

DOI: [10.26565/2311-2379-2024-106-03](https://doi.org/10.26565/2311-2379-2024-106-03)
УДК 330.46:658.8:636.085**О. Г. НИКОЛАЄВА***кандидат фізико-математичних наук, доцент
доцент закладу вищої освіти кафедри економічної кібернетики і прикладної економіки
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1105-7227>, e-mail: elena.nikolaeva@karazin.ua**Є. В. СВИЦОВА***кандидат фізико-математичних наук, доцент
доцент закладу вищої освіти кафедри економічної кібернетики і прикладної економіки
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0523-5293>, e-mail: esvishchova@gmail.com**А. С. ГЛАДКА***студентка
e-mail: gladkaya2021eg11@student.karazin.ua

* Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

**АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКІВ ХАРЧУВАННЯ ДЛЯ ДОМАШНІХ ТВАРИН
ЕКСТРАПОЛЯЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ**

Одним із проявів соціалізації економіки є змінювання поведінки споживачів, що призводить до зрушень в структурі ринків, номенклатурі товарів, що на них представлені, в коливанні співвідношення між попитом і пропозицією. Яскравим прикладом таких змін є ринок зоотоварів, на якому завдяки явищу гуманізації відношення для тварин стало можливим спостерігати зростання ринку в цілому, і появу нових товарів і послуг для чотирилапих улюбленців. В даному дослідженні проаналізовані основні ринки розповсюдження зоотоварів, зокрема, світовий, європейський та український. Виокремлені загальні тенденції та фактори впливу на них. Аналіз цього ринку в Україні дав змогу виявити спільні риси в розвитку вітчизняної зоотоварної галузі та в країнах Європи і всього світу і довести, що вітчизняний ринок зоотоварів є перспективним. Обсяги продажу українських кормів для домашніх тварин демонструють стабільну тенденцію до зростання. З різноманіття формалізованих методів для прогнозування попиту на ринках зоотоварів авторами були обрані екстраполяційні, а саме, методи трендового аналізу і адаптивні методи експоненціального згладжування. З використанням трендових моделей, а також адаптивних методів були побудовані точкові та інтервальні прогнози показників попиту на всесвітньому та європейському ринках. Були побудовані трендові моделі для загальної вартості світового ринку харчування для домашніх тварин і загального обсягу попиту на цю продукцію в масштабах всього світу. На основі цих моделей з достатньою мірою адекватності і точності були побудовані точкові і інтервальні прогнози. Трендова модель функції Торнквіста була застосована для побудови прогнозів на українському ринку кормів для домашніх тварин. Для прогнозування щорічних європейських продаж харчування для тварин було застосовано адаптивний метод потрійного експоненціального згладжування і отримані точкові та інтервальні прогнози на наступні чотири періоди. У всіх випадках обрані прогнозні моделі демонстрували задовільну прогнозу здатність і задовольняли критеріям адекватності.

Ключові слова: **ринки зоотоварів, корм для домашніх тварин, трендові моделі та адаптивні методи прогнозування, експоненціальне згладжування, точкові та інтервальні прогнози.**

JEL Classification: C53, D49, M310.

Постановка проблеми. Процеси соціалізації все сильніше охоплюють світову економіку, і мають різноманітні прояви. Соціальна спрямованість пронизує всі сфери економіки і ринки розвинених країн. Центром соціально-економічного розвитку стає людська особистість, завдяки чому відбуваються якісні зрушення в структурі потреб, структурі попиту і споживання.

Не є винятком із загальних тенденцій і ринок кормів для домашніх тварин – petfood industry. Внаслідок гуманізації відношення до тварин їх власники розглядають цих істот не корисним в господарстві ресурсом, і не розвагою, а членами власних родин. Для більшості покупців їжі для тварин є справедливим вислів Чарлі Чапліна: «Хто годує голодну тварину, той живить свою душу». Таким чином, з гуманізації домашніх тварин витікають і певні виклики до



індустрії petfood, що призвело до збільшення попиту на якісні та інноваційні товари для тварин, включаючи спеціалізовані корми, аксесуари, лікувальні засоби та послуги грумінгу. Глобальний ринок зоотоварів для непродуктивних тварин має досить впевнене зростання, на яке не чинять помітного впливу ані економічні кризи, ані пандемія COVID. І хоч український ринок товарів для тварин пережив серйозні випробування під час війни Росії з Україною, він теж залишився одним із небагатьох вітчизняних ринків, що витримали і продовжують збільшувати обсяги продажів, хоч темп зростання і трохи уповільнився. Отже, серед науковців, а також споживачів, продавців та інвесторів в ринок зоотоварів існує певна зацікавленість в інформації, перспективах і прогнозах щодо продажів petfood, тобто ретельне дослідження особливостей і тенденцій цього ринку, безумовне, є затребуваним.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз наукової літератури, присвяченої огляду вітчизняних і світових ринків зоотоварів, і зокрема, аналізу попиту на корми для домашніх тварин, присвятили свої праці такі українські вчені, як А. І. Бербер, Н. В. Голембовська, І. О. Дудла, О.Я. Кобилюх, Н. Косар, Т.А. Кулаковська, М. М. Мамчин, О.В. Обнявко, С. О. Сіренко, Н. М. Слободянюк, М. М. Юхновець та ін. Класифікацію товарів для домашніх тварин наведено в (Сім'ячко, 2020) і (Косенко та ін.).

В (Сім'ячко, 2020) наведені статистичні дані щодо ринку кормів для тварин в Україні та світі за період з 2015 по 2019 рік. Розроблено класифікацію кормів для домашніх тварин у відповідності з існуючими в Україні класифікаторами. В (Косенко та ін.) також за період з 2015 по 2019 рік проводиться кількісний і якісний аналіз кормів для непродуктивних тварин. На основі проведених досліджень зроблені висновки, що більшість кормів для непродуктивних тварин на ринку України – це готові корми імпортного виробництва, проте існує можливість впровадження кормів українського виробництва провідними вітчизняними компаніями.

В більшості досліджень вітчизняних авторів описані місткість, стан і тенденції розвитку українського ринку зоокормів або його окремих сегментів. Так в (Ковальчук та ін.) розглядаються перспективи розвитку ринку рибних сухих кормів та консервів для домашніх тварин, які могли б вироблятися на основі нехарчових відходів, які утворюються на м'ясо- та рибопереробних підприємствах, і є джерелами повноцінного білка. В праці С. О. Сіренко (Сіренко, 2019) дається не тільки огляд стану вітчизняного ринку, а також опис діяльності одного з головних гравців ринку - компанії «Кормотех», яка на момент публікації (Сіренко, 2019) і зараз, є провідним вітчизняним виробником кормів для домашніх тварин. Статті (Мамчин, 2018), (Косар та ін., 2023), (Косар Н. & Заяць, 2024) присвячені маркетинговим аспектам розвитку українського ринку кормів для домашніх тварин. О.Я. Кобилюх в (Кобилюх, 2023а), наводячи основні риси динаміки українського ринку і порівнюючи тенденції його розвитку із світовими, зосереджується на SWOT-аналізі лідера галузі – підприємства «Кормотех». На основі проведеного SWOT-аналізу дослідниця дає компанії рекомендації щодо виходу на іноземні ринки. В іншій праці О. Я. Кобилюх (Кобилюх, 2023b) описані загальні тренди розвитку світового і вітчизняного ринку харчування для домашніх тварин. Проаналізовано місткість та динаміку світового виробництва кормів для домашніх тварин, а також наведено показники, що характеризують український ринок. Характерні риси сучасного світового ринку Pet Food і уподобання його споживачів висвітлені також і в оглядах закордонних дослідників (Roberts, 2021), (Wall, 2022), (Schleicher et al., 2019), (Priya & Nandhini, 2019). Дуже цікавою є стаття китайських молодих дослідників (Wangyi, Hengyuan, & Lu, 2022) щодо факторів, які впливають на ринок зоотоварів США. Ними розглядаються економічні, соціальні і технологічні чинники. Грунтуючись на PEST-аналізі, автори (Wangyi, Hengyuan, & Lu, 2022) доводять, що сектор економіки товарів для домашніх тварин в майбутньому має зростати.

Аналізуючи описані в (Кобилюх, 2023b), (Roberts, 2021), (Wall, 2022), (Schleicher et al., 2019), (Priya & Nandhini, 2019), (Wangyi, Hengyuan, & Lu, 2022), (Gates et al., 2019) провідні тенденції щодо світового ринку харчування для домашніх тварин, можна зробити висновки, що до сучасних глобальних трендів у сфері спільного проживання людей та тварин, можна віднести наступні.

1. Вже згадувана тенденція гуманізації відношення суспільства до тварин. Тепер тварини сприймаються не просто як домашні улюбленці, але і як повноправні члени родини. Отже,

збереження здоров'я чотирилапих членів родини призвело до наступних двох тенденцій в придбанні їжі для тварин.

2. Збільшення кормів преміум класу в загальному споживанні кормів для тварин.

3. Збільшення попиту на корми з натуральних інгредієнтів без барвників і харчових добавок, багатих на протеїни, аналог здорового харчування для людей.

4. Змінювання споживацьких звичок щодо придбання товарів для домашніх тварин в бік електронної комерції. Такі звички у населення розвинених країн світу з'явилися під впливом карантинів і локдаунів під час пандемії.

5. Екологізація. Власники домашніх тварин більше, ніж інші верстви населення, приділяють увагу збереженню довкілля. Вони намагаються обмежити використання пластику, віддаючи перевагу екологічним товарам і упаковці.

Таким чином, тенденції і основні показники ринку обговорюються майже у всіх джерелах, але по-перше, джерел з даної тематики недостатньо, по-друге, в основному, в цих джерелах наводяться міркування експертів або прогнози міжнародних статистичних і консалтингових агенцій. Під час аналізу доступних публікацій автори не зустріли жодної, в якій будувалися прогнози показників ринку, побудовані авторами за допомогою використання формалізованих методів прогнозування, зокрема, екстраполяційних методів. Саме застосуванню означених методів для прогнозування обсягів глобального, європейського та українського ринків і присвячена наша робота.

Мета і предмет дослідження. Метою цієї статті є дослідження актуальних тенденцій на глобальному та європейському, а також на вітчизняному ринках кормів для домашніх тварин та побудова прогнозів їх показників за допомогою трендового аналізу та адаптивних методів прогнозування. Предметом дослідження виступають побудовані на основі формалізованих екстраполяційних методів моделі попиту, що дозволяють здійснити прогнозування динаміки попиту на зоотовари, зокрема, харчування для домашніх тварин, і побудувати короткострокові прогнози. Отже, основним завданням цього дослідження є побудова короткострокових прогнозів показників petfood на глобальному, європейському та українському ринках.

Основні результати дослідження. Показниками, що відображують попит на товари pet food на світовому ринку в грошових та кількісних одиницях вимірювання, були вибрані: загальний дохід на продукти харчування для домашніх тварин в млрд. дол. США (Pet Food Global Revenue, billions USD), загальний світовий обсяг збуту корму для тварин в млрд. кг (Pet Food Global Volume, billions kg). Інформація щодо цих показників розглядалася в звіті INDARU і відповідно дані вибиралися із джерела (INDARU, 2023). Для побудови прогнозів щодо європейського ринку розглядалася динаміка щорічних продажів зоотварів в Європі з 2010 по 2022 рік (STATISTA, 2023).

Отже, показники ринків харчування для домашніх тварин надаються у вигляді часових рядів, тобто послідовно розташованих в часі величин того чи іншого чинника, що дозволяє відобразити еволюцію даного чинника, а в даному випадку і тенденції змінювання досліджуваного ринку.

Процедура екстраполяційного прогнозування за допомогою часових рядів складається з декількох етапів: попередній аналіз даних; усвідомлення того, які компоненти часового ряду дійсно наявні в ньому; побудова моделей: формування декількох функцій для апроксимації і параметризація обраних моделей; перевірка адекватності моделей і оцінка їх точності; вибір найкращої моделі за критеріями адекватності і точності; розрахунок прогнозів.

Для побудови прогнозних моделей застосовувалися такі різновиди екстраполяційних методів як методи трендового аналізу та методи експоненціального згладжування. Саме цим методам віддає перевагу більшість дослідників, коли йдеться про короткострокові прогнози. А в сучасній ситуації масштабна війна з Росією впливає не тільки на утрудненість довготривалих прогнозів для українських ринків, але і для глобального і європейського ринку.

Серед методів прогнозування екстраполяції популярною є екстраполяція за допомогою трендових кривих, що виявляють в часовому ряді основну тенденцію з продовженням її в майбутнє. Цей метод є досконало простим і дає можливість для прогнозування приблизного середнього, що забезпечує непогану точність на короткостроковому інтервалі.

Метод експоненціального згладжування будує прогнози нових значень часових рядів на підставі експоненціального зменшення впливу перших значень ряду на користь більш пізніх спостережень. Цей метод входить до ряду адаптивних методів прогнозування, оскільки є

чутливим до тих значень, які знаходяться поряд з прогнозними, тобто прогноз під них адаптується.

Цей метод не потребує великих вибірових послідовностей для свого втілення, але інтенсивно аналізує набори даних з точки зору інформаційної цінності різних рівнів часового ряду. У числі переваг методу також необхідно зауважити його точність, яка збільшується зі збільшенням числа рівнів динамічного ряду.

Передпрогнозне оброблення статистичних рядів передбачає перевірку на аномальність рівнів та існування тренду. Для всіх розглянутих вибірок відсутність аномальних рівнів була перевірена за допомогою методу Ірвіна, а існування тренду дисперсії або середнього підтвердилося із застосуванням методу Форстера-Стюарта.

Світовий ринок кормів для домашніх тварин зростає. За 2022 рік за даними консалтингової медіа-агенції INDARU загальний обсяг ринку досяг 51 млн тон, і в наступні 5 років буде збільшуватись із середньорічним темпом зростання 7,2%. К 2027 року експерти прогнозують, що обсяг ринку наблизиться до 72 млн тон. В грошовому еквіваленті загальний обсяг продажів на глобальному ринку оцінювався в 2022 році на рівні 136 млрд доларів (INDARU, 2023).

За даними (INDARU, 2023) за допомогою трендового аналізу були побудовані прогнозні моделі динаміки світового ринку petfood. Наявність тренду була для обох рядів перевірена за допомогою методу Форстера- Стюарта і для обох рядів підтвердилася.

Важливим етапом побудови трендової моделі є підбір функції тренду. Як для часового ряду показника світового доходу від продажів корму для тварин, так і для показника загального обсягу світового ринку в натуральних одиницях обиралися декілька функціональних залежностей і на основі значення коефіцієнту детермінації R^2 обирались найкраща. Для часового ряду світового доходу від продажу корму для домашніх тварин найкращою за величиною коефіцієнта детермінації була експоненціальна модель $y=61.889e^{0.0796x}$, $R^2=0,9633$. Для світового обсягу збуту харчування для домашніх тварин була відібрана логарифмічна крива зростання $y=3800.5\ln(x)-28879$, $R^2=0,9519$.

Адекватність отриманих моделей перевірялась на основі аналізу залишкової компоненти, яка, як відомо (Здрок та ін., 2010), має бути нормально розподіленою, випадковою, некорельованою і з нульовим середнім. Обидві моделі цю перевірку пройшли.

Доведення адекватності трендових моделей дозволяє за їх допомогою побудувати точкові і інтервальні прогнози для показників світового ринку Pet Food. Як для показника загальної вартості світового ринку, так і для величини загального обсягу продажу харчування для домашніх тварин були побудовані точкові та інтервальні прогнози на 4 наступних роки (періоди).

Для побудови точкових прогнозів номер майбутнього періоду (майбутній рік) підставлявся в рівняння тренду. Для побудови інтервальних прогнозів застосовувалася формулу (1).

$$\left[\hat{y}_{n+L} - t_{\text{кріт}} \sigma_y \sqrt{\frac{n+1}{n} + \frac{(n+L-\bar{t})^2}{\sum_{t=1}^n (t-\bar{t})^2}}; \hat{y}_{n+L} + t_{\text{кріт}} \sigma_y \sqrt{\frac{n+1}{n} + \frac{(n+L-\bar{t})^2}{\sum_{t=1}^n (t-\bar{t})^2}} \right] \quad (1)$$

де $t_{\text{кріт}}$ – критичне значення критерію Стьюдента для $(n-k)$ ступенів свободи і рівня значущості α ,

k – кількість незалежних змінних, що обчислюються для рівняння обраної кривої зростання (для експоненціальної та логарифмічної кривої $k=2$);

n – кількість рівнів часового ряду;

σ_y – стандартне відхилення спостережених значень часової вибірки від розрахункових;

t – номер періоду часу (номер рівня ряду), $t = \overline{1, n}$;

\bar{t} – номер медіанного рівня ряду, тобто $\bar{t} = \frac{n+1}{2}$.

В таблицях 1 та 2 представлені точкові та інтервальні прогнози для показників вартості світового ринку та загального обсягу світового ринку. При цьому вартість світового ринку наближалася експоненціальною моделлю, а загальний обсяг – логарифмічною.

Таблиця 1 – Точковий та інтервальний прогноз загальної вартості світового ринку Pet Food на майбутні 4 періоди**Table 1 – Point and interval forecast of the total value of the global Pet Food market for the next 4 periods**

Період прогнозу (рік)	Нижня границя інтервального прогнозу	Точковий експоненціальний прогноз	Верхня границя інтервального прогнозу	Точкові прогнози INDARU	Точкові прогнози Statista
10 (2023)	124,3000733	137,1866569	150,0732	147	143,6
11 (2024)	134,91522	148,5530982	162,191	163	149,9
12 (2025)	146,3857056	160,8612927	175,3369	180	158,6
13 (2026)	158,8036668	174,1892685	189,5749	200	167,7

Джерело: авторська розробка

Таблиця 2 – Точковий та інтервальний прогноз загального випуску світового ринку Pet Food на майбутні 4 періоди**Table 2 – Point and interval forecast of the total output of the world Pet Food market for the next 4 periods**

Період прогнозу (рік)	Нижня границя інтервального прогнозу	Точковий логарифмічний прогноз	Верхня границя інтервального прогнозу	Точкові прогнози INDARU
10 (2023)	51.68615	48.299	55.0733	53
11 (2024)	53.56433	49.97971	57.14896	58
12 (2025)	55.44158	51.63677	59.2464	62
13 (2026)	57.31791	53.27391	61.36191	66

Джерело: авторська розробка

Наведені прогнози ми порівнювали з прогнозами, які були здійснені фахівцями консалтингового агентства INDARU (INDARU, 2023), а також с даними про вартість світового ринку Pet Food на порталі Statista (STATISTA, 2023). Точковий прогноз, виконаний фахівцями порталу Statista опинився в середині довірчого інтервалу побудованого нами прогнозу, що свідчить про його надійність і якість.

Точність отриманого прогнозу перевірялася також за допомогою обчислення показника MAPE, відносної середньої похибки апроксимації, порівнюючи модельні дані, отримані в раніше спостережених точках. Для загальної вартості світового ринку MAPE = 3,2%, а для загального обсягу світового ринку MAPE=2,2%, що є досить високим показником точності прогнозованої моделі.

На рис. 1 показаний підбір кривої тренда для показника щорічних продажів з 2014 по 2022 рік в Європі.

Помітно, що у більшій частині побудованих на графіку трендових моделей коефіцієнти детермінації не перебільшують 0.42, що свідчить про їх надзвичайно низьку якість. Винятком є тільки поліноміальні моделі, але спеціалісти не рекомендують використовувати їх для трендового аналізу.

Отже, для показника динаміки щорічних продаж продуктів харчування для тварин в Європі не вдалося побудувати адекватної трендової моделі. Але надійну прогнозну модель для цього ринку виявилось можливим отримати за допомогою адаптивних методів, зокрема, метода потрійного експоненціального згладжування. Зауважимо, що і прогнозування показників глобального ринку Petfood за допомогою методів експоненціального згладжування теж дало відмінні результати.

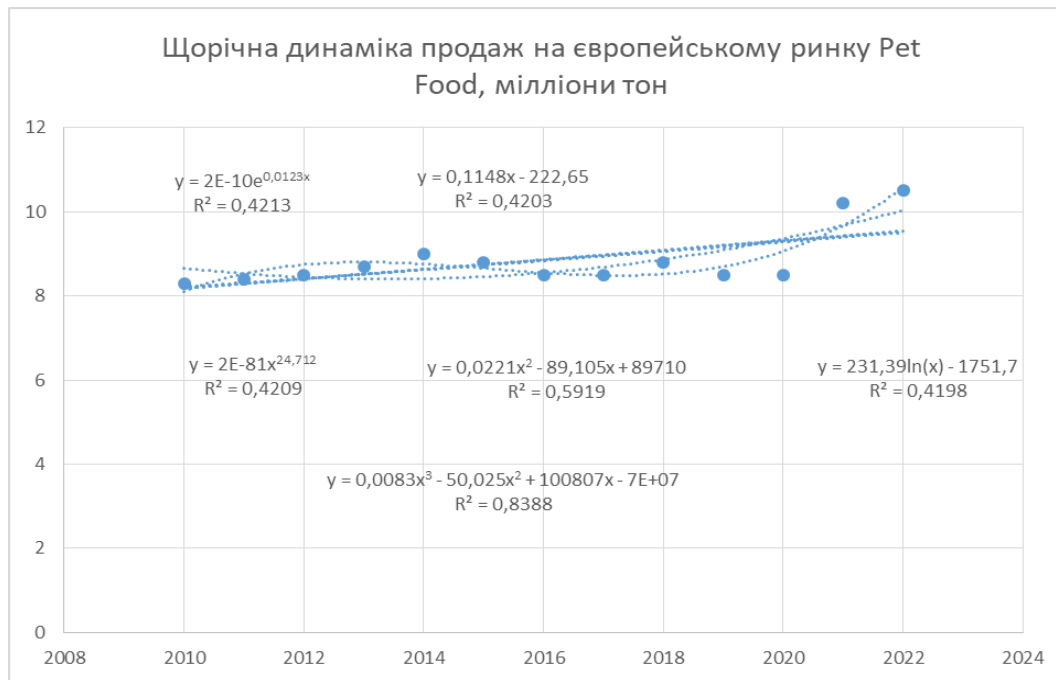


Рис. 1. Графіки часового ряду та трендових кривих щорічних продаж харчування для домашніх тварин в Європі

Fig. 1. Time series graphs and trend curves of annual pet food sales in Europe

Джерело: авторська розробка

Ідея методу експоненціального згладжування (Everette & Gardner, 1985) полягає в наближеному описі тенденції часового ряду ковзними середніми, що надаються формулами:

$$S_t^1 = \alpha y_t + (1 - \alpha)S_{t-1}^1; \quad (2)$$

$$S_t^2 = \alpha S_t^1 + (1 - \alpha)S_{t-1}^2 \quad \text{і т. д.} \quad (3)$$

В формулах (2) – (3) S_t^1 і S_t^2 - експоненціальні середні першого і другого порядків; y_t – рівень часового ряду з номером t ; α – коефіцієнт згладжування. Оскільки часовий ряд є функцією t , його можна представити у вигляді ряду Тейлора, тобто поліномом від t порядку p

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \frac{\alpha_2}{2!} t^2 + \dots + \frac{\alpha_p}{p!} t^p + \varepsilon_t.$$

В залежності від порядку цього поліному йдеться про просте, подвійне або потрійне згладжування часового ряду.

З використанням методу потрійного згладжування для часового ряду світового обсягу харчування для тварин і для ряду європейських щорічних продажів корму для домашніх тварин, вдалося отримати надійні моделі, залишки яких були випадковими, розподіленими нормально з нульовим математичним сподіванням і відсутністю автокореляції.

В методі потрійного експоненціального згладжування тенденція вихідного ряду наближується функцією $\hat{y}_t = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 t + \frac{\hat{a}_2}{2!} t^2$, причому за теоремою Брауна-Майера оцінки

параметрів \hat{a}_0 , \hat{a}_1 , \hat{a}_2 можуть бути виражені через експоненціальні середні першого, другого і третього порядків, отже набувають вигляду:

$$\hat{a}_0 = 3(S_t^1 - S_t^2) + S_t^3,$$

$$\hat{a}_1 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6-5\alpha)S_t^1 - 2(5-4\alpha)S_t^2 + (4-3\alpha)S_t^3], \quad (4)$$

$$\hat{a}_2 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_t^1 - 2S_t^2 + S_t^3).$$

Прогноз для k -го періоду обчислюється за формулою (5)

$$\hat{y}_{t+k} = \hat{a}_0 + k\hat{a}_1 + \frac{1}{2}k^2\hat{a}_2. \quad (5)$$

Довірчий інтервал для точкового прогнозу розраховується за формулою (6):

$$\hat{y}_{t+k} - t_{\alpha/2} \sigma_{\hat{y}_{t+k}} \leq \hat{y}_{t+k} \leq \hat{y}_{t+k} + t_{\alpha/2} \sigma_{\hat{y}_{t+k}}. \quad (6)$$

Середнє квадратичне відхилення помилки прогнозу обчислюється за формулою (7):

$$\sigma_{\hat{y}_{t+k}} = \sigma_{\varepsilon_i} \sqrt{2\alpha + 3\alpha^2 + 3\alpha^3 k^2}, \quad \text{де } \sigma_{\varepsilon_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^t (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-4}}. \quad (7)$$

Для прогнозування показника загального світового обсягу харчування для тварин (млрд. кг) за період з 2014 по 2022 р. була побудована модель потрійного експоненціального згладжування. В формулах (4) для обчислення коефіцієнтів $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$ був розрахований оптимальний параметр згладжування $\alpha=0,544$. На передпрогнозному інтервалі модель оцінювалась з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,99$. Середня відносна похибка апроксимації дорівнювала 0,4%.

У відповідності з формулами (5) і (6) були побудовані інтервальні і точкові прогнози показника на наступні чотири роки. Ці результати продемонстровані в таблиці 3.

Таблиця 3 – Точковий та інтервальний прогноз світового обсягу харчування для тварин на майбутні 4 періоди

Table 3 – Point and interval forecast of the world volume of food for animals for the next 4 periods

Період прогнозування, k	Нижня границя інтервального прогнозу	Точковий прогноз за моделлю потрійного експоненційного згладжування	Верхня границя інтервального прогнозу
1	83055,68	83055,7	83055,72
2	69493,49	69493,52	69493,55
3	44328,52	44328,56	44328,6
4	7560,778	7560,824	7560,87

Джерело: авторська розробка

Наступним прикладом застосування методу потрійного експоненціального згладжування було прогнозування щорічних продаж харчування для домашніх тварин на європейському ринку. Зауважимо, що ринок зоотоварів Західної Європи є другим за ємністю після ринку Північної Америки ринком. Його частка в споживанні продукції для тварин становить 21-24% від загального обсягу світового ринку, хоча прогнозується її зниження до 2027 року на величину від 8% до 14 %.

Продажі на європейському ринку харчування для тварин вимірювались в мільйонах тон і розглядались за період з 2010 по 2022 рік. Оптимальний параметр згладжування α , що використовувався для обчислення коефіцієнтів $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$, був отриманий з критерію

мінімізації суми квадратів залишків моделі і дорівнював 0.538. При отриманні ретропрогнозу коефіцієнт детермінації склав 0,99. А середня відносна похибка апроксимації MAPE дорівнювала 0,49%.

Для цього показника також були побудовані інтервальні і точкові прогнози на попередні чотири роки. Ці прогнози наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Точковий та інтервальний прогноз щорічних європейських продаж харчування для тварин на майбутні 4 періоди

Table 4 – Point and interval forecast of annual European sales of animal nutrition for the next 4 periods

Період прогнозування, к	Нижня границя інтервального прогнозу	Точковий прогноз за моделлю потрійного експоненційного згладжування	Верхня границя інтервального прогнозу
1	10,69886	10,82073411	10,94261
2	11,07982	11,23312362	11,38642
3	11,63449	11,82919766	12,02391
4	12,36795	12,60895624	12,84997

Джерело: авторська розробка

Таким чином, застосування адаптивних методів, зокрема методу потрійного експоненціального згладжування для прогнозування показників світового і європейського ринку дозволяє отримати надійні і достатньо точні прогнози, про що свідчить достатньо вузький інтервальний прогноз і критерії R^2 та MAPE.

Нарешті розглянемо прогнозування вітчизняного ринку зоотоварів. Український ринок кормів та інших товарів для домашніх тварин досить молодий в порівнянні з ринками Європи в Америці. Він почав формуватися з середини дев'яностих і досить стрімко збільшується у обсязі. На думку експертів галузі він входить в десятку найшвидше зростаючих ринків кормів планети. Як вже згадувалось, він є одним із небагатьох українських ринків, який вистояв в умовах повномасштабної війни з Росією, але війна вплинула на те, що з 2022 року темп зростання нашої petfood-галузі уповільнився. Як зауважено в (Косар & Заяць, 2024), з початком війни зменшився обсяг сукупних продажів в натуральному обсязі. На думку спеціалістів це було викликано тим, що частина споживачів зі своїми домашніми улюбленцями залишалася на окупованих територіях, а значна кількість вивозила тваринок за кордон. І лише через збільшення рівня інфляції в Україні відбулося зростання petfood-ринку в грошових одиницях.

Неприємною особливістю вітчизняного ринку зоотоварів є брак статистичної інформації щодо показників petfood індустрії, а ті джерела, що все ж таки вдається знайти, часто суперечать одне одному. Побудована в цій роботі трендова модель динаміки petfood ринку в Україні у 2015 - 2023 р. ґрунтується на даних, обраних в джерелах (Косар та ін., 2023), (Косар & Заяць, 2024), (Schleicher et al., 2019). Діаграма розсіювання обсягів українського ринку в натуральних показниках виявилася подібною до відомої функції Торнквіста для малоцінних товарів, яка описується такою формулою:

$$y = \frac{\alpha t(t + \beta)}{t^2 + \gamma}, \quad (8)$$

де y – це щорічний обсяг українського ринку зоотоварів, в тис. тон;

t – номер періоду часу;

α , β , γ – константи, які треба оцінити в ході трендового аналізу.

Шляхом нескладних перетворень рівняння (8) було лінеаризовано, і за допомогою регресійного аналізу були знайдені коефіцієнти α , β , γ . Отже, для цього випадку $\alpha=438,71$; $\beta=5,56$; $\gamma=-35,47$; $R^2=0,99$. З урахуванням оцінених значень (8) має вигляд:

$$y = \frac{438,71t(t - 5,56)}{t^2 - 35,47}. \quad (9)$$

В таблиці 5 наведені спостережені і обчислені за моделлю функції Торнквіста значення щорічних обсягів українського ринку зоокормів.

Таблиця 5 – Реальні і модельні значення обсягів вітчизняного ринку кормів для домашніх тварин**Table 5 – Real and model values of the volumes of the domestic pet food market**

№ періоду	Рік	Реальні значення обсягу ринку, тис. тон	Значення обсягів ринку, побудовані за моделлю функції Торнквіста, тис. тон
1	2015	59	58.0858
2	2016	64	95.32934
3	2017	73	113.591
4	2018	162.95	150.7888
5	2019	214.45	185.9132
6	2020	302.95	274.9743
7	2021	350.35	359.4856
8	2022	304.2	307.6613
9	2023	305.4	314.7363

Джерело: авторська розробка з використанням даних в (Косар та ін., 2023) і (Schleicher et al., 2019)

На рис. 2 дані з таблиці 5 представлені в графічному вигляді.

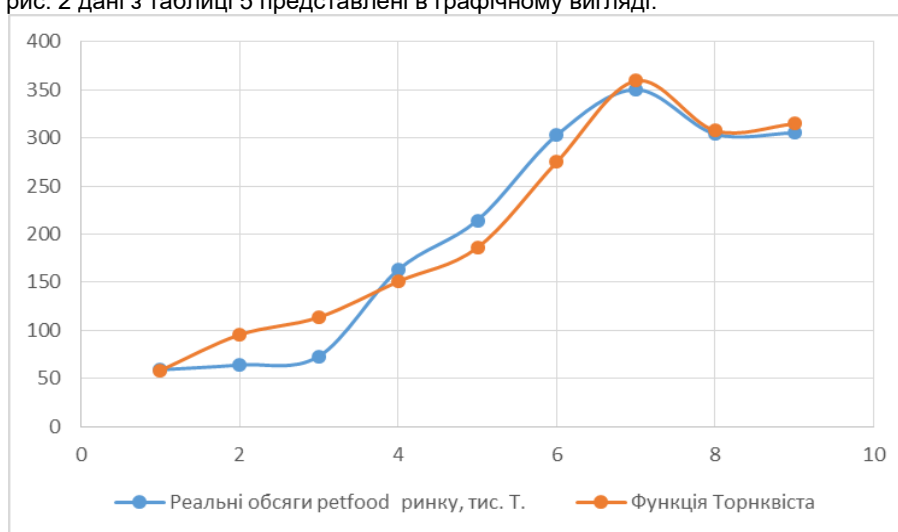


Рис. 2. Графіки часового ряду та трендової кривої функції Торнквіста щорічних обсягів харчування для домашніх тварин в Україні

Fig. 2. Graphs of the time series and the trend curve of the Tornquist function of annual volumes of pet food in Ukraine

З аналізу графіку на рис. 2 і таблиці 5 можна зробити висновок, що хоч модель Торнквіста якісно відстежує поведінку часового ряду обсягів українського petfood ринку, точність цієї моделі не є дуже високою. Середня відносна помилка апроксимації, MAPE, для цієї моделі дорівнює 15%, що вже знаходиться на межі припустимої величини похибки. Можливо, на якість моделі впливає невизначеність початкових даних.

Однак, модель (9) можна використовувати для прогнозування, і для неї були розраховані точкові та інтервальні прогнози (таблиця 6). Як і завжди, точковий прогноз розраховувався підстановкою відповідного періоду в формулу (9), а інтервальні прогнози розраховувалися за формулою (1).

З таблиці 6 видно, що обсяги українського ринку харчування для домашніх тварин з 2024 по 2027 рік повільно зростатимуть.

До інших тенденцій українського ринку харчування для тварин, які виокремлені в працях українських дослідників (Кобиліух, 2023а), (Кобиліух, 2023б), (Обнявко & Бербер, 2023), можна віднести такі, як урбанізація, збільшення собівартості продукції внаслідок кризової ситуації в економіці, що призводить до подорожчання енергоносії, транспортних перевезень тощо; консолідація попиту споживачів навколо провідних брендів; зростання споживання кормів медіа-сегмента за рахунок переходу до цього сегмента споживачів кормів преміум-класа; зростання сегменту економ-кормів.

Також на українському ринку присутні загальносвітові тенденції до вживання екологічно чистої продукції і упаковки, поволі збільшується споживання високопротеїнових кормів, зростає інтерес до вегетаріанської продукції.

Таблиця 6 – Точковий та інтервальний прогнози щорічних обсягів харчування для тварин в Україні на майбутні 4 періоди

Table 6 – Point and interval forecasts of annual amounts of food for animals in Ukraine for the next 4 periods

Період прогнозування, к	Рік	Нижня границя інтервального прогнозу	Точковий прогноз за моделлю функції Торнквіста	Верхня границя інтервального прогнозу
1	2024	160,60	301,70	442,80
2	2025	158,12	306,80	455,49
3	2026	155,88	312,27	468,66
4	2027	153,48	317,67	481,86

Джерело: авторська розробка

Висновки. Загальносвітові тенденції свідчать, що на сучасному етапі глобальний ринок кормів для домашніх тварин є потужним і зростаючим. Його впевнене зростання супроводжується такими особливостями як гуманізація, збільшення частки покупців в секторі е-комерції, екологізація споживання. Перелічені характерні риси яскраво проявляються і на європейському ринку кормів і зоотоварів, оскільки європейські країни стоять на другому місці за часткою в світовому обсязі зоотоварів після споживачів США. І на вектор зростання європейського сегменту мало вплинули пандемія COVID і війна Росії з Україною.

Вітчизняний ринок кормів для домашніх тварин почав формуватися відносно недавно. І тому, за своєю структурою і масштабом він суттєво відстає від відповідних ринків країн ЄС і США, однак обсяги реалізації кормів для домашніх тварин в Україні мають сталу тенденцію до зростання.

Отже актуальним для науковців є передбачення і прогнозування подальшого розвитку світового, європейського і українського ринку. Для побудови прогнозів автори скористалися поширеними і досить простими екстраполяційними методами, а саме, методами побудови трендових кривих та адаптивними методами експоненціального згладжування. Були отримані прогнозні моделі і короткострокові прогнози на попередні 4 роки для загальної вартості світового ринку харчування для домашніх тварин і загального обсягу попиту на цю продукцію в масштабах всього світу, а також для показників щорічних продажів на європейському ринку. За допомогою трендового аналізу була побудована функція Торнквіста для прогнозування обсягів українського ринку харчування для домашніх тварин і обчислені прогнози цього показника на майбутні чотири роки. Всі прогнозні моделі задовольняли критеріям адекватності і демонстрували задовільну точність під час побудови ретропрогнозів. Більш довготривалі прогнози в обставинах війни автори не вважають доцільними.

В подальших перспективах дослідження цих популярних і ефективних ринків є застосування регресійних моделей для оцінки впливу різноманітних факторів на динаміку ринкових показників. Побудова прогнозів за допомогою регресійних моделей також буде актуальною, оскільки у відповідності із загальними трендами соціалізації економіки зоосфера набирає популярності і відіграє все більшу роль в соціальному житті населення і організації його дозвілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сім'ячко О. Класифікація кормів для домашніх тварин. *Товари і ринки*. 2020. №4. С.65–73. DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020\(36\)06](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020(36)06)
2. Косенко Ю.М., Зарума Л.Є., Везденко О.С., Шкільник О.С.. Корми для домашніх тварин на ринку України. *Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин*. 2020. 21(2). С. 65–73. DOI: <https://doi.org/10.36359/scivp.2020-21-2-07>
3. Ковальчук А.А., Голембовська Н.В., Дорофій Д.О., Слободянюк Н.М. Стан і перспективи розвитку ринку кормів для домашніх тварин. *SWorld*. 2017. Т. 1 (48). С. 50-54.
4. Сіренко С. Вивчення ринку і формування попиту на ринку кормів для домашніх тварин. *Економіка та управління підприємствами*. 2019. Вип. 32. С. 213-217.
5. Мамчин М. Ринок кормів для домашніх тварин в Україні: маркетингові аспекти. *Економіка і суспільство*. 2018. Вип. 14. С. 202-207.
6. Косар Н.С., Кузьо Н.Є., Кузьо О.І. Особливості маркетингової комунікаційної політики вітчизняних виробників кормів для домашніх тварин. *Via Economica*. 2023. Вип. 2. С. 46-53. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8559/2023-2-7>
7. Косар Н., & Заяць, П. Інструменти маркетингових онлайн-комунікацій на ринку кормів для домашніх тварин. *Економіка та суспільство*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-147>
8. Кобиліух О. SWOT- аналіз як інструмент вибору стратегії розвитку у petfood індустрії. *Економіка та суспільство*. 2023а. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-2>
9. Кобиліух О. (2023b). Головні тренди розвитку ринку кормів для домашніх тварин у світі та в Україні. *Академічні візії*. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10441147>
10. Roberts R. Pet industry Trends, growth & statistics in 2021 and Beyond: Unleashing your Ecommerce Pet marketing strategies. 2021. URL: <https://commonthreadco.com/blogs/coachscorner/pet-industry-trends-growth-ecommerce-marketing>.
11. Wall T. 5 trends shape the global petfood industry in 2022. 2022. URL: <https://www.petfoodindustry.com/news-newsletters/pet-food-news/article/15468927/5-trends-shape-the-global-pet-food-industry-in-2022>
12. Schleicher M., Cash S. and Freeman L. Determinants of pet food purchasing decisions. *The Canadian Veterinary Journal*. 2019. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6515811>.
13. Priya R.J., Nandhini M. Evolving opportunities and trends in the pet industry – an analytical study on pet products and services. *Reveals the Evolving Opportunities and Trends in the Pet Products and Services Industry in India*. 2019.
14. Wangyi Z., Hengyuan C., Lu L. Analysis of the Future Development Trend of the Pet Industry // Proceedings of the 2022 7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2022). *Advances in Economics, Business and Management Research*. 2022. Vol. 211. P. 1682-689. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220307.275>
15. Gates M C, Walker J, Zito S., Dale A. Cross-sectional survey of pet ownership, veterinary service utilisation, and pet-related expenditures in New Zealand. *New Zealand Vet Journal*. 2019, Vol. 67(6). P. 306-314. DOI: <https://doi.org/10.1080/00480169.2019.1645626>
16. FINAL – Indaru Market Research – Pet Food Industry. 2023. INDARU. URL: <https://www.indaru.com/wp-content/uploads/2023/01/FINAL-Indaru-Market-Research-Pet-Food-Industry.pdf>
17. STATISTA. 2023. URL: <https://www.statista.com/statistics/515329/pet-food-sales-volume-europe/>
18. Здрок В. В., Лагоцький Т. Я. Економетрія. Підручник. К: Знання, 2010. 541 с.
19. Everette S., Gardner Jr. Exponential smoothing: The state of the art. *Journal of forecasting*. 1985. Т. 4, № 1. С. 1-28.
20. Обнявко О. В., Бербер А. 1. Ринок кормів для домашніх тварин: сучасний стан та вектори розвитку // Наукові проблеми господарювання на макро-, мезо- та мікроекономічному рівнях : зб. матеріалів XXI Міжнар. наук.-практ. конф. Одеського національного економічного університету, 26-27 квітня 2023 р. Одеса: ОНЕУ, 2023. С. 180-182. DOI: <https://doi.org/10.32680/npg.conf.oneu.2023>

Стаття надійшла до редакції 15.04.2024

Стаття рекомендована до друку 30.05.2024

REFERENCES

1. Simiachko O. (2020). Pet food classification. *Tovari i rinki*, 4, 65-73. doi: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020\(36\)06](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020(36)06) (in Ukrainian)
2. Kosenko, Yu. M., Zaruma, L. E., Vezdenko, O. S., Shkilnyk, O. S.. (2020). Pet Food on the Market of Ukraine. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 21(2), 65-73. DOI: <https://doi.org/10.36359/scivp.2020-21-2.07> (in Ukrainian)
3. Kovalchuk, A., Dorofy, D., Golembovskaya, N., Slobodyanyuk, N. (2017). The Condition And Prospects Of Development Of The Market Of Animal Feedings. *SWorld*, 1(48), 50-54. (in Ukrainian)
4. Sirenko, S. (2019). Market research and demand formation in the pet food market. *Economics and enterprise management*, 32, 213-217. (in Ukrainian)
5. Mamchin, M. (2018). The pet food market in Ukraine: marketing aspects. *Economy and society*, 14, 202-207. (in Ukrainian)
6. Kosar, N., Kuzo, N., Kosar, O. (2023). Features Of Domestic Pet Food Manufacturers Marketing Communication Policy. *Via Economica*. 2, 46-53. doi: <https://doi.org/10.32782/2786-8559/2023-2-7> (in Ukrainian)
7. Kosar, N., Zaiats, P. (2024). Instruments Of Online Marketing Communications In The Pet Food Market. *Economy and society*. doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-147> (in Ukrainian)
8. Kobylyukh. O. (2023a). SWOT Analysis As A Tool For Choosing A Development Strategy In The Petfood Industry. *Economy and society*. doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-2> (in Ukrainian)
9. Kobylyukh. O. (2023b). Main trends in the development of the pet feed market in the world and in Ukraine. *Academy vision*. doi: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10441147> (in Ukrainian)
10. Roberts, R. (2021). Pet industry TRENDS, growth & statistics in 2021 and Beyond: Unleashing your Ecommerce Pet marketing strategies. Retrieved from <https://commonthreadco.com/blogs/coachscorner/pet-industry-trends-growth-ecommerce-marketing>.
11. Wall, T. (2022). 5 trends shape the global petfood industry in 2022. Retrieved from <https://www.petfoodindustry.com/news-newsletters/pet-food-news/article/15468927/5-trends-shape-the-global-pet-food-industry-in-2022>
12. Schleicher, M., Cash, S. and Freeman, L. (2019). Determinants of pet food purchasing decisions. *The Canadian Veterinary Journal*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6515811>.
13. Priya, R & Nandhini, M. (2019). Evolving opportunities and trends in the pet industry – an analytical study on pet products and services. *Reveals the Evolving Opportunities and Trends in the Pet Products and Services Industry in India*.
14. Wangyi, Z., Hengyuan, C., Lu, L. (2022). Analysis of the Future Development Trend of the Pet Industry // *Proceedings of the 2022 7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2022)*. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 211, 1682-1689.
15. Gates, M C, Walker, J, Zito, S., Dale, A. (2019). Cross-sectional survey of pet ownership, veterinary service utilisation, and pet-related expenditures in New Zealand. *New Zealand Vet Journal*, 67(6), 306-314. doi: <https://doi.org/10.1080/00480169.2019.1645626>
16. INDARU (2023). FINAL - Market Research - Pet Food Industry. Retrieved from <https://www.indaru.com/wp-content/uploads/2023/01/FINAL-Indaru-Market-Research-Pet-Food-Industry.pdf>
17. STATISTA. (2023). Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/515329/pet-food-sales-volume-europe/>
18. Zdrok, V. V., Lagotskyi, T. Ya. (2010). Econometrics. Textbook. K: Knowledge. (in Ukrainian)
19. Everette S. Gardner Jr. (1985). Exponential smoothing: The state of the art. *Journal of forecasting*, 4(1), 1-28.
20. Obniavko, O. V., Berber, A. I. (2023). Pet Feed Market: Current State And Vectors Of Development. *Scientific problems of management at the macro-, meso- and microeconomic levels*:

collection. materials of XXI International science and practice conf. Odessa National University of Economics, 26-27 April 2023. Odessa: ONEU, 180-182. doi: <https://doi.org/10.32680/npg.conf.oneu.2023> (in Ukrainian)

The article was received by the editors 15.04.2024
The article is recommended for printing 30.05.2024

O. NIKOLAIEVA*, Ph.D. (Mathematics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics and Applied Economics

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1105-7227>, e-mail: elena.nikolaeva@karazin.ua

YE. SVISHCHOVA*, Ph.D. (Mathematics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics and Applied Economics

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0523-5293>, e-mail: esvishchova@karazin.ua

A. HLADKA*, Student

e-mail: gladkaya2021eg11@student.karazin.ua

* V.N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

ANALYSIS AND FORECASTING OF PET FOOD MARKETS USING EXTRAPOLATION METHODS

One of the manifestations of the socialization of the economy is a change in the behavior of consumers, which leads to shifts in the structure of markets, the nomenclature of goods presented on them, and fluctuations in the ratio between supply and demand. A vivid example of such changes is the market of pet products, where thanks to the phenomenon of humanization of the attitude towards animals, it became possible to observe the growth of the market as a whole, and the appearance of new products and services for four-legged consumers. In this study, the main markets for distribution of pet products are analyzed, in particular, world, European and Ukrainian. General trends and factors influencing them are highlighted. The analysis of this market in Ukraine made it possible to identify common features in the development of the domestic pet industry and in the countries of Europe and the whole world, and to prove that the domestic market of pet products is promising. Sales volumes of Ukrainian pet food market show a stable upward trend. From the variety of formalized methods for forecasting the demand in pet food markets, the authors chose extrapolation methods, namely, methods of trend analysis and adaptive methods of exponential smoothing. Using trend models, as well as adaptive methods, point and interval forecasts of demand indicators on the global and European markets were built. Trend models were built for the total value of the global pet food market and the total demand for these products worldwide. Point and interval forecasts were built on the basis of these models with a sufficient degree of adequacy and accuracy. The trend model of the Tornqvist function was applied to build forecasts on the Ukrainian pet food market. To forecast the annual European sales of animal nutrition, the adaptive method of triple exponential smoothing was applied and point and interval forecasts for the next four periods were obtained. In all cases, the selected predictive models demonstrated satisfactory predictive ability and satisfied the adequacy criteria.

Keywords: **pet market, pet food, trend models and adaptive forecasting methods, exponential smoothing, point and interval forecasts.**

JEL Classification: C53, D49, M31.

Як цитувати: Николаєва О.Г., Свіщова Є.В., & Гладка А.С. (2024). Аналіз і прогнозування ринків харчування для домашніх тварин екстраполяційними методами. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Економічна»*, (106), 26-38. <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2024-106-03>

In cites: Nikolaieva O., Svishchova YE., & Hladka A. (2024). Analysis and forecasting of pet food markets using extrapolation methods. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University Economic Series*, (106), 26-38. <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2024-106-03> (in Ukrainian)
