цін та реальних роздрібних цін досить відрізняється. Достеменно відомо, що на ринку нафтопродуктів як України, так і інших країн присутня асиметрія цін, а основною причиною появи асиметрії на ринку нафтопродуктів є змова [4–7].

**Компенсація лага.** Затримка реакції роздрібних цін у 2010–2012 рр. складала в середньому 25 днів, однак у 2014–2015 рр. лаг між зміною оптових цін та реакцією роздрібних мереж зменшився до 7–5 днів. Це пояснюється зростанням волатильності обмінного курсу, що змушує роздрібні мережі раніше реагувати на збурення для забезпечення безперебійної поставки ресурсу на ринок.

Для оцінки лага зібрано дані по основних стрибках роздрібних цін та відповідних їм стрибках собівартості. Ця залежність має такий вигляд:

$$lag = \min(25, 16 \cdot (100 \cdot (P_t - P_{t-lag}))^{-0.37}), \quad (3)$$

де  $P$  – оптова ціна, грн/л;  $lag$  – значення лага в днях між оптовими та роздрібними цінами.

Дана залежність показує, через який час поточні зміни вплинуть на роздіб, однак для визначення значення собівартості, що відповідає поточним роздрібним цінам, необхідно використовувати такий алгоритм:

```

Вибрати дату t0 зі стабільною оптовою ціною
t = t0
lag[t] = 25
while t < t_cur
    визначити середній лаг на проміжку
    (t-lag[t-1])..t
    if lag[t] - lag[t-1] > 1
        lag[t] = lag[t-1] + 1
    t = t + 1
end

```

Порівняння поведінки роздрібних цін і сформованої собівартості з компенсацією лага можна побачити на *рис. 2*.

**Модель ціноутворення роздрібною мережі.** Для побудови моделі поведінки роздрібних мереж використовуються статистичні моделі, агентні моделі, нейронні мережі та інші [4–7]. Побудова статистичних моделей за таким набором вхідної інформації вимагає достатньої кількості спостережень, щоб забезпечити статистичну значущість коефіцієнтів моделі. Однак ситуація на ринку постійно змінюється, тому зібрати належну кількість

спостережень за період однорідного ринку досить важко. Агентні моделі базуються на правилах, які потрібно формалізувати та постійно переглядати залежно від ситуації на ринку. На противагу цьому нейронну мережу для підтримання в актуальному стані потрібно лише постійно тренувати на новій інформації про стан ринку.

У роботах [4, 8] наводиться приклад використання нейронних мереж для моделювання ринку нафтопродуктів як України, так і інших країн, де для побудови моделі використовувалися багатoshарові персептрони. Результати показують, що точність прогнозів нейронної мережі хоч і прийнятна, однак нижча від моделі, що базується на коінтеграції часових рядів.

Вхідними даними для моделі поведінки мережі є:

- ✦ динаміка власних цін
- ✦ динаміка цін конкурентних мереж
- ✦ оптові ціни на нафтопродукти
- ✦ оцінка собівартості нафтопродуктів на АЗС.

Собівартість продукції для кожної мережі визначається окремо та розраховується за формулами (1) та (2).

Усі цінові ряди є нестационарними, тому як вхідні дані використовуються щоденні прирости, а замість абсолютної собівартості нафтопродуктів використовується сукупна маржа для даної мережі. Поряд з цими параметрами суттєву роль в ціноутворенні відіграє поточне значення оптових цін. Оскільки лаг між оптовими і роздрібними цінами досить значний, то різниця між поточним рівнем оптових цін і цінами, закладеними в поточну собівартість, також важлива для прийняття рішення по зміні ціни. Вхідні дані для нейронної мережі зображені на *рис. 3*.

Мережа представляє собою багатoshаровий персептрон з 4-ма прихованими шарами та нейронами з різною функцією активації (*рис. 4*). Нейрони першого прихованого шару мають симетричну лінійну функцію активації. Оскільки прийняття рішення про зміну ціни базується не лише на абсолютних значеннях цін, а і на їх лінійних комбінаціях, то додавання шару з лінійною

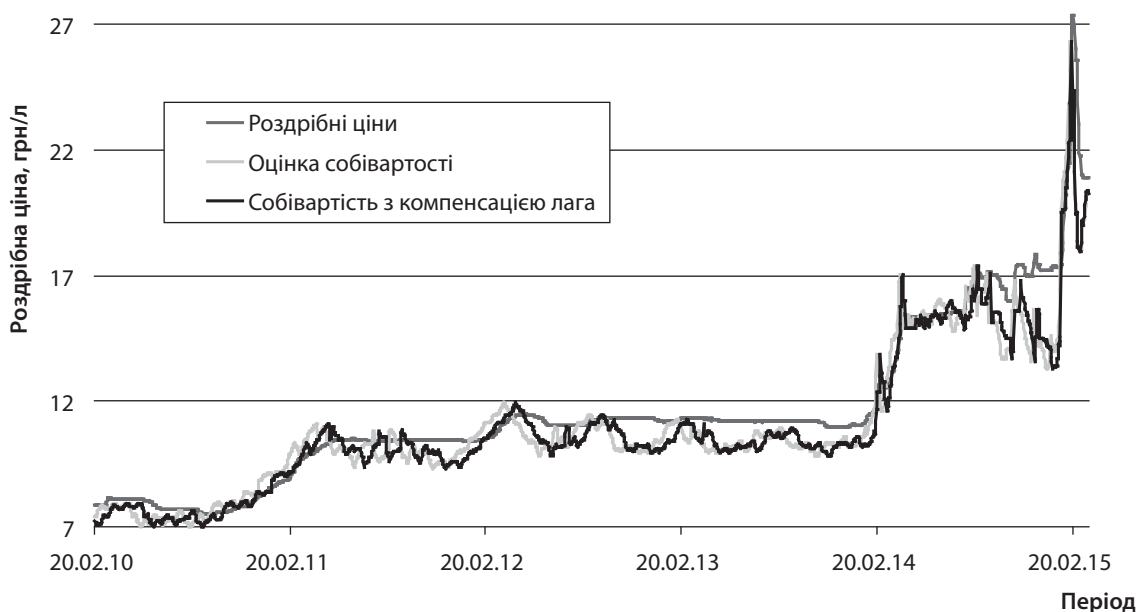


Рис. 2. Поведінка роздрібних цін на бензин А-95 та оцінка собівартості

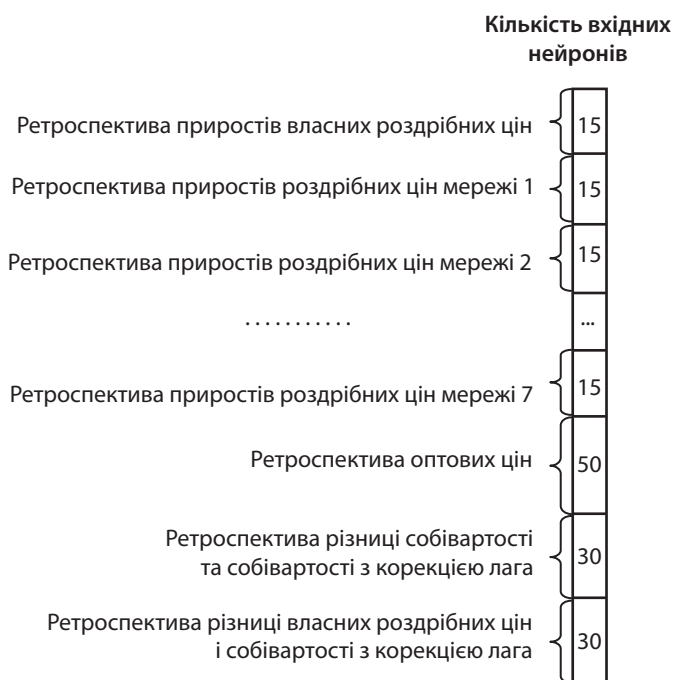


Рис. 3. Структура вхідних даних нейронної мережі

функцією активації в процесі навчання мережі сформує на виході даного шару необхідні параметри для прийняття рішення.

Шари 2, 3 та 4 представляють собою перцептрон із симетричною сигмоїдальною функцією активації. У кожен шар введено по одному нейрону з лінійною функцією активації як нейрона зміщення. Вхід кожного лінійного нейрона зв'язаний лише з виходом такого ж лінійного нейрона попереднього шару. Таким чином, зміщення цілого шару залежить від вхідних даних. Це забезпечує більшу активність нейронів при значних відхиленнях вхідних даних.

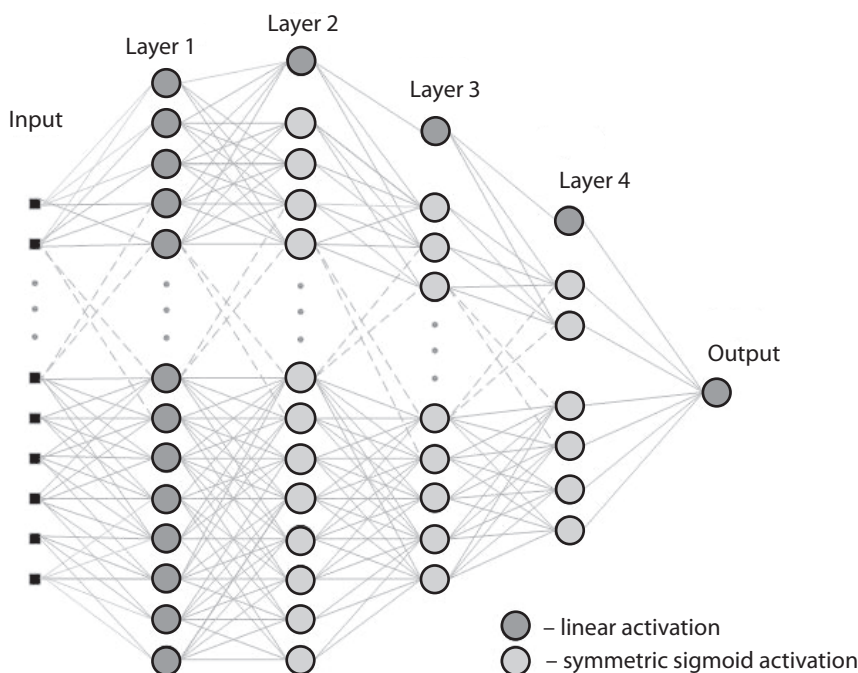


Рис. 4. Структура нейронної мережі

Вхідний шар нейронної мережі представлений одним нейроном з лінійною функцією активації, що забезпечує на виході значення приросту ціни для даної мережі на наступний період прийняття рішення.

Тестування мережі проводилось на даних Київської області. Для оцінки вибрана мережа WOG. Оскільки функції активації всіх нейронів диференційовані, навчання проводилося за допомогою пакетного алгоритму зворотного поширення помилки. Побудова мережі та її навчання проводилося на власному програмному забезпеченні, написаному на мові C++. Основою для функціонування нейронної мережі складала бібліотека FANN.

Результати даного дослідження базуються на даних НТЦ «Псіхея» [9], а саме: щоденні ціни на бензин А-95 за 2010–2012 рр. Цей період характеризується стабільною поведінкою ринку. Як курс купівлі долара використані дані котировань Міжбанківської валютної біржі [10], а як курс євро для розрахунку податків використані дані НБУ [11].

Навчання нейронної мережі проводилося на щоденних даних із січня 2010 р. по червень 2012 р., а перевірка – з червня по грудень 2012 р. Загальна кількість наборів даних для навчання складала 730 шт., а тестування проводилося на 250 точках.

На рис. 5 показано динаміку середньої сукупної похибки навчання мережі по епохах. Оскільки використовувався пакетний алгоритм тренування, то модифікація зв'язків між нейронами здійснювалася лише раз на епоху. Як бачимо, сукупна похибка суттєво знижується лише на перших 700 епохах. Процес навчання тривав близько 8 годин на процесорі Intel Core 2 Duo.



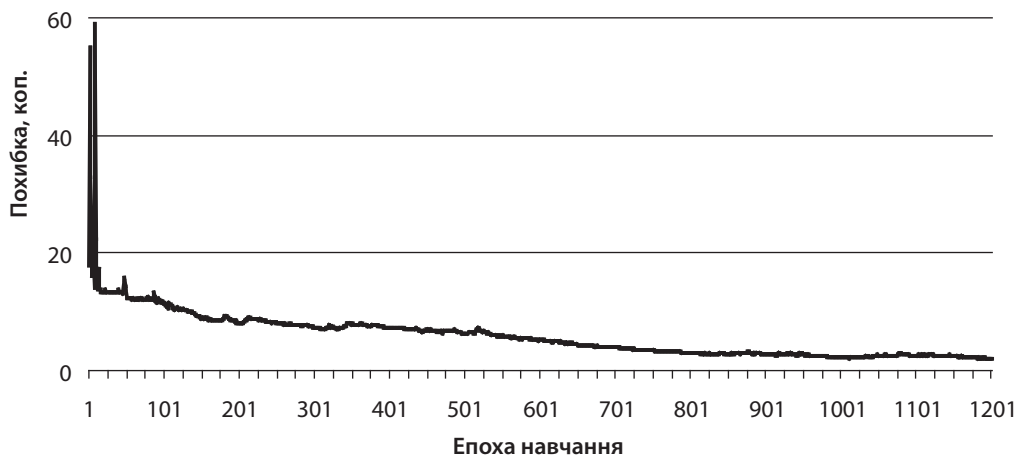


Рис. 5. Динаміка похибки при навчанні нейронної мережі

Результат роботи мережі можна бачити на рис. 6. Середня похибка по періоду навчання складає 2,1 коп., а на тестових даних – 5,4 коп. Максимальна похибка в обох випадках складає близько 10 коп.

Поведінка моделі в цілому відповідає поведінці реальної мережі, однак у деяких випадках впливає невідповідність часу реалізації стрибка. Так, і на тестових даних, і на даних для навчання спостерігаються періоди з передчасною як реакцією на зміну цін, так і з її запізненням, однак лаг складає не більше 1-2 дні.

Як бачимо, рівні цін на тестових даних відповідають реальним даним, однак у періоді переходу спостерігаємо відмінність поведінки моделі (дні 790–800). Можливою причиною є те, що на ринку в даний період діяли незначні адміністративні фактори регулювання: плаваюча ставка акцизного податку. І хоча саме в цей період вона не діяла, однак деякі очікування з приводу феоуду цього механізму могли змінити поведінку мережі. Ще одна значне відхилення спостерігається на проміжку 900–950 дні. Загалом в цей період спостерілося зростання оптових цін, і велика кількість мереж також робила відповідні корективи, однак у даному випадку мережа WOG тримала ціни на одному рівні.

Ретроспективний досвід мережі не в змозі повною мірою моделювати поведінку на довгих проміжках часу.

Для уникнення даних проблем слід проводити навчання мережі регулярно, для закріплення нової поведінки. Слід також зазначити, що стан ринку досить мінливий, і склад гравців на ньому може змінюватися. Для вирішення цієї проблеми можливим виходом є моніторинг стану ринку та побудова нової мережі, з різним набором конкурентів.

#### ВИСНОВКИ

У даній статті описано механізм утворення роздрібних цін на ринку нафтопродуктів України. Оскільки ринок є олігополістичним, то механізми формування ціни досить сильно відрізняються від дійсно ринкових. Це призводить до того, що моделювання поведінки окремих мереж статистичними методами не дає прийнятних результатів. Використання нейронних мереж дає деяку перевагу. Для побудови моделі використовувалась мережа типу багат шаровий перцептрон з дещо зміненою топологією. Результати показують, що така мережа здатна з достатньою точністю моделювати поведінку ціни на нафтопродукти окремої мережі. Однак для побудови повноцінної моделі ринку необхідно провести додаткові дослідження по оцінці фактора поведінки споживачів на процес ціноутворення. ■

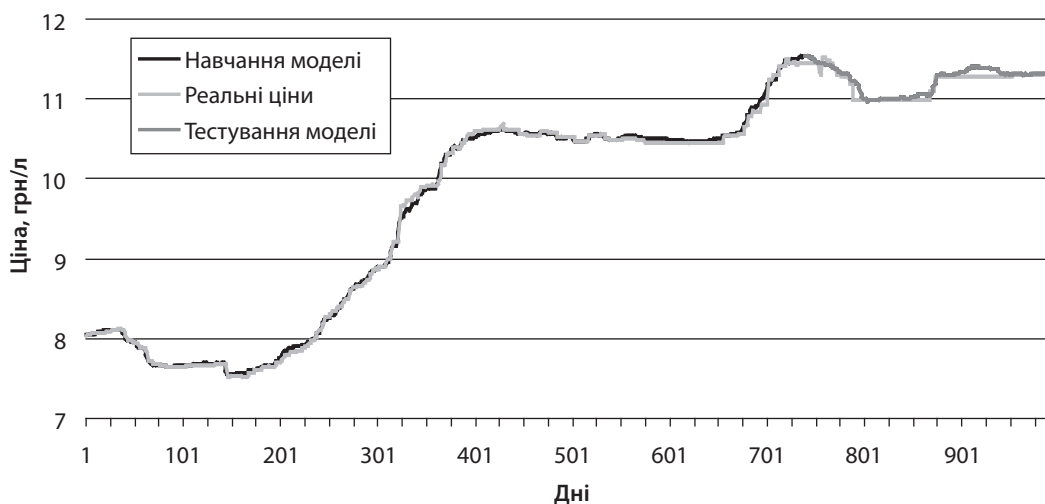


Рис. 6. Динаміка похибки при навчанні нейронної мережі

## ЛІТЕРАТУРА

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. **Рябцев Г. Л.** Державна політика розвитку ринку нафтопродуктів в Україні: формування та реалізація : монографія / Г. Л. Рябцев. – К. : НАДУ, 2011. – 416 с.
3. **Свиденко А. В.** Прогнозування роздрібних цін на нафтопродукти в умовах курсових коливань / А. В. Свиденко // *Вісник Одеського національного університету*. – 2015. – Том 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. **Galchynsky, L.** The Agent-Based Model of Regulation of Retail Prices on the Market of Petroleum Products / L. Galchynsky, A. Svydenko, I. Veremenko // *Polish Journal of Management Studies*. – 2011. – С. 136–146.
6. **Bacon, R.** Rockets and Feathers: the Asymmetric Speed of Adjustment of UK Retail Gasoline Prices to Cost Changes / Robert W. Bacon // *Energy Economics*. – 1991. – Vol. 13. – Pp. 211–218.
7. **Borenstein, S.** Prices Respond Asymmetrically To Crude Oil Price Changes? / S. Borenstein, A. Cameron, R. Gilbert // *National Bureau of Economic Research*. – 1992, Working Paper. – No. 4138.
8. **Heppenstall, A. J.** A Hybrid Multi-Agent/Spatial Interaction Model System for Petrol Price Setting / A. J. Heppenstall, A. J. Evans, M. H. Birkin // *Multi-Agent Systems and Applications*. – 2005. – P. 551–554.
9. Терминал / Обозрение нефтяного рынка Украины / НТЦ «Психея» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://oilreview.kiev.ua/> (Дата доступа: 01.04.2015).
10. Межбанковская валютная биржа / Межбанк Онлайн – Межбанковский валютный рынок Украины в реальном времени, курс валют [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mezhsbank.org.ua/> (Дата доступа: 15.03.2015)
11. Національний Банк України / Національний банк України, офіційне інтернет-представництво [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.bank.gov.ua/control/uk/curmetal/currency/search/form/day> (Дата доступу: 15.03.2015).

**Науковий керівник – Гальчинський Л. Ю.**, кандидат технічних наук, доцент кафедри математичного моделювання економічних систем НТУУ «Київський політехнічний інститут»

## REFERENCES

- Bacon, R. "The Asymmetric Speed of Adjustment of UK Retail Gasoline Prices to Cost Changes". *Energy Economics*, vol. 13 (1991): 211-218.
- Borenstein, S., Cameron, A., and Gilbert, R. "Prices Respond Asymmetrically To Crude Oil Price Changes?". *National Bureau of Economic Research. Working Paper*, no. 4138 (1992).
- Galchynsky, L., Svydenko, A., and Veremenko, I. "The Agent-Based Model of Regulation of Retail Prices on the Market of Petroleum Products". *Journal of Management Studies* (2011): 136-146.
- Halchynskyi, L. Yu., and Veremenko, I. A. "Faktornyi analiz formuvannia tsin na svitovomu rynku nafty" [Factor analysis of price formation on the world oil market]. *Ekonomichniy visnyk*, no. 6 (2009): 421-42.
- Heppenstall, A. J., Evans, A. J., and Birkin, M. H. "A Hybrid Multi-Agent". In *Multi-Agent Systems and Applications*, 551-554, 2005.
- "Mezhsbank Onlayn – Mezhsbankovskiy valiutnyy rynek Ukrainy v realnom vremeni, kurs valiut" [Interbank Online – The interbank currency market of Ukraine in the real-time exchange rates]. *Mezhsbankovskaia valiutnaia birzha*. <http://mezhsbank.org.ua/>

"Natsionalnyi Bank Ukrainy" [National Bank of Ukraine]. *Natsionalnyi bank Ukrainy : ofitsiine internet-predstavnytstvo*. <http://www.bank.gov.ua/control/uk/curmetal/currency/search/form/day>

"Obozrenie neftianogo rynku Ukrainy NTTs «Psikheia»" [Review of the oil market of Ukraine SEC "Psyche"]. *Terminal : neftianoe obozrenie*. <http://oilreview.kiev.ua/>

Riabtsev, H. L. *Derzhavna polityka rozvytku rynku nafto-produktiv v Ukraini: formuvannia ta realizatsiia* [The state policy of the oil market in Ukraine: formation and realization]. Kyiv: NADU, 2011.

Svydenko, A. V. "Prohnozuvannia rozdrubnykh tsin na nafto-produkty v umovakh kursovykh kolyvan" [Prediction of retail prices of petroleum products in terms of exchange rate fluctuations]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu*, vol. 20, no. 2/1 (2015): 195-197.

Veremenko, I. A., and Halchynskyi, L. Yu. "Modeliuvannia dynamiky rozdrubnykh tsin na rynku naftoproduktiv Ukrainy" [Modeling of retail prices of petroleum products market of Ukraine]. *Biznes Inform*, no. 1 (2010): 20-2.