

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА  
«ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»

**СВИДЕНКО АНДРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

УДК 338.516.54:519.246.85

**МОДЕЛЮВАННЯ ЦІНОУТВОРЕННЯ НА  
РОЗДРІБНОМУ РИНКУ НАФТОПРОДУКТІВ УКРАЇНИ**

08.00.11 – математичні методи, моделі та  
інформаційні технології в економіці

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата економічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України.

**Науковий керівник**

кандидат технічних наук, доцент

**Гальчинський Леонід Юрійович,**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського» МОН України,  
доцент кафедри математичного моделювання  
економічних систем.

**Офіційні опоненти:**

доктор економічних наук, професор

**Вітлінський Вальдемар Володимирович,**

ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана» МОН України,  
завідувач кафедри економіко-математичного  
моделювання;

кандидат економічних наук, старший дослідник

**Трипольська Галина Сергіївна,**

Державна установа «Інститут економіки та  
прогнозування НАН України»,  
старший науковий співробітник сектору  
прогнозування розвитку паливно-енергетичного  
комплексу відділу секторальних прогнозів та  
кон'юнктури ринків.

Захист відбудеться 28 листопада 2018 р. о 14.30 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.239.02 Державної установи «Інститут економіки та прогнозування НАН України» за адресою: 01011, м. Київ, вул. Панаса Мирного, 26, зала засідань вченої ради.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державної установи «Інститут економіки та прогнозування НАН України» за адресою: 01011, м. Київ, вул. Панаса Мирного, 26.

Автореферат розіслано 27 жовтня 2018 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
доктор економічних наук, професор

Н.М. Шелудько

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми дослідження.** Ринок нафтопродуктів України чутливий до коливань цін на європейському оптовому ринку і світовому ринку нафти, оскільки істотною мірою залежить від імпорту. Водночас функціонування вітчизняного ринку нафтопродуктів демонструє непрозорість механізму формування роздрібних цін на них, яка зумовлена значним тіньовим сегментом, частими маніпуляціями операторів ринку з цінами. Зокрема, в момент різкого підвищення цін на оптовому ринку ціни на роздрібному ринку зростають, тоді як поступове зниження оптових цін не тягне за собою відповідного зменшення роздрібних цін.

Така ситуація потребує пильної уваги до ринку під час цінових стрибків, адже саме в ці моменти поведінка роздрібних цін нерідко відрізняється від сукупного ефекту основних ціноутворюючих факторів. Оскільки ситуація на ринку нафтопродуктів впливає практично на всі галузі національної економіки, то завищені ціни стають фактором, який досить істотно стримує темпи економічного зростання України.

Ключовими завданнями держави є формування системного підходу до оцінки стану роздрібного ринку нафтопродуктів, визначення впливу на нього різних дестабілізуючих факторів і використання регулюючих інструментів для забезпечення його ефективного функціонування. Своєчасний та повний моніторинг стану цього ринку можна забезпечити за рахунок як набору економічних моделей, що оцінювали б ефективність його функціонування, так і впровадження інформаційних технологій для опрацювання та аналізу відповідних даних.

Теоретико-прикладні аспекти організації та функціонування ринку нафтопродуктів розглядаються у працях таких вітчизняних авторів, як Г.Г. Бурлака, І.А. Веремєнко, Л.Ю. Гальчинський, Р.З. Подолець, Г.Л. Рябцев, С.В. Сапегін, Г.С. Трипольська, І.К. Чукаєва та інші. Серед зарубіжних дослідників функціонування ринку нафтопродуктів були такі науковці, як Т. Тайсберг, С. Шато, А. Креті, Б. Вілленюв, С. Діес, П. Караделоу, Р. Кауфман та інші. Теоретичним і прикладним аспектам моделювання цього ринку приділяли увагу Р. Бейкон, С. Боренштейн, Дж. Вільямс, Дж. Гастінгс, Р. Гілберт, А. Камерон, М. Люїс, Б. Райт, Т. Тапата, Е. Хеппенсталь та інші. Моделювання часових рядів та застосування машинного навчання в економіці досліджували В.В. Вітлінський, А.В. Матвійчук, С. Йохансен та інші.

Грунтовний аналіз досліджень згаданих вчених та робіт інших авторів виявив ряд невирішених завдань з аналізу стану, оцінки функціонування і прогнозування поведінки економічних агентів на роздрібному ринку нафтопродуктів. Незважаючи на наявність досліджень з питань ціноутворення на роздрібному ринку нафтопродуктів, недостатньо вирішеними залишаються завдання, пов'язані з обґрунтуванням та оцінюванням його ефективності, а також визначенням засобів її підвищення.

Необхідність розв'язання окреслених проблем та питань зумовила вибір об'єкта дослідження, теми дисертації, її мети і завдань.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі математичного моделювання економічних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського в межах теми «Моделювання структурно-функціональних зв'язків в умовах трансформаційної економіки» (номер держреєстрації 0113U001984), де автором висвітлено основні механізми ціноутворення на ринку нафтопродуктів України та запропоновано математичні моделі ціноутворення, які дозволяють описувати асиметрію цін на цьому ринку.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка методологічних положень і практичних рекомендацій щодо визначення шляхів удосконалення інструментарію державного регулювання ціноутворення на роздрібному ринку нафтопродуктів України на засадах економіко-математичних і мультиагентних моделей прогнозування цін на нафтопродукти в умовах їх значної волатильності.

Досягнення поставленої мети передбачало формулювання і розв'язання таких завдань:

- розкрити особливості функціонування ринку нафтопродуктів України, уточнити перелік базових факторів, які впливають на розвиток вітчизняного ринку нафтопродуктів;
- дослідити існуючий інструментарій моделювання динаміки цін на ринку нафтопродуктів в умовах значної волатильності ціноутворюючих факторів;
- розробити модель прогнозування роздрібних цін на нафтопродукти;
- удосконалити мультиагентну модель роздрібного ринку нафтопродуктів і перевірити адекватність гіпотез виникнення асиметрії цін за допомогою комп'ютерного моделювання;
- провести аналіз інструментів державного регулювання ринку в контексті необхідності зниження втрат споживачів;
- удосконалити концепцію інформаційної системи ринку нафтопродуктів України для підтримки прийняття рішень щодо його державного регулювання.

*Об'єкт дослідження* – процес ціноутворення на ринку нафтопродуктів України.

*Предмет дослідження* – теоретико-методичні підходи і прикладний інструментарій математичного моделювання ціноутворення на роздрібному ринку нафтопродуктів.

*Методи дослідження.* Теоретичною та методологічною базою дисертаційної роботи є системний аналіз, що ґрунтується на положеннях економічної теорії та кількісних методах моделювання процесів в економічних системах. Для попереднього опрацювання даних і формалізації початкової задачі застосовувалися статистичні методи, проаналізовано взаємозв'язки між елементами системи і розраховано узагальнюючі статистичні показники часових рядів. Для побудови прогнозу роздрібною ціни на бензин використовувалися методи моделювання динамічних часових рядів та елементи машинного навчання. Для побудови сценаріїв поведінки учасників ринку застосовано агентний підхід. Дослідження виконано з використанням власних

програмних пакетів, написаних мовами Python, Ruby, R і C++, а також бібліотек FANN, BLAS, BOOST, GSL, KERAS, THEANO, SCI-LEARN та ін.

*Інформаційну базу* дослідження склали законодавчі акти Верховної Ради України, постанови Кабінету Міністрів України, нормативно-правові та звітні документи Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, Міністерства фінансів України, Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг, інформаційно-аналітичні матеріали спеціалізованих агентств та аналітичних центрів (НТЦ «Псіхея», агентств Platts і Argus), офіційні дані Державної служби статистики України, Національного банку України, інформаційно-аналітичні матеріали Світового банку, Міжнародного енергетичного агентства, Світової організації торгівлі, Міжнародного валютного фонду, директиви та регламенти ЄС та Енергетичного Співтовариства, статистичні дані Eurostat, праці українських та іноземних авторів, а також повідомлення основних інформаційних агентств України за 2014 – 2016 рр., розміщені в мережі Інтернет.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у розробці та обґрунтуванні теоретико-методичних підходів до формалізації комплексу моделей з оцінювання загроз дестабілізації цін на ринку нафтопродуктів та удосконаленні методологічних підходів до моделювання ціноутворення на цьому ринку.

Найбільш вагомими науковими результатами, які характеризують новизну і особистий вклад здобувача, полягають у тому, що:

*уперше:*

- ✓ обґрунтовано і розроблено комплекс економіко-математичних моделей процесів ціноутворення на роздрібному ринку нафтопродуктів, побудований на принципах машинного навчання з використанням короткострокового прогнозування роздрібних цін, завдяки чому досягається рання ідентифікація загроз цінової дестабілізації ринку нафтопродуктів;

*удосконалено:*

- ✓ мультиагентну модель ціноутворення на роздрібному ринку нафтопродуктів (зокрема, розширено шаблони поведінки споживачів і роздрібних мереж), що дозволило обґрунтувати можливість формування асиметрії роздрібних цін за рахунок як кооперації агентів, так і нерівномірності споживчого пошуку;

- ✓ методичний підхід до моделювання цін на ринку нафтопродуктів на основі моделі коригування помилок, що полягає у використанні потенціального вкладу кожного фактора ціноутворення у зміну роздрібною ціни;

- ✓ методичний підхід до моніторингу стану ринку нафтопродуктів України за рахунок поєднання мультиагентної моделі ринку нафтопродуктів і системи ідентифікації загроз, а також створення на їх основі відповідної інформаційної системи, завдяки чому забезпечується можливість поточного автоматизованого аналізу стану ринку для своєчасного реагування на негативні ситуації;

*набули подальшого розвитку:*

✓ підхід до оцінки лагів роздрібних цін відносно оптових цін для коінтеграційної моделі прогнозування роздрібних цін, який, на відміну від попередніх, оперує поняттям «поточний лаг цін», і базується на концепції ітеративної корекції лага в умовах значної волатильності, що дозволило коректніше оцінювати закупівельну ціну, яка закладається в поточну роздрібну ціну;

✓ підхід до побудови алгоритму поведінки агентів у рамках мультиагентної моделі ринку нафтопродуктів, який базується на використанні внутрішніх станів агента  $i$ , на відміну від підходу з використанням правил, дозволяє реалізувати складнішу поведінку.

**Практичне значення одержаних результатів.** Модельний інструментарій та розроблена на його основі інформаційна система можуть бути застосовані для прийняття рішень стосовно зниження асиметрії цін та забезпечення ефективності функціонування ринку нафтопродуктів.

Наукові розробки автора використано Науково-технічним центром «Псіхея» для прогнозування роздрібних цін та моніторингу стану ринку нафтопродуктів України (довідка № 90 від 31.07.2017 р.).

**Особистий вклад здобувача.** Дисертація є самостійною завершеною науковою роботою. Наукові результати і висновки отримано автором самостійно. Його вклад у працях, підготовлених у співавторстві, наведено у списку публікацій.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на 13 науково-практичних конференціях: IV Міжнародній науково-практичній конференції «Моделювання та прогнозування економічних процесів» (м. Київ, 2010); VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці і освіті» (м. Черкаси, 2011); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та моделювання в економіці» (м. Черкаси, 2013); VII Міжнародній науково-практичній конференції «Моделювання та прогнозування економічних процесів» (м. Київ, 2013); V Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем» (м. Харків, 2013); I Міжнародній науково-методичній конференції «Проблеми економічної кібернетики» (м. Алушта, 2013); V Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та моделювання в економіці» (м. Черкаси, 2014); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Моніторинг, моделювання та менеджмент емерджентної економіки» (м. Черкаси, 2014); XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Науково-технічний розвиток: економіка, технології, управління» (м. Київ, 2014); VII Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації» (м. Кам'янець-Подільський, 2016); I Національній науково-методичній конференції «Економіко-математичне моделювання» (м. Київ, 2016);

19th International Conference on Enterprise Information Systems (м. Порто, Португалія, 2017); 15th International Conference on Data Envelopment Analysis (м. Прага, 2017).

**Публікації.** За результатами дослідження опубліковано 21 наукову працю (загальним обсягом 4,4 д. а., з яких авторові належить 3,0 д. а.), серед яких 7 наукових статей, у тому числі 2 – у зарубіжних виданнях та у співавторстві і 5 – у наукових фахових виданнях України, з яких 1 у співавторстві.

**Обсяг і структура роботи.** Дисертація складається із анотації, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і трьох додатків. Роботу викладено на 220 стор. загального тексту (в тому числі основний зміст – на 174 стор.). Вона включає 45 рисунків і 22 таблиці. Список використаних джерел містить 157 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У першому розділі – «**Теоретико-методологічні засади моделювання роздрібного ціноутворення на ринку нафтопродуктів**» – проведено комплексний аналіз взаємодії між ринками нафти та нафтопродуктів. Сформульовано поняття «цінова ефективність ринку» і наведено взаємозв'язок ефективності ринкових механізмів із завданнями державного регулювання. Визначено концептуальні положення оцінки цінової ефективності ринку нафтопродуктів.

Справедливий перерозподіл ресурсів характеризується рівновагою за Нешем, яка для ринку в умовах вільної конкуренції досягається в точці рівноваги попиту і пропозиції. Втім, за наявності олігополістичної конкуренції, частих зловживань ринковою владою (зокрема, характерних для ринку нафтопродуктів України), такий стан ринку є далеким від дійсності.

Отже, одним з показників ефективного ринкового середовища є оптимальний, з точки зору суспільства, розподіл ресурсів між споживачами і роздрібними мережами. Однак ефективність ринку в цілому – комплексна проблема, яка загалом не вирішена для товарних ринків.

Детальне вивчення поведінки цін на ринку нафтопродуктів України та її порівняння з даними про поведінку цін на відповідних ринках інших європейських країн (наприклад, Іспанії та Польщі) показало їх схожість. Наявність асиметрії цін і, як наслідок, завищення цін на ринку призводять до нерівномірного перерозподілу ресурсів між покупцями та продавцями.

З огляду на тенденцію до укрупнення ринку нафтопродуктів України, спостерігаються зміщення в перерозподілі ресурсів, які, у свою чергу, спричиняють втрати споживачів – об'єктивно не обумовлені надлишкові витрати коштів зі сторони споживачів на купівлю пального. Такі втрати формуються за рахунок недосконалості ринкових механізмів. Одним з проявів такої недосконалості є асиметрія цін, яка полягає в тому, що роздрібні ціни швидко зростають у відповідь на досить різку зміну зовнішнього фактора і повільніше знижуються після зникнення причини дестабілізації.

Згідно з теорією економіки добробуту, для досягнення максимуму ефективності ринкова ціна повинна наближатися до граничних витрат. Але в умовах олігополістичного ринку реальна ціна (точка  $A$  на рис. 1) є вищою від оптимальної ціни, яка відповідає рівню граничних витрат.

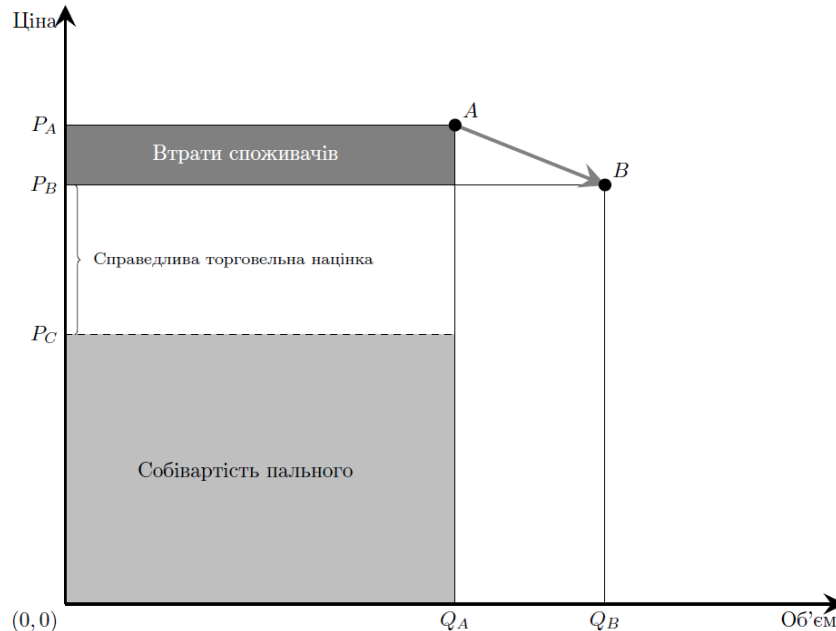


Рис. 1. Схематичне подання формування втрат споживачів (точка  $A$  – стан ринку в умовах олігополії;

точка  $B$  – стан ринку в умовах державного регулювання;  $P_A$  і  $P_B$  – ціни за відповідного стану ринку;  $Q_A$  і  $Q_B$  – об'єми споживання за відповідного стану ринку;  $P_C$  – ціна закупівлі)

Джерело: складено автором.

Використовуючи механізми державного регулювання можна зменшити втрати споживачів, наближаючи ринкові ціни до рівня граничних витрат. Оскільки оцінка граничних витрат потребує дослідження ситуації по кожній з компаній, то було використано підхід «справедливої націнки» – граничної величини націнки роздрібних мереж, яка забезпечує їх діяльність з мінімальним достатнім прибутком. Отже, ціна із «справедливою націнкою» (точка  $B$  на рис. 1) є наближенням до оптимальної ринкової ціни, а решта – втрати споживачів (показник  $Q_A \cdot (P_A - P_B)$ ).

Використавши втрати споживачів як критерій, сформульовано поняття «цінова ефективність ринку», що описує здатність ринку до встановлення в короткостроковому періоді оптимальної ціни на певний товар з точки зору перерозподілу ресурсів між учасниками ринку.

В контексті необхідності удосконалення державного регулювання ринку нафтопродуктів проаналізовано сучасні підходи до моделювання ціноутворення на роздрібному ринку та визначено необхідний інструментарій для подальшого дослідження.

У другому розділі – «**Моделі прогнозування роздрібних цін і розпізнавання загроз дестабілізації цін на ринку нафтопродуктів**» – на



основі проведеного аналізу втрат споживачів і розгляду різних концептуальних підходів до моделювання поведінки учасників ринку запропоновано модель короткострокового прогнозування роздрібних цін на нафтопродукти та формування системи ідентифікації загроз ринку.

Ретроспективний аналіз втрат споживачів роздрібного ринку нафтопродуктів України, поданий на рис. 2 (за даними 2013 – 2017 рр.), показав, що для київського регіону (м. Київ та Київська обл.) середньомісячні втрати споживачів складають близько 20 млн грн. Тим часом для України в цілому втрати споживачів сягають близько 500 млн грн на рік.

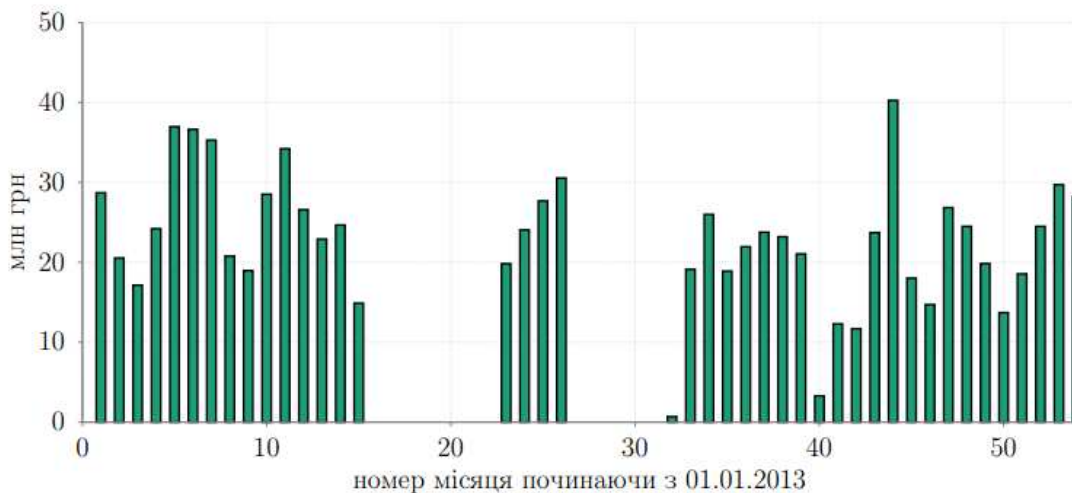


Рис. 2. Динаміка потенціальних втрат споживачів київського регіону за результатами розрахунків 2013 – 2017 рр. (помісячно)

Джерело: розраховано автором.

Це свідчить про втрачені державою можливості зниження втрат споживачів, які вона постфактум намагається компенсувати адміністративними методами. Проте штрафи, накладені на суб'єктів ринку, якщо і виплачуються, то ведуть до збільшення цін у майбутньому.

Для кращого розуміння причин погіршення ситуації та значних втрат споживачів проведено порівняльний аналіз на ринках нафтопродуктів інших країн з використанням методу аналізу середовища функціонування<sup>1</sup> (АСФ, англ. *DEA* – Data Envelope Analysis), що є непараметричною процедурою аналізу границь входів і виходів.

Повний перелік входів *DMU* має такий вигляд:

- значення індексу Херфіндаля–Хіршмана для роздрібного ринку;
- роздрібна ціна без податків;

<sup>1</sup> АСФ використовується для емпіричного вимірювання продуктивної ефективності одиниць прийняття рішень (*DMU* – Decision Making Unit). Розрахунок базується на методах лінійного програмування. АСФ дозволяє оцінити ефективність використання ресурсів (входів певного об'єкта) порівняно з відповідними виходами. Ця ефективність дорівнює 1 лише тоді, коли відсутні докази неефективності.

– частка ВВП на душу населення, яка припадає на 1 євро продукції, реалізованої через роздрібні мережі.

Аналіз показав, що ринок нафтопродуктів України особливо не вирізняється серед таких ринків інших країн. Це свідчить про відсутність значних особливостей у структурі вітчизняного ринку нафтопродуктів, які б виокремлювали його серед інших країн, а отже, можна використовувати аналоги зарубіжних практик удосконалення ринкової кон'юнктури та зменшення втрат споживачів.

Одним із завдань, яке постає і перед учасниками ринку, і перед державою, є прогнозування стану ринку для прийняття обґрунтованих рішень. Існуючі коінтеграційні моделі показали свою дієвість у прогнозуванні роздрібних цін на нафтопродукти. Але моделі не враховують значних курсових коливань в умовах нестабільності економіки, коли вплив кожного ціноутворюючого фактора на роздрібні ціни змінюється в часі. Для компенсації цього недоліку слід враховувати основні етапи формування роздрібною ціни, а не тільки ціноутворюючі фактори.

Структурно формування роздрібною ціни можна описати такою спрощеною математичною моделлю:

$$P_t = \left( \left( \frac{FCA_{t-lag}}{(1+VAT) \cdot (1-loss)} + Ls + PRV + S \right) \frac{Ro(T)}{1000} + Ms \right) (1+VAT), \quad (1a)$$

$$FCA_t = (CPT_t \cdot MB_t^{doll} + Az \cdot NBU_t^{euro} + ECO + TZ + Ls + Ms) (1+VAT), \quad (1б)$$

де  $P_t$  – роздрібна ціна, грн/л;  $FCA_t$  – ціна на пальне на умовах FCA («франко-перевізник», Інкотермс-2010), грн/т;  $CPT_t$  – ціна на імпортне пальне на умовах поставки СРТ («фрахт/перевезення оплачені до ...», Інкотермс-2010) на кордоні України, грн/дол.;  $MB_t^{doll}$  – курс долара США;  $NBU_t^{euro}$  – курс євро НБУ;  $t$  – час;  $lag$  – лаг між оптовими і роздрібними цінами;  $Az$  – ставка акцизу на нафтопродукти, євро/т;  $ECO$  – ставка екологічного податку, грн/т;  $TZ$  – витрати, пов'язані з митним оформленням вантажу та перевантаженням пального на кордоні України, грн/т;  $Ls$  – витрати за доставку пального до станції відвантаження, грн/т;  $Ms$  – надбавка мережі та інші витрати, грн/т;  $loss$  – частка втрат під час доставки, переливання та зберігання;  $PRV$  – витрати на перевалку, грн/т;  $Ro(T)$  – густина пального за температури  $T$ , г/см<sup>3</sup>;  $VAT$  – ставка податку на додану вартість (ПДВ), поділена на 100%.

Запропонована вдосконалена коінтеграційна модель роздрібних цін враховує структуру формування роздрібною ціни. Використовуючи замість перших різниць ціноутворюючих факторів перші різниці впливу кожного з факторів на роздрібну ціну матимемо такий вигляд моделі:

$$\Delta A95_t = \sum_{i=1}^2 \left( \alpha^- \Delta A95_{t-i}^{neg} + \alpha^+ \Delta A95_{t-i}^{pos} \right) + \sum_{i=1}^3 \left( \beta^- \overline{CPT}_{t-i}^{neg} + \beta^+ \overline{CPT}_{t-i}^{pos} \right) + \sum_{i=1}^2 \left( \gamma^- \overline{USD}_{t-i}^{neg} + \gamma^+ \overline{USD}_{t-i}^{pos} \right) + \delta^+ ECT_t^{pos} + \delta^- ECT_t^{neg} + \varepsilon \quad (2)$$

де:  $\overline{CPT}_t = f_r(CPT_t, USD_{t-1}) - f_r(CPT_{t-1}, USD_{t-1})$  – потенціальний вплив зміни  $CPT_t$  на роздрібну ціну;  $\overline{USD}_t = f_r(CPT_{t-1}, USD_t) - f_r(CPT_{t-1}, USD_{t-1})$  – потенціальний вплив зміни  $USD_t$  на роздрібну ціну;  $f_r$  – функція наближеного розрахунку роздрібною ціни відповідно до спрощеної математичної моделі;  $CPT_t$  – ціна на імпортне пальне на умовах поставки CPT;  $USD_t$  – курс долара США;  $\Delta A95_t$  – приріст роздрібною ціни;  $ECT_t$  – параметр, що коригує залишки відповідно до довготривалої залежності між рядами;  $\varepsilon$  – стаціонарний процес залишків;  $t$  – час;  $\alpha^+, \alpha^-, \beta^+, \beta^-, \gamma^+, \gamma^-$  та  $\delta^+, \delta^-$  – коефіцієнти при відповідних змінних. Позначки *neg* та *pos* вказують та те, що показник розкладено окремо на від’ємну та додатну частини відповідно.

Попередні підходи до використання коінтеграційних моделей для прогнозування цін на нафтопродукти ґрунтувалися на середньотижневих показниках. Такий підхід обмежує використання результатів прогнозування лише як індикаторів. Побудова ж щоденних прогнозів дозволить приймати більш обґрунтовані рішення і краще розуміти поведінку цін. Середню похибку 5-денного прогнозу подано на рис. 3.

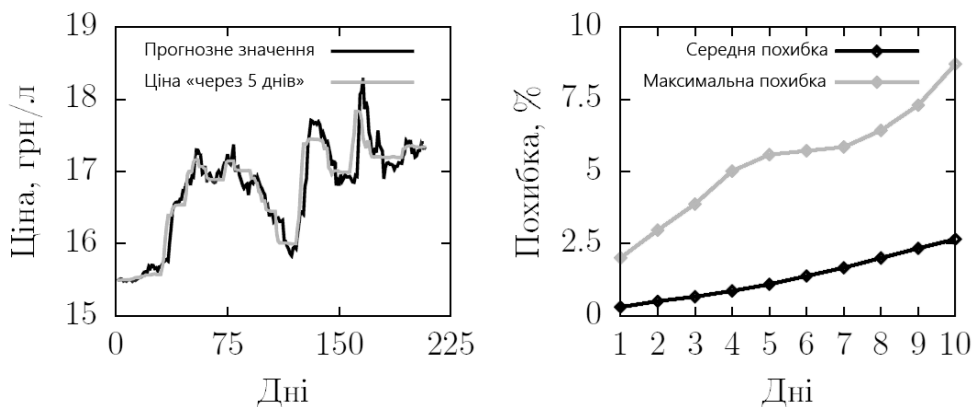


Рис. 3. Порівняння 5-тиденного прогнозу удосконаленої коінтеграційної моделі з реальними даними (ліворуч) і залежність середньої похибки від терміну прогнозування (праворуч)

Джерело: розрахунки автора.

Прогнозування на періоди, більші від 1 тижня, ускладнено внаслідок специфіки функціонування ринку, оскільки для побудови більш довгострокових прогнозів необхідно одночасно прогнозувати зміну багатьох параметрів як у межах України (курсів валют, зміни логістичних витрат та ін.),

так і на європейському ринку (котирувань цін на нафту і нафтопродукти, геополітичної обстановки), що становить нетривіальне завдання.

Крім цінових показників важливу роль у прийнятті рішень щодо зміни цін на нафтопродукти конкретною мережею відіграє інформаційне навантаження на ринок нафтопродуктів – додаткова нецінова інформація про різноманітні загрози дестабілізації цін, які можуть впливати на цей ринок.

Для ринку нафтопродуктів України основними групами загроз (ризиків) дестабілізації цін є:

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

Для врахування цих загроз потрібні складніші механізми прогнозування, оскільки через наявні відмінності в сприйнятті цих загроз різними учасниками ринку відображення кожної з них у роздрібних цінах буде індивідуальним. Для прогнозування поведінки роздрібних цін було обрано нейронні мережі.

У результаті поєднання декількох інструментальних підходів до формування вхідних даних, виокремлення загроз як вхідних параметрів і використання паралельних обчислень для прискорення навчання нейронних мереж вдалося побудувати систему короткострокового прогнозування поведінки роздрібних цін, яка враховує динаміку ціноутворення у кожного учасника ринку. Нейронна мережа, що застосовувалася при прогнозуванні цін для окремого агента ринку, являє собою багатошаровий перцептрон (в якості функції активації – гіперболічний тангенс) з вхідним та вихідним шарами на основі лінійної функції активації.

У загальному вигляді викладена система прогнозування являє собою поєднання декількох нейромережевих моделей формування роздрібної ціни для основних гравців ринку нафтопродуктів і керуючого модуля з джерелами даних для роботи цієї системи. Вхідні дані про значення роздрібних та оптових цін надходять на модуль формування вхідних показників для нейронних мереж. Після формування вихідних показників нейронних мереж вони проходять обробку керуючим модулем, який формує прогнозні значення цін основних роздрібних мереж на наступний день.

Порівняння точності роботи такої системи прогнозування з удосконаленою коінтеграційною моделлю показано на рис. 4. Як бачимо, хоча на короткостроковому періоді точність нейромережевого підходу є дещо нижчою від коінтеграційного, все ж на періоді, більшому від 1 тижня, нейромережева система прогнозування демонструє меншу похибку прогнозу.

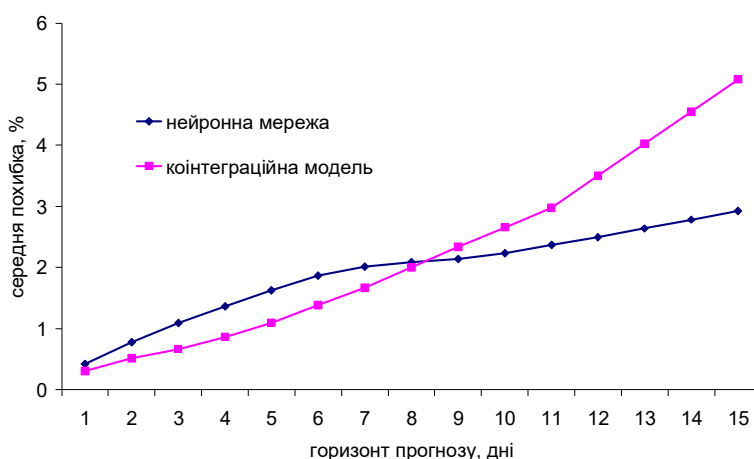


Рис 4. Порівняння похибки прогнозу системи прогнозування на основі нейронних мереж з удосконаленою коінтеграційною моделлю

Джерело: розрахунки автора.

Для формування прогнозів роздрібних цін та оцінки їх адекватності потрібні оперативні дані щодо переліку загроз, які є або будуть актуальними впродовж найближчого часу. Структурну схему системи ідентифікації загроз подано на рис. 5.

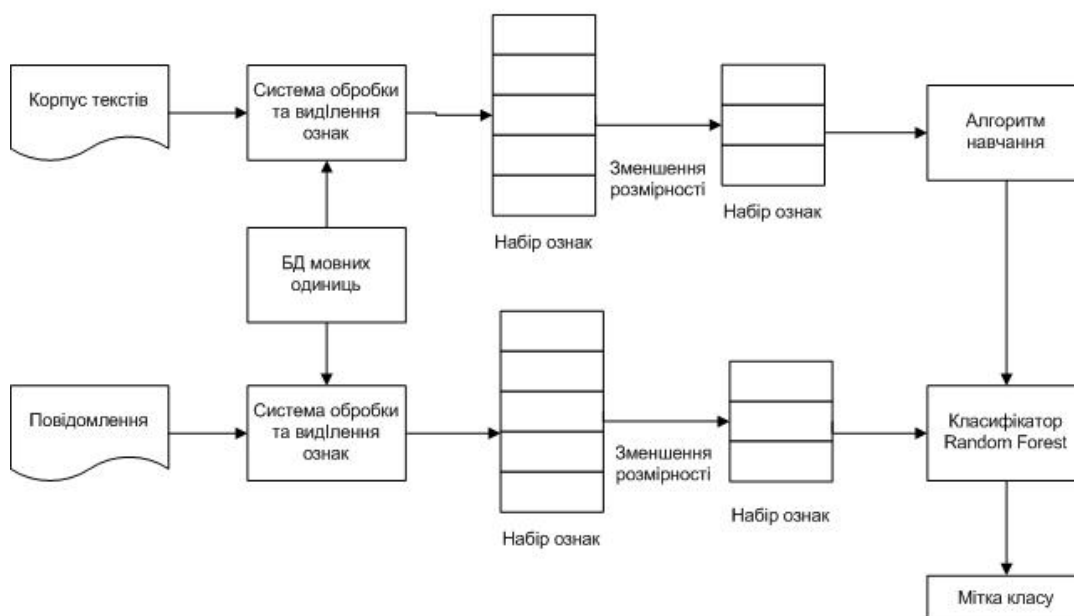


Рис. 5. Структурна схема системи ідентифікації загроз

Джерело: складено автором на основі підходу класифікації текстів за допомогою машинного навчання.

Дані для формування переліку загроз надходять з різних джерел: ЗМІ, різноманітні оперативні індикатори світового та національного ринків нафти та нафтопродуктів. Класифікація всіх повідомлень проходить із застосуванням методів машинного навчання (machine learning). Завдяки такому підходу базовий перелік класів і рангів загроз можна розширювати та уточнювати

залежно від задач, де використовується аналіз загроз. Результатом роботи системи є набір даних щодо класів загроз і рангів їх важливості.

У третьому розділі – **«Економічна оцінка наслідків використання інструментів державного регулювання для забезпечення цінової ефективності ринку нафтопродуктів»** – запропоновано підходи до регулювання цього ринку для підвищення його ефективності, наведено результати моделювання ринку для різних аспектів поведінки споживачів та обґрунтовано необхідність ефективного інформаційного забезпечення у випадку цінових збурень на ринку нафтопродуктів України.

На олігополістичних ринках, до яких наближається роздрібний ринок нафтопродуктів України, цінове рішення кожної фірми впливає також на прибутки конкурентів. Тому фірми реагують на дії конкурентів і в кожному своєму рішенні розглядають не тільки прямий вплив на їх доходи, але й ефекти реакцій конкурентів. Запропонована модель поведінки роздрібних цін на основі нейронних мереж не дозволяє досліджувати взаємодію роздрібних мереж за нових ринкових умов.

Використовуючи агентний підхід, розроблено модель, яка є досить простою структурно і достатньо адекватно представляє досліджувані економічні об'єкти. Мультиагентна модель дає можливість зосередитись не на моделі в цілому, а на її окремих елементах, що, у свою чергу, дозволяє, знаючи поведінку кожного з агентів, досліджувати їх взаємодію.

Основне припущення в моделі – необхідність для споживачів проводити пошук автозаправної станції (АЗС), виходячи з критерію пошуку ціни, яка б не надто сильно відрізнялася від ціни попередньої покупки. Це зумовлює такий алгоритм дії споживачів:

- визначити кількість спожитого пального за період;
- якщо кількість пального є нижчою від певної позначки, то знайти будь-яку АЗС поблизу;
- якщо ціна на АЗС не відповідає певному критерію, то повторити пошук декілька разів;
- у разі відсутності в ході пошуку АЗС, яка б відповідала певному критерію, обрати АЗС з найнижчою із спостережуваних цін;
- здійснити покупку.

Критерієм для відповідного вибору АЗС слугує рівень ціни відносно попередньої купівлі споживачем: ціна має бути не вищою від попередньої.

Поведінка роздрібних мереж в цій моделі схожа з їх поведінкою в моделі зі змовою, але прийняття рішень про зміну ціни базується на внутрішньому стані агента та оцінці попиту для кожної АЗС. Усі можливі стани агента пов'язані між собою умовами переходу. Діаграма станів механізму прийняття рішень агентом «Мережа» для моделі з споживчим пошуком наведено на рис. 6.

У моделі виділено такі стани агенту: слідування ринку (*S1*), зміна стратегії (*S2*), зупинка торгівлі (*S3*), повернення на ринок (*S4*). Стан *S1* реалізує поведінку агента за наявності прибутку в періоди зниження цін і за їх незначних коливань у періоди високої маржі. Стан *S2* реалізує реакцію агента

на різку зміну ситуації на ринку: стрибок цін, різке зниження попиту. Стани  $S3$  і  $S4$  реалізують стратегії виходу з ринку в разі неможливості ведення торгівлі з прибутком і повернення на ринок у разі появи такої можливості.

Також при прийнятті рішення про зміну ціни на АЗС агентом «Мережа» базовою є оцінка оптимальної ціни  $P_{opt}$ . Цей параметр визначається як ціна, що максимізує прибуток:

$$profit = D(P, P_{avg}) \cdot (P - Tax - Costs) \rightarrow \max, \quad (3a)$$

$$P_c < P < 1,4 \cdot P_{avg}, \quad (3б)$$

де  $D(P, P_{avg}) = a_0 - a_1 \frac{P - P_{avg}}{P_{avg}}$  – функція оцінки об'єму продажу пального

на АЗС;  $P_{avg}$  – середня ціна на пальне в радіусі  $K$  км від місця розташування АЗС;  $P$  – ціна на пальне у агента, змінна за якою відбувається оптимізація;  $Tax$  – податкова складова;  $Costs$  – витрати;  $P_c$  – ціна закупівлі пального. Коефіцієнти функції попиту ( $a_0$  та  $a_1$ ) автоматично оцінюються для кожного агента індивідуально і уточнюються на кожному кроці моделі під час симуляції.

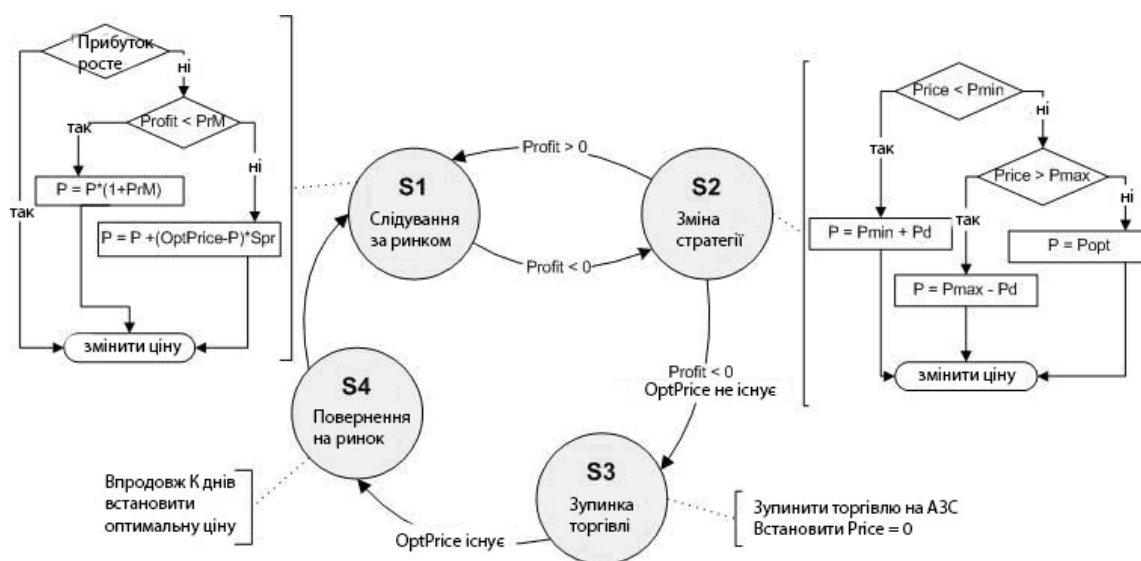


Рис. 6. Діаграма станів механізму прийняття рішень агентом «Мережа»

Джерело: складено автором.

Для оцінки наслідків регулювання ринку розроблено модель поведінки агентів, яка базується на задоволенні цілей агентів. Основними агентами є «Мережа» і «Споживач». Усі інші агенти виконують свою мінімальну дію та надають закладену в них статистичну інформацію про оптові ціни та податки.

Кожний агент має певний набір цілей та певний набір дій. Набір дій на найближчі декілька днів формує поточну стратегію агента. У кожному момент агент «Мережа» виконує такий алгоритм:

1. виконати заплановані на даний момент дії;

2. зібрати інформацію про ціни конкурентів;
3. зібрати дані про оптові ціни;
4. отримати від зовнішнього середовища об'єм споживання на поточний період;
5. якщо поточні показники відхиляються від прогнозних даних поточної стратегії агента більше як на 20%, то відмінити заплановані дії поточної стратегії та сформуванню нову стратегію.

Формування нової стратегії відбувається на основі накопиченого досвіду агента, тобто всіх попередніх вдалих стратегій. Для уникнення повного перебору всіх можливих варіантів стратегій використовується генетичний алгоритм для формування оптимальної стратегії.

Розподіл споживання пального задається розподілом споживачів за територією. Алгоритм поведінки споживачів побудовано з припущення, що після зростання цін за певний час відбувається адаптація поведінки споживачів до нового рівня цін і поступове звикання до цього рівня. Після встановлення нової «базової» ціни інтенсивність споживчого пошуку падає, що, у свою чергу, знижує стимули для роздрібних мереж до зниження ціни.

Для аналізу поведінки споживачів під час значного зростання цін в 2014 – 2015 рр. проведено оцінку цінових еластичностей споживання різних груп нафтопродуктів у роздрібному сегменті. Оцінки демонструють істотне зростання еластичності на більшість груп нафтопродуктів. Так, якщо для дизельного палива еластичність в «нормальних» умовах становила  $-0,17$  (що співвідноситься з даними інших досліджень за попередні періоди), то за значного зростання цін та дестабілізації економіки вона зросла до  $-0,5$ . Для бензину марки А-95 оцінка еластичності змінилася з  $-0,5$  до  $-0,75$ , що свідчить про значні зміни у споживанні всіх видів нафтопродуктів.

З метою підвищення ефективності ринку держава може використовувати як адміністративні, так і ринкові механізми стимулювання до встановлення ефективних роздрібних цін. Відповідними заходами можуть бути такі.

**Використання стабілізаційного/стратегічного запасу.** Цей механізм впливу на ринок детально вивчений і спрямований на зниження впливу короткострокового дестабілізуючого фактора на ринок та економіку.

**Інформування споживачів для зниження інформаційної асиметрії.** Оскільки поведінка споживачів може бути причиною виникнення асиметрії, то проведено дослідження впливу глибини споживчого пошуку на величину цінової асиметрії. В результаті моделювання виявлено, що за відсутності змови більш глибокий споживчий пошук спричиняє зниження цін після стрибка до початкового рівня. Спонування споживачів до більш глибокого пошуку можна забезпечити за рахунок зменшення інформаційної асиметрії та надання їм більш повної та актуальної інформації про стан ринку.

**Використання механізмів регулювання цін на основі коридору цін.** Такий підхід має застосовуватися в дестабілізуючих ситуаціях і полягає у встановленні нижньої та верхньої меж цін для певного виду пального. Це дозволить зменшувати ризики роздрібних мереж шляхом встановлення



мінімальної межі цін під час їх зростання і захищати споживачів за рахунок встановлення їх верхньої межі. Цей підхід доцільно використовувати виключно в дестабілізуючих ситуаціях для зниження ризиків, а за їх відсутності він може призводити до протилежного ефекту.

Важливим моментом є вибір методики розрахунку коридору. Значення верхньої та нижньої меж мають встановлюватися для кожного регіону окремо і враховувати специфіку ціноутворення заданого регіону. Одним з таких підходів є ціноутворення Ремсі.

Результати моделювання на даних 2016 р. показали, що впровадження цінового коридору забезпечило б споживачам нафтопродуктів економію в розмірі близько 400 млн грн.

В практиці державного регулювання ринку можна виокремити значну кількість заходів, які вживалися невчасно (із запізненням), або періоди, коли формувались відповідні санкції за результатами поведінки агентів ринку впродовж певного часу. Такий підхід в багатьох випадках може призвести лише до погіршення ситуації на ринку. Серед основних факторів такої стратегії регулювання ринку можна виокремити асиметрію інформації на ринку та відсутність у державного регулювання оперативної інформації про відповідні загрози дестабілізації ринку нафтопродуктів. Структурну схему системи моніторингу цих загроз наведено на рис. 7.

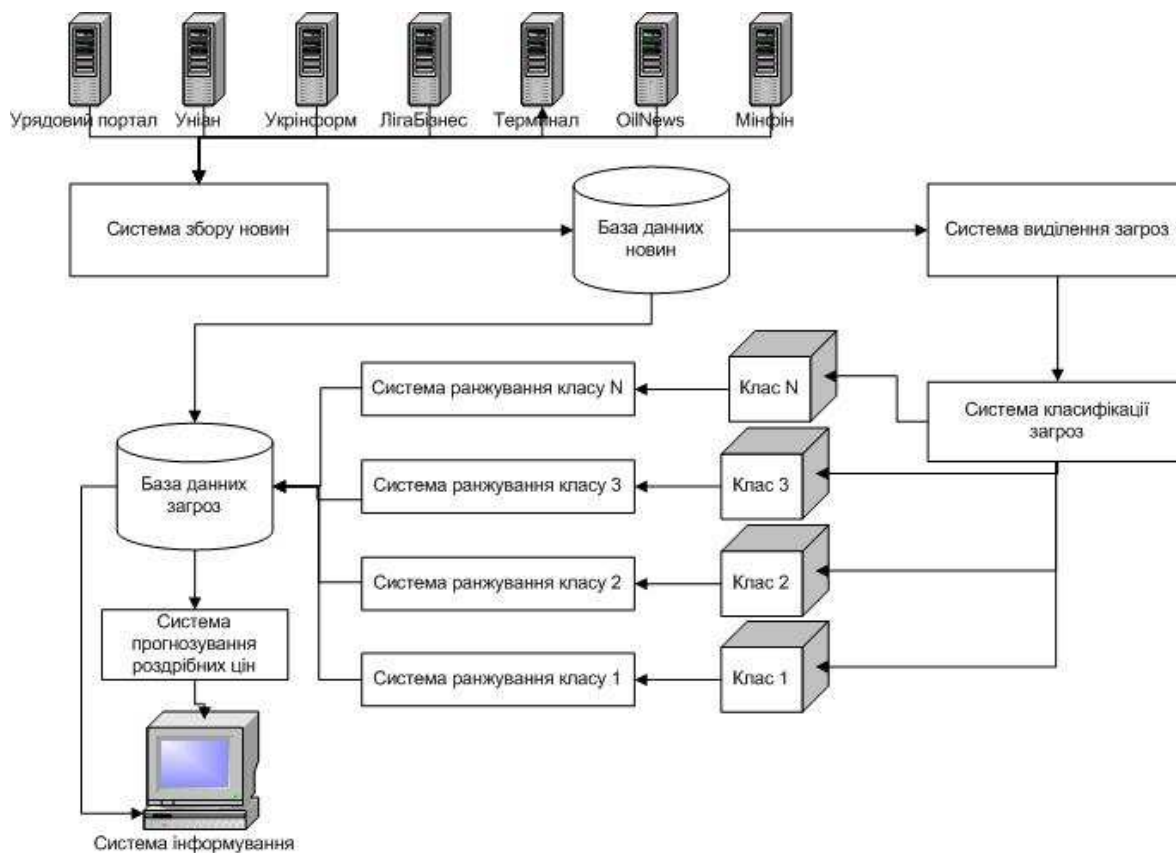


Рис 7. Структурна схема системи моніторингу загроз

Джерело: складено автором.

Створення інформаційної системи ринку нафтопродуктів України дозволить оперативно впроваджувати відповідні заходи щодо забезпечення ефективності функціонування ринку. Така система дозволить запровадити:

- своєчасну ідентифікацію загроз;
- прогнозування поведінки гравців ринку при настанні загрози;
- прийняття обґрунтованого рішення про заходи щодо забезпечення ефективного функціонування ринку.

Керуючись інформацією, наданою системою, уповноважений орган може запроваджувати відповідні заходи щодо мінімізації ефекту можливих загроз.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертації здійснено теоретико-методологічне обґрунтування підходів до прогнозування цінової динаміки та державного регулювання ринку нафтопродуктів України. Науковим результатом є запропонований інструментарій для державного регулювання ринку нафтопродуктів, розроблений на базі підходу цінової ефективності ринку з урахуванням побудови короткострокового прогнозу, виявлення загроз ринку, а також відповідні концептуальні положення.

У результаті проведеного дослідження зроблено такі висновки:

1. На базі концептуальної моделі ціноутворення на ринку нафтопродуктів визначено перелік факторів, які мають прямий вплив на поведінку роздрібних цін, і показано значний зв'язок внутрішніх цін на нафтопродукти в Україні з оптовими цінами на них в Європі, що є одним з головних факторів дестабілізації роздрібних цін. Продемонстровано, що в періоди високої волатильності ціноутворюючих факторів державне регулювання зводиться до використання адміністративних методів шляхом застосування системи штрафів і санкцій Антимонопольного комітету України після виявлення потенціальних порушень на ринку.

2. Як основний індикатор ефективності функціонування ринкових механізмів за олігополістичного характеру ринку нафтопродуктів України було обрано втрати споживачів, який ґрунтується на фіксації граничної межі справедливої частки валового прибутку у роздрібній ціні. Порівняльний аналіз з ринками країн Європи довів, що для ринку нафтопродуктів України цей показник не перевищує 14%, а втрати споживачів від неефективності ринкових механізмів потенційно сягають 500 млн грн на рік. З'ясовано, що основним фактором формування таких втрат є поведінка учасників ринку, коли має місце волатильність ціноутворюючих факторів, що проявляється в ефекті асиметрії цін.

3. Вибір модельного інструментарію ґрунтується на таких трьох задачах, розв'язання яких необхідне для запобігання втратам споживачів: розпізнавання потенційно несприятливої ситуації на ринку; прогнозування роздрібних цін; аналіз наслідків потенційного впливу держави на запобігання несприятливій

ситуації. В результаті було обрано мультиагентну модель для аналізу наслідків і модель корекції помилки для прогнозування цін.

4. Побудована в роботі система розпізнавання загроз дестабілізації цін на ринку нафтопродуктів базується на засадах машинного навчання та полягає в застосуванні підходу класифікації текстових повідомлень, які містять пряму або опосередковану інформацію щодо ринку нафтопродуктів відповідно до рівня її важливості та напряму впливу. Оцінено оптимальні параметри моделі класифікатора та алгоритму обробки даних для розпізнавання потенційно несприятливої ситуації на ринку нафтопродуктів України (точність розпізнавання – 80%).

5. Удосконалена в роботі модель прогнозування роздрібних цін на базі моделі корекції показала, що за умови значної волатильності ціноутворюючих факторів на основі узагальненої інформації про ціни можна досягти прийнятної точності прогнозу лише на період до 7 днів. Для розширення горизонту прогнозу було розроблено нейромережеву модель прогнозування роздрібних цін із застосуванням агентного підходу. Завдяки використанню даних по головних агентах ринку та інформації про потенціальні загрози дестабілізації цін вдалося розширити горизонт прогнозу до 14 днів. Аналіз вхідних даних нейронної мережі показав, що в умовах обмеженої вибірки навчання для зменшення кількості вхідних даних слід застосовувати процедуру плаваючої корекції лага роздрібних цін на нафтопродукти відносно гуртових цін на них.

6. Удосконалена в роботі мультиагентна модель ринку нафтопродуктів України дає можливість оцінювати взаємодію агентів ринку і вплив механізмів державного регулювання на поведінку цін по ринку в цілому. Проведені експериментальні дослідження розробленої мультиагентної моделі роздрібного ринку нафтопродуктів України дозволили врахувати вплив специфічних стратегій поведінки споживачів на характер взаємодії агентів, яка проявляється в асиметрії роздрібних цін. Результати моделювання показали, що асиметрія цін на ринку нафтопродуктів може проявлятися відповідно до існування двох гіпотез про її походження: таємної змови та споживчого пошуку.

7. Запропонований інструментарій у вигляді інформаційної системи ринку нафтопродуктів дозволяє за допомогою побудованого прогнозу оцінити динаміку цін на нафтопродукти, а також, застосовуючи мультиагентну модель, окреслити набір рекомендацій щодо усунення цінових диспропорцій на внутрішньому ринку нафтопродуктів. Це можна здійснити за рахунок використання як адміністративних підходів, так і ринкових. Наведено базовий перелік інструментів державного регулювання для підвищення цінової ефективності ринку. Серед них – використання цінового коридору як орієнтира для ринку в ситуаціях значної волатильності, що потенційно може знизити втрати споживачів на 400 млн грн на рік. Застосування мультиагентної моделі дає можливість оцінити ефективність регулюючих заходів держави на ринку нафтопродуктів у вартісному вимірі.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

**У наукових фахових виданнях України, у т.ч. які індексуються у наукометричних базах:**

1. 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. 195–198.

2. Свиденко А.В. Оцінка еластичностей попиту в роздрібному сегменті ринку автомобільного палива України / А.В. Свиденко // Глобальні та національні проблеми економіки. – 2015. – № 7. – С. 916–919.

3. Свиденко А.В. Моделювання динаміки оптових цін на ринку нафтопродуктів України / А.В. Свиденко // Економічний вісник НТУУ «КПІ». – 2015. – №12. – С. 508–512.

4. Свиденко А.В. Ціноутворення на ринку нафтопродуктів України / А.В. Свиденко // Бізнес Інформ. – 2015. – № 10. – С. 171–176.

*[Міжнародні наукометричні бази даних: IndexCopernicus, ResearchBible, CiteFactor]*

5. Гальчинський Л.Ю. Система короткострокового прогнозування роздрібних цін на нафтопродукти / Л.Ю. Гальчинський, А.В. Свиденко // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Економічні науки. – 2016. – Випуск 20. – Т. 1. – С. 191–194. *(Особистий внесок – описано структуру системи короткострокового прогнозування, розроблено підхід до побудови нейронної мережі для побудови прогнозу цін).*

**У зарубіжних наукових виданнях, які індексуються у наукометричних базах:**

6. 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. – № 3 – С. 136–146. *(Особистий внесок – реалізовано агентну модель ринку нафтопродуктів України).*

*[Міжнародні наукометричні бази даних: IndexCopernicus, Scopus]*

7. Galchynsky L. The Asymmetry of Price in the Petroleum Products Market of Ukraine / L. Galchynsky, A. Svydenko // British Journal of Economics, Management & Trade. – 2016. – №13(3). – С. 1–14. *(Особистий внесок – розроблено та реалізовано агентну модель ринку нафтопродуктів, що реалізує два підходи формування асиметрії: за наявності змови та за споживчого пошуку).*

*[Міжнародна наукометрична база даних Web of Science]*

**В інших наукових виданнях та матеріалах наукових конференцій:**

8. Гальчинський Л.Ю. Модель стабілізації цін на роздрібному ринку нафтопродуктів України / Л.Ю. Гальчинський, А.В. Свиденко // Сучасні проблеми державної політики розвитку ринку нафтопродуктів в Україні – К.: АгатПринт, 2012. – С. 87–98. *(Особистий внесок – описано агентну модель*

*ринку нафтопродуктів на основі якої показано залежність стабілізуючого ефекту від частки ринку, яку охоплює керований агент).*

9. Гальчинський Л.Ю. Стабілізація цін на роздрібному ринку нафтопродуктів України / Л.Ю. Гальчинський, А.В. Свиденко // Інформаційні технології та моделювання в економіці : V Міжнар. наук.-практ. конф. (15–16 травня 2014 р.) : зб. наук. праць. – Черкаси, 2014. – С. 30–32. *(Особистий внесок – описані основні підходи до стабілізації роздрібних цін на нафтопродукти).*

10. Гальчинський Л.Ю. Мультиагентна модель ринку нафтопродуктів в рамках недостатньої статистичної інформації / Л.Ю. Гальчинський, А.В. Свиденко // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці і освіті : VIII Всеукр. наук.-практ. конф (25–27 травня 2011 р.) : зб. наук. праць. – Черкаси: Брама-Україна, 2011. – С.33–34. *(Особистий внесок – розкрито можливість використання агентної моделі ринку нафтопродуктів за умов розрізнених даних по ринку).*

11. Свиденко А.В. Інформаційна система моніторингу ринку нафтопродуктів України / А.В. Свиденко // Моделювання та прогнозування економічних процесів : VII Всеукр. наук. конф. (4–6 грудня 2013 р.) : тези доп. – Київ: ВПК «Політехніка», 2013. – С. 99–100.

12. Гальчинський Л.Ю. Механізм стабілізації цін на роздрібному ринку нафтопродуктів України / Л.Ю. Гальчинський, А.В. Свиденко // Інформаційні технології та моделювання в економіці : IV Міжнар. наук.-практ. конф. (15–17 травня 2013 р.) : зб. наук. праць. – Черкаси: Брама-Україна, 2013. – С. 32–34. *(Особистий внесок – на основі агентної моделі ринку нафтопродуктів показано можливість стабілізації роздрібних цін).*

13. Свиденко А.В. Стабілізація ринку роздрібної торгівлі нафтопродуктів на основі агентної моделі / А.В. Свиденко // Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем : V Міжнар. наук. конф. (11–12 квітня 2013 р.) : тези доп. – Харків, 2013. – С. 326–327.

14. Гальчинський Л.Ю. Інформаційне забезпечення державного регулювання ринку нафтопродуктів / Л.Ю. Гальчинський, А.В. Свиденко // Проблеми економічної кібернетики : Міжнар. наук. конф. (15–17 жовтня 2013 р.) : тези доп. – Алушта, смт. Партеніт. – Донецьк: «Цифрова типографія», 2013. – С. 74–75. *(Особистий внесок – визначено основні джерела даних, що необхідні для прийняття обґрунтованих рішень по державному регулюванню ринку нафтопродуктів).*

15. Свиденко А.В. Агентна модель роздрібної торгівлі нафтопродуктами / А.В. Свиденко // Моделювання та прогнозування економічних процесів : IV Міжнар. наук.-практ. конф. (8–11 грудня 2010 р.) : тези доп. – Київ: ВПК «Політехніка», 2010. – С. 176.

16. Гальчинський Л.Ю. Асиметрія цін на ринку нафтопродуктів України / Л.Ю. Гальчинський, А.В. Свиденко // Моніторинг, моделювання та менеджмент емерджентної економіки : IV Міжнар. наук.-практ. конф. (10–12 вересня 2014 р.) : зб. наук. пр. – Черкаси: Брама-Україна, 2014. – С. 31–33. *(Особистий*

*внесок – розкрито механізм формування цінової асиметрії на ринку нафтопродуктів України).*

17. Свиденко А.В. Удосконалена агентна модель роздрібного ринку нафтопродуктів / А.В. Свиденко // Науково-технічний розвиток: економіка, технології, управління : XIII Міжнар. наук.-практ. конф. (9–10 квітня 2014 р.) : тези доп. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – С. 110.

18. Гальчинський Л.Ю. Побудова системи прогнозування цін на нафтопродукти на основі нейронних мереж з застосуванням паралельних обчислень / Л.Ю. Гальчинський, А.В. Свиденко // Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації : VII Міжнар. наук. конф. (21–22 квітня 2016 р.) : тези доп. – Кам'янець-Подільський, 2016. – С. 38–40. *(Особистий внесок – описано можливості використання паралельних обчислень для прискорення роботи нейромережевої агентної моделі).*

19. Гальчинський Л.Ю. Оцінка цінової ефективності ринку нафтопродуктів України / Л.Ю. Гальчинський, А.В. Свиденко // Економіко-математичне моделювання : I Нац. наук.-метод. конф. (30 вересня–1 жовтня 2016 р.) : зб. мат. – Київ: КНЕУ, 2016. – С. 70–71. *(Особистий внесок – розкрито поняття цінової ефективності в контексті роздрібного ринку нафтопродуктів та проведено чисельні розрахунки втрат споживачів).*

20. Galchynsky L. The Multiagent model for predicting the behaviour and short-term forecasting of retail prices of petroleum products / L. Galchynsky, A. Svydenko // Enterprise information Systems : 19th International Conference on Enterprise information Systems (26–29 квітня 2017 р.). – Порто, 2017. – С. 63. *(Особистий внесок – описано підхід поєднання агентної моделі з нейронними мережами для побудови короткострокового прогнозу).*

21. Galchynsky L. Using DEA methodology for assessing the price efficiency of the petroleum product / L. Galchynsky, A. Svydenko // Recent Applications of Data Envelopment Analysis : Proceedings of the 15th International Conference on Data Envelopment Analysis. – Prague, 2017. – С. 235–241. *(Особистий внесок – визначено основні параметри входів та виходів DMU для побудови порівняльної моделі ринку нафтопродуктів європейських країн).*

## АНОТАЦІЯ

**Свиденко А.В. Моделювання ціноутворення на роздрібному ринку нафтопродуктів України. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України. – Київ, 2018.

У дисертації проаналізовано процес ціноутворення на роздрібному ринку нафтопродуктів України. Обґрунтовано недосконалість ринкових механізмів у зв'язку з його олігополістичною природою і значною волатильністю

ціноутворюючих факторів. Показано наявність у споживачів втрат від завищення цін у роздрібному сегменті цього ринку, а також необхідність удосконалення інструментарію державного регулювання для мінімізації таких втрат. На основі проведеного аналізу визначено, що найбільш адекватним у межах поставленого завдання є використання комплексу моделей, до якого входять мультиагентні моделі, коінтеграційні моделі та нейромережеві моделі з елементами машинного навчання.

Для зниження негативних ефектів від дестабілізації цін на нафтопродукти запропоновано застосування машинного навчання для побудови системи ідентифікації загроз дестабілізації цін. Для прогнозування роздрібних цін на ринку нафтопродуктів України розроблено модель з використанням нейронних мереж і здійснено її порівняння з моделлю прогнозування цін на основі коінтеграції часових рядів. Для дослідження поведінки ринку нафтопродуктів розроблено мультиагентні моделі, що реалізують поведінку його роздрібних мереж в умовах як змови на ринку, так і споживчого пошуку.

На базі розробленого модельного інструментарію запропоновано структуру інформаційної системи нафтопродуктів ринку. Описано напрями вдосконалення державного регулювання цього ринку з її використанням.

*Ключові слова:* ціноутворення, роздрібний ринок нафтопродуктів, асиметрія цін, агентно-орієнтоване моделювання, короткостроковий прогноз, державне регулювання, інформаційна система.

## АННОТАЦИЯ

**Свиденко А.В. Моделирование ценообразования на розничном рынке нефтепродуктов Украины. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.11 – математические методы, модели и информационные технологии в экономике. – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины. – Киев, 2018.

В диссертации проанализирован процесс ценообразования на розничном рынке нефтепродуктов Украины. Обосновано несовершенство рыночных механизмов в связи с его олигополистической природой и значительной волатильностью ценообразующих факторов. Показаны наличие у потребителей потерь от завышения цен в розничном сегменте этого рынка, а также необходимость совершенствования инструментария государственного регулирования для минимизации таких потерь. На основе проведенного анализа определено, что наиболее адекватным в рамках поставленной задачи является использование комплекса моделей, в который входят мультиагентные модели, коинтеграционные модели и нейросетевые модели с элементами машинного обучения.

Для снижения негативных эффектов от дестабилизации цен на нефтепродукты предложено применение машинного обучения для построения

системы идентификации угроз дестабилизации цен. Для прогнозирования розничных цен на рынке нефтепродуктов Украины разработана модель с использованием нейронных сетей и осуществлено ее сравнение с моделью прогнозирования цен на основе коинтеграции временных рядов. Для исследования поведения рынка нефтепродуктов разработаны мультиагентные модели, реализующие поведение его розничных сетей в условиях как сговора на рынке, так и потребительского поиска.

На базе разработанного модельного инструментария предложена структура информационной системы рынка нефтепродуктов. Описаны направления усовершенствования государственного регулирования этого рынка с ее использованием.

*Ключевые слова:* ценообразование, розничный рынок нефтепродуктов, асимметрия цен, агентно-ориентированное моделирование, краткосрочный прогноз, государственное регулирование, информационная система.

## ABSTRACT

**Svidenko A. Modeling of pricing in the retail market of petroleum products in Ukraine. – Manuscript.**

Thesis for Academic Degree of Candidate of Economic Sciences with specialization in 08.00.11 – mathematical methods, models and information technologies in economics. – NTUU KPI named after Igor Sikorsky. – Kyiv, 2018.

The main task of the government in relation to the market of petroleum products is to ensure an effective market environment and economic security.

The dependence of the national market of petroleum products on the world market situation poses a threat to the energy security of the state, which is one of the key components of national security. However, at the same time, retail companies, exploiting the existing information asymmetry, lead to an unjust redistribution of resources by overestimating prices.

The main feature of the pricing in this particular market is their lack of transparency and price asymmetry. Therefore, the relevant tasks are market monitoring and constructing forecasts of behavior of retail prices for petroleum products.

The cointegration approach has shown its effectiveness in regard to oil prices, however, under conditions of significant exchange rate fluctuations, the influence of each price factor on retail prices varies over time. Taking these factors into account requires more sophisticated forecasting mechanisms. This forces us to use neural networks to predict the behavior of retail prices.

As a result of the combination of several approaches for the formation of input data, the allocation of threats as input parameters, it was possible to build a system of short-term forecasting behavior of retail prices, which takes into account the dynamics of pricing of each market participant.

In addition to price indicators, there is significant set of nondeterministic factors, that forms price destabilization threats to the market of petroleum products. In order



to recognize beforehand and formulate a list of actual threats, a machine learning based system of recognition of threats which destabilize prices in the Ukrainian oil market was proposed. The peculiarity of the approach is that the list of threat groups can be expanded and refined depending on the tasks set.

In the oligopolistic markets, which are close to the retail market of petroleum products in Ukraine, the decisions of each firm also affect the profits of competitors. Therefore, firms react to the actions of competitors and in each decision firms consider not only a direct effect on their income, but also the effects of the reactions of competitors. The suggested model of behavior of retail prices based on neural networks does not allow to investigate the interaction in the market.

Using the agent approach, we can develop a model that is sufficiently simple to structure and adequately represent the nature of economic objects studied in this paper. The agent model allows to focus not on the model as a whole, but on its individual elements, which allows knowing the behavior of each individual “agent”, to investigate their interaction. We developed 2 agent models of the oil product market: under a collusion and on a consumer search basis.

In order to increase market efficiency, the state can use both administrative and market mechanisms for market’s regulating and stimulating it to establish effective retail prices. Such measures may include the following:

- Use of the stabilization reserve. This mechanism of influence on the market has been studied in detail and aims at reducing the impact of the short-term destabilizing factor on the market and the economy.

- Informing consumers to reduce information asymmetry. Consumer motivation for a deeper search can be provided by reducing information asymmetry and providing consumers with more complete and up-to-date information about the market situation.

- Use of price regulation mechanisms based on the price corridor. This approach should be used in destabilizing situations and is to establish the lower and upper limits of prices for a particular type of fuel. This will reduce the risks of retail chains by setting a minimum price limit while increasing prices and protecting consumers by setting the upper limit.

In the practice of state regulation of the market it is possible to allocate a significant number of measures that were taken out of time (late), or appropriate sanctions were created based on the results of the behavior of market agents during a certain period. Among the main factors of such a strategy of market regulation can be identified asymmetry of information on the market and the lack of state regulation of operational information about the relevant threats to the market of petroleum products. Creation of the information system of the market of oil products of Ukraine will allow to promptly implement appropriate measures to ensure the effective functioning of the market.

*Keywords:* pricing, retail market of petroleum products, asymmetry of prices, agent-oriented modeling, short-term forecast, government regulation, information system.



Підписано до друку 25.09.2018 р.

Формат 84×108/32. Ризографія.

Ум. друк. арк. 0,9 . Обл.-вид. арк. 1,1 .

Наклад 100 прим. Замовлення № 1649.

Суб'єкт видавничої діяльності занесено до державного реєстру №620049 13.10.2008

ПРІНТЦЕНТР, м. Київ, вул.. Політехнічна, 16