© С. Г. Куркула, Н. К. Максишко
ISSN 2311-5149

Отримано: 15 травня 2026 р.

Прорецензовано: 18 травня 2026 р.

Прийнято до друку: 31 травня 2026 р.

Дата публікації: 24 червня 2026 р.

email: sergeysergey0093@gmail.com

ORCID-ідентифікатор: https://orcid.org/0000-0003-0717-0291

email: maxishko@ukr.net

ORCID-ідентифікатор: https://orcid.org/0000-0002-0473-7195

DOI: http://doi.org/10.25264/2311-5149-2026-41(69)-348-360

Куркула С. Г., Максишко Н. К. Система підтримки прийняття рішень на ринку електромобілів. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія» : серія «Економіка».* Острог : Вид-во НаУОА, червень 2026. № 41(69). С. 348–360.

УДК: 005.53:[629.33:621.313]

JEL-класифікація: O32, M15, L86, D83

Куркула Сергій Геннадійович,
аспірант кафедри економічної кібернетики
Запорізького національного університету
Максишко Наталія Костянтинівна,
доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри економічної кібернетики
Запорізького національного університету

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА РИНКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

У статті розглянуто проблему підтримки прийняття рішень на ринку електромобілів, який характеризується складним характером динаміки та високим рівнем невизначеності. Визначено особливості прийняття рішень на ринку електромобілів та обґрунтовано необхідність створення спеціалізованої СППР. У роботі розроблено концептуальну модель та визначено системоутворюючі принципи побудови СППР, серед яких системність, орієнтація на нелінійну динаміку, інтеграція аналізу, прогнозування і прийняття рішень, а також врахування невизначеності. Розроблено модульну архітектуру системи, яка включає підсистеми збору та зберігання даних, аналізу, прогнозування, нечіткого моделювання та формування рекомендацій. Обґрунтовано функції, склад та взаємодію кожного модуля у межах єдиного інформаційно-аналітичного контуру. Особливістю запропонованої СППР є адаптивний вибір моделей прогнозування залежно від характеристик часових рядів і використання нечіткої логіки для формування рекомендацій для інвесторів, виробників та органів державного управління. Показано, що застосований підхід забезпечує узгоджене функціонування всіх підсистем СППР та підвищує обґрунтованість управлінських і інвестиційних рішень на ринку електромобілів.

Ключові слова: *система підтримки прийняття рішень, ринок електромобілів, прогнозування, аналіз часових рядів, нелінійна динаміка.*

Serhii Kurkula,
PhD student at the Department of Economic Cybernetics,
Zaporizhzhia National University
Nataliia Maksyshko,
Doctor of Economics, Professor,
Head of the Department of Economic Cybernetics,
Zaporizhzhia National University

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE ELECTRIC VEHICLE MARKET

This article investigates the problem of decision support within the electric vehicle (EV) market, which is characterized by volatile dynamics and high uncertainty. The study identifies specific decision-making features unique to the EV sector, substantiating the critical necessity of a specialized Decision Support System (DSS). To address this, a conceptual model is proposed, defining the fundamental design principles including a systems approach, an explicit orientation toward nonlinear dynamics, the systematic integration of analytical and forecasting processes, and the formal consideration of uncertainty parameters. Furthermore, a comprehensive modular architecture is developed, explicitly integrating data collection and storage, multi-factor analysis, time-series forecasting, fuzzy modeling, and strategic recommendation-generation subsystems. The functions, composition, and structural interactions of each distinct module within a unified information-analytical framework are thoroughly justified. A key distinctive feature of the proposed DSS lies in the adaptive selection of advanced forecasting models based on the specific behavior of time-series data, alongside the application of fuzzy logic algorithms to generate optimized recommendations for market investors, manufacturers, and public authorities. Ultimately, the empirical results demonstrate that the proposed methodological approach ensures the highly coordinated operation of all integrated DSS subsystems, thereby significantly improving the validity, transparency, and strategic efficacy of managerial and investment decisions within the global electric vehicle market.

Keywords: *decision support system, electric vehicle market, forecasting, time series analysis, nonlinear dynamics.*

Постановка проблеми. Ринок електромобілів на сучасному етапі розвитку світової економіки є одним із ключових сегментів ринків високих технологій та важливою складовою реалізації концепції сталого розвитку. Його функціонування відбувається в умовах стрімких технологічних змін, активного державного регулювання, трансформації споживчих переваг та високої чутливості до зовнішніх соціально-економічних чинників [1]. Світовий ринок електромобілів демонструє високий темп росту, глобальну диференціацію за регіонами та динамічні зміни у структурі продажів (зокрема, понад 20 млн електромобілів продано у 2025 р. – понад 22 % всіх нових автомобілів [2]). Одночасно зміни у державній підтримці та політиці впливу на ринок створюють нерівномірні середовища для розвитку у різних країнах. Додатковий вплив на поведінку споживачів створює нерівномірний розвиток інфраструктури, що безпосередньо впливає на динаміку продажів. Також, ринок електромобілів є дуже чутливим до будь-яких кризових явищ на нафтовому ринку [3]. Внаслідок цих особливостей, динаміка розвитку ринку електромобілів характеризується нелінійністю, нестаціонарністю та наявністю структурних зламів, що суттєво ускладнює процеси аналізу, прогнозування та прийняття управлінських і інвестиційних рішень.

За таких умов особливої складності набуває процес прийняття інвестиційних рішень, які повинні спиратися на достовірні оцінки майбутніх обсягів продажів електромобілів. Основними проблемами є низька точність прогнозних оцінок унаслідок обмеженості історичних даних, складність формалізації впливу різнорідних факторів на попит, а також необхідність урахування індивідуальних характеристик часових рядів, що прогнозуються. Додаткові труднощі виникають через відсутність моделей, здатних адекватно відображати коротко- та довгострокові тенденції розвитку ринку. У результаті інвестори змушені діяти за умов неповної визначеності щодо майбутніх обсягів реалізації, що підвищує ризик неефективного розподілу капіталу.

Окремою проблемою є обмеженість існуючих систем підтримки прийняття рішень, що застосовуються на високотехнологічних ринках. Класичні СППР орієнтовані переважно на роботу в умовах відносної стабільності й використовують жорстко формалізовані критерії вибору альтернатив.

В умовах високої невизначеності розвитку ринку електромобілів виникає необхідність прийняття комплексних інвестиційних та управлінських рішень щодо входження на ринок, визначення обсягів капіталовкладень у суміжні галузі та інфраструктуру, а також розробкою маркетингових стратегій та стратегій державної підтримки з урахуванням динаміки ринку. Для цього потребується підтримка при прийнятті рішень, що дозволить враховувати невизначеність і забезпечить гнучкість управління.

Зазначені обставини обумовлюють потребу у розробці спеціалізованих систем підтримки прийняття рішень, орієнтованих на врахування специфіки ринку електромобілів, інтеграцію методів нелінійної динаміки, адаптивного прогнозування й нечіткого моделювання, а також формування обґрунтованих рекомендацій для різних груп користувачів за умов динамічного середовища.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зважаючи на те, що ринок електромобілів є достатньо молодим, проблема підтримки прийняття рішень в електромобільній галузі є актуальною в науковому та бізнес-середовищі. У сучасних дослідженнях певна увага приділяється підтримці прийняття рішень для оцінювання привабливості електромобілів та компліментарних галузей, при цьому СППР визначаються як інтерактивні комп'ютеризовані системи, що забезпечують підтримку прийняття рішень у складних, слабоструктурованих задачах шляхом інтеграції даних, моделей та аналітичних інструментів [4].

У науковій літературі СППР визначаються як інтерактивні комп'ютеризовані системи, що забезпечують підтримку прийняття рішень у складних, слабоструктурованих задачах шляхом інтеграції даних, моделей та аналітичних інструментів [4]. Класичні підходи до побудови СППР, сформульовані Е. Турбаном та Д. Пауером [4; 5], передбачають трикомпонентну архітектуру з базою даних, базою моделей і базою знань, що доповнюється інтерфейсом користувача та самим користувачем як активним учасником процесу. Залежно від домінуючої компоненти у наукових джерелах виокремлюють чотири основні концептуальні підходи: data-driven (на основі аналізу великих обсягів даних), model-driven (на математичних та імітаційних моделях), knowledge-driven (на експертних знаннях і правилах) та системний підхід, що розглядає СППР як інтегровану структуру взаємопов'язаних компонентів. Сучасні розробки демонструють тенденцію до поєднання цих підходів, особливо для задач з високим рівнем невизначеності [6; 7].

Зазначені підходи формують теоретичну основу побудови СППР, проте їх практична реалізація вимагає урахування характеристик конкретного ринку. Як правило, такі системи не інтегрують результати аналізу нелінійної динаміки ринку, не враховують рівень невизначеності прогнозних оцінок і не забезпечують формування диференційованих рекомендацій для різних сценаріїв розвитку подій. Традиційні підходи до аналізу та прогнозування ринкових процесів, що базуються на лінійних економетричних моделях і трендових методах, виявляються недостатніми для адекватного відображення складної динаміки ринку електромобілів [8].

Водночас методи дискретної нелінійної динаміки, фрактального та фазового аналізу дають змогу враховувати складні взаємозв'язки між факторами та нелінійні залежності у часових рядах, ідентифікувати періоди нестабільності й потенційні точки перелому, що підтверджується результатами досліджень динаміки продажів електромобілів на провідних регіональних ринках [9]. Тому доцільно розглянути особливості розвитку ринку електромобілів як середовища та об'єкта прийняття рішень.

Аналіз ринку електромобілів та чинників його розвитку охоплює широке коло публікацій. У роботі [10] узагальнено сучасні дослідження динаміки галузі та представлено критичний огляд методів прогнозування попиту з оцінкою їх переваг і обмежень для різних груп зацікавлених сторін. У дослідженні [11] здійснено структурований огляд праць, присвячених продажам електромобілів за останнє десятиліття, виокремлено багаторівневу систему чинників впливу та основні напрями вдосконалення прогнозування. У роботі [12] узагальнено тенденції розвитку світового ринку електромобілів із акцентом на регіональні відмінності та механізми державної підтримки. Бібліометричне дослідження [13] виявило основні тренди наукових публікацій у галузі за період 2015–2024 рр., підтвердивши інтенсивне зростання інтересу до проблематики аналізу динаміки та прогнозування. Показники ринкової динаміки, що використовуються у наведених дослідженнях, узгоджуються з оцінками провідних аналітичних структур – Міжнародного енергетичного агентства [14] та BloombergNEF [1].

Таким чином, ринок електромобілів постає як складна динамічна система, розвиток якої визначається взаємодією економічних, технологічних, інституційних і соціальних факторів, що зумовлює необхідність застосування сучасних аналітичних інструментів для його дослідження.

Окремий блок публікацій присвячено методам прогнозування продажів електромобілів. У роботі [15] здійснено критичний огляд моделей дифузії та моделей споживчого вибору, продемонстровано, що навіть складні гібридні підходи часто дають неточні результати, а ключовим обмеженням залишається якість і доступність вхідних даних. У дослідженні [16] запропоновано модель EVs-PredNet, яка поєднує згорткові та рекурентні нейронні мережі для прогнозування попиту на різні типи електромобілів. У роботі [8] розроблено підхід на основі поєднання глибокого навчання та GARCH-моделювання для прогнозування нестаціонарних часових рядів, що особливо актуально для волатильних ринкових даних. У дослідженні [17] використано відкриті дані для оцінювання волатильності та прогнозування продажів, виявлено значущу варіативність ефективності прогнозних моделей за різних ринкових умов. У роботі [18] виконано порівняльний аналіз класичних та генеративних моделей прогнозування, що підтвердило залежність ефективності методів від властивостей часових рядів і обумовило необхідність адаптивного вибору моделей.

Важливим напрямом є застосування методів нелінійної динаміки до аналізу часових рядів продажів електромобілів. У роботі [9] на прикладі китайського ринку як найбільшого у світі за допомогою тестів на детермінований хаос, фрактального та фазового аналізу виявлено фрактальні властивості, циклічність і детермінований характер відповідних часових рядів. Цей результат суттєво обґрунтовує доцільність використання нелінійної динаміки як методологічної основи для аналізу галузі.

Прийняття інвестиційних рішень на ринку електромобілів становить окрему наукову проблематику. У дослідженні [19] на прикладі компаній NIO, BYD та Tesla проаналізовано систему фінансових індикаторів інвестиційної привабливості учасників галузі. У роботі [20] розроблено техніку прийняття рішень для формування оптимальних інвестиційних стратегій у сфері зарядних станцій. У дослідженні [21] запропоновано інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень, що інтегрує методи обробки природної мови та машинного навчання для аналізу фінансових новин і формування сигналів щодо управління інвестиційним портфелем у галузі електромобілів. Спільною ознакою цих робіт є зосередженість на окремих аспектах інвестиційного процесу без інтеграції з аналізом нелінійної динаміки ринку.

Близькими до тематики цього дослідження є роботи, що використовують нечіткі моделі та СППР безпосередньо для електромобільної галузі. У роботі [22] розроблено багатокритеріальну СППР для пріоритезації політик переходу до електротранспорту. У дослідженні [23] запропоновано нечітку модель прийняття рішень для фінансування інвестицій у зарядну інфраструктуру з урахуванням різної ваги експертів. У роботі [24] цей підхід розвинено у моделі вдосконалення зарядної інфраструктури з поєднанням багатокритеріальних методів і нечіткої логіки. У роботі [25] застосовано нечітку логіку до стратегічного оцінювання електромобільної галузі за умов цифровізації. У дослідженні [26] розроблено нечітку модель прийняття рішень для інвесторів на ринку електромобілів. Загальнометодологічні аспекти роботи з невизначеністю у складі СППР розглянуто у публікаціях [6] та [27], де запропоновано інтервально-значну інтуїціоністську нечітку модель багатокритеріального вибору.

Проведений аналіз досліджень показує, що, незважаючи на значну кількість робіт, присвячених підтримці прийняття рішень та прогнозуванню на ринку електромобілів, недостатньо розробленими залишаються інтегровані підходи, які поєднують у собі аналіз динаміки ринку, врахування невизначеності

та формування управлінських рекомендацій. Більшість існуючих досліджень зосереджені або на окремих аспектах підтримки прийняття рішень, або на розробці моделей прогнозування, що не інтегруються безпосередньо в процес прийняття рішень. У ході вивчення вищезазначених досліджень та публікацій було виявлено три ключові методологічні прогалини. По-перше, методи нелінійної динаміки, які демонструють високу ефективність для виявлення прихованих закономірностей у динаміці ринку електромобілів [9], застосовуються переважно ізольовано від процесу формування рекомендацій. По-друге, нечіткі моделі прийняття рішень, що активно розвиваються для електромобільної галузі [22–26], зазвичай використовують прості статистичні характеристики ринку як вхідні дані, не залучаючи показники нелінійного аналізу часових рядів. По-третє, прогнозні моделі будуються переважно за апріорно обраним типом (нейронні мережі, ARIMA, дифузійні моделі), без врахування індивідуальних властивостей часових рядів конкретних регіональних ринків чи сегментів, що знижує адекватність прогнозних оцінок.

Автори мають власний доробок у сфері вирішення кожної із виявлених проблем [9; 18; 26; 30; 34] для ринку електромобілів. Проте, цілісної ефективної СППР для ринку електромобілів, здатної інтегрувати інструменти аналізу нелінійної динаміки, механізми вибору сучасних методів прогнозування та моделі прийняття рішень в умовах невизначеності, наразі не існує. Тому виникає науково-практична проблема розробки комплексної спеціалізованої для ринку електромобілів системи, яка інтегрує аналіз і прогнозування розвитку ринку для формування адаптивних рекомендацій для основних його учасників.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка концептуальної моделі системи підтримки прийняття рішень на ринку електромобілів на основі поєднання методів нелінійної динаміки та нечіткого моделювання за умов невизначеності, яка забезпечує формування обґрунтованих рекомендацій особам, що приймають рішення.

Завданнями дослідження є:

1) виявлення особливостей прийняття рішень на ринку електромобілів, які зумовлюють потребу в акумуляції та аналізі даних для формування обґрунтованих рекомендацій з урахуванням динаміки ринкового середовища;

2) розробка концепції спеціалізованої СППР для ринку електромобілів, формування її системоутворюючих принципів;

3) розробка архітектури СППР для ринку електромобілів;

4) обґрунтування призначення, складу та завдань кожної із підсистем СППР, які взаємопов’язані між собою та спрямовані на інтеграцію результатів аналізу та прогнозування динаміки на ринку у механізми формування адаптивних рекомендацій для основних його учасників;

5) розробка елементів інтерфейсу для осіб, що приймають рішення в умовах невизначеності на ринку електромобілів на основі представлення результатів модулів аналізу, прогнозування та моделювання.

Виклад основного матеріалу. Підтримка прийняття рішень на ринку електромобілів є складним процесом, що здійснюється в умовах значної невизначеності, високих темпів зростання, регіональної диференціації та впливу змін у державній політиці. Це зумовлює потребу в гнучких системах підтримки прийняття рішень, які не лише акумулюють і аналізують дані, а й формують обґрунтовані рекомендації з урахуванням динаміки ринкового середовища. Простір рішень у цій сфері охоплює чотири взаємопов’язані рівні:

– *інвестиційний* – оцінювання привабливості ринку та розподіл капіталу;

– *стратегічний* – визначення довгострокових напрямів розвитку та виходу на нові ринки;

– *тактичний* – коригування виробничих, маркетингових і логістичних процесів;

– *регуляторний* – формування політики стимулювання й регулювання галузі.

Значення цих рішень підтверджується численними аналітичними оглядами, які підкреслюють, що розуміння ринкових трендів та ризиків є критично важливим для всіх учасників екосистеми електромобілів [1].

Інвестори та фінансові інституції, як ключові користувачі СППР, зацікавлені у точних прогнозах та оцінках ризиків з огляду на високу волатильність ринкових показників. Їх діяльність потребує підтримки в процесі прийняття рішень щодо розподілу капіталу, інвестування у виробництво або інфраструктуру, а також для оцінки показників корисності від різних сценаріїв розвитку технологій (наприклад, батарейних технологій, зарядної мережі тощо).

Виробники електромобілів та пов’язаних технологій також потребують підтримки під час стратегічного і тактичного планування, оскільки динаміка попиту та політика державної підтримки можуть кардинально змінюватися в короткі строки.

Органи державного управління теж потребують ефективних інструментів підтримки рішень для оцінки впливу політик на темпи впровадження електромобілів, розвиток зарядної інфраструктури та екологічні

наслідки, що підтверджується у численних звітах Міжнародного енергетичного агентства [14] стосовно ролі електромобілів у досягненні кліматичних та енергетичних цілей країн, де аналізується взаємозв'язок політик та ринкових трендів, що додатково підкреслює потребу у системному підході до підтримки рішень.

Консалтингові та аналітичні структури можуть використовувати СППР як основу для формування власних рекомендацій і звітів, особливо коли необхідно враховувати численні невизначеності, пов'язані зі зміною державних стимулів, технологічним прогресом і поведінковими чинниками споживачів.

Прийняття рішень у сучасному економічному середовищі відбувається за умов високого рівня невизначеності, неточності даних та неповноти інформації, що висуває до СППР специфічні вимоги: окрім агрегації даних та моделей, система повинна забезпечувати адекватне моделювання й представлення невизначеності у процесі формування рекомендацій, охоплюючи усі її джерела – від статистичної варіабельності даних до невизначеності експертних оцінок та непередбачуваних змін зовнішніх параметрів [6]. Виконання цих вимог досягається через інтеграцію багатокритеріальних підходів та методів нечіткої логіки, здатних працювати з частково визначеними або суперечливими даними [27], а також через адаптивні механізми, що поєднують кількісні аналітичні моделі з нечіткими оцінками й забезпечують інтерактивний зворотний зв'язок користувача із системою [7].

У зв'язку з цим у роботі пропонується концепція спеціалізованої СППР для ринку електромобілів, яка базується на інтеграції підсистем аналізу та прогнозування динаміки ринку. Така система орієнтована на формування обґрунтованих рекомендацій для різних груп користувачів – інвесторів, виробників та органів державного управління – з урахуванням специфіки їхніх цілей і умов прийняття рішень. Запропонована система підтримки прийняття рішень для аналізу та прогнозування розвитку ринку електромобілів формується з урахуванням специфіки досліджуваного об'єкта як складної, відкритої та динамічної соціально-економічної системи. Це зумовлює необхідність використання різних інструментів обробки даних, моделювання та прогнозування, а також інтеграції їх у єдину систему підтримки прийняття рішень.

Концептуальна основа побудови СППР визначається системою принципів, що відображають динамічність, невизначеність та багатофакторність ринку електромобілів. Розглянемо ці принципи більш детально.

Принцип 1. Системність. Ринок електромобілів розглядається як цілісний об'єкт, що формується взаємодією економічних, технологічних, інституційних та поведінкових чинників. Аналіз окремих показників у межах СППР не є самоціллю, а здійснюється з урахуванням їх взаємозв'язків та впливу на загальну динаміку ринку.

Принцип 2. Орієнтація на нелінійність динаміки. Динаміка ринку може змінюватися за різними траєкторіями руху, що проявляється у зміні фазових траєкторій його розвитку, наявності структурних зламів та переходів між різними станами функціонування. Такі особливості відображають складну природу ринку, яка не може бути адекватно описана лінійними моделями. За цих умов СППР повинна спиратися на методи, здатні виявляти зміну режимів динаміки, нестійкі стани та потенційні точки біфуркації. Це обумовлює доцільність використання методів дискретної нелінійної динаміки як методологічної основи системи.

Принцип 3. Інтеграція аналізу, прогнозування та прийняття рішень. У межах СППР результати аналізу і прогнозні оцінки розглядаються не як кінцевий результат, а як інформаційна база для формування альтернативних сценаріїв і підтримки вибору рішень. Такий підхід забезпечує практичну спрямованість СППР і орієнтацію на потреби користувачів.

Принцип 4. Врахування невизначеності. СППР має відображати не лише очікувані значення показників, а й рівень невизначеності, пов'язаної з прогнозами та оцінками стану ринку. Це досягається застосуванням нечіткого підходу замість жорстко детермінованих рішень, що дозволяє користувачам враховувати ризики під час вибору альтернатив.

Принцип 5. Підтримка, а не автоматизація прийняття рішень. Система не замінює експерта чи особу, що приймає рішення, а надає інструментарій для аналізу ситуації, оцінювання сценаріїв розвитку та обґрунтування вибору. Цим забезпечується гнучкість СППР та її адаптивність до різних типів задач і користувачів.

Реалізація зазначених принципів обумовлює відповідні вимоги до структури та організації СППР, що знаходить відображення в її архітектурі.

Концептуальна схема СППР представлена на рис. 1. Архітектура запропонованої системи підтримки прийняття рішень для ринку електромобілів реалізується як розподілена модульна структура, у якій окремі підсистеми відповідають за зберігання, аналіз, прогнозування, моделювання та прийняття рішень.

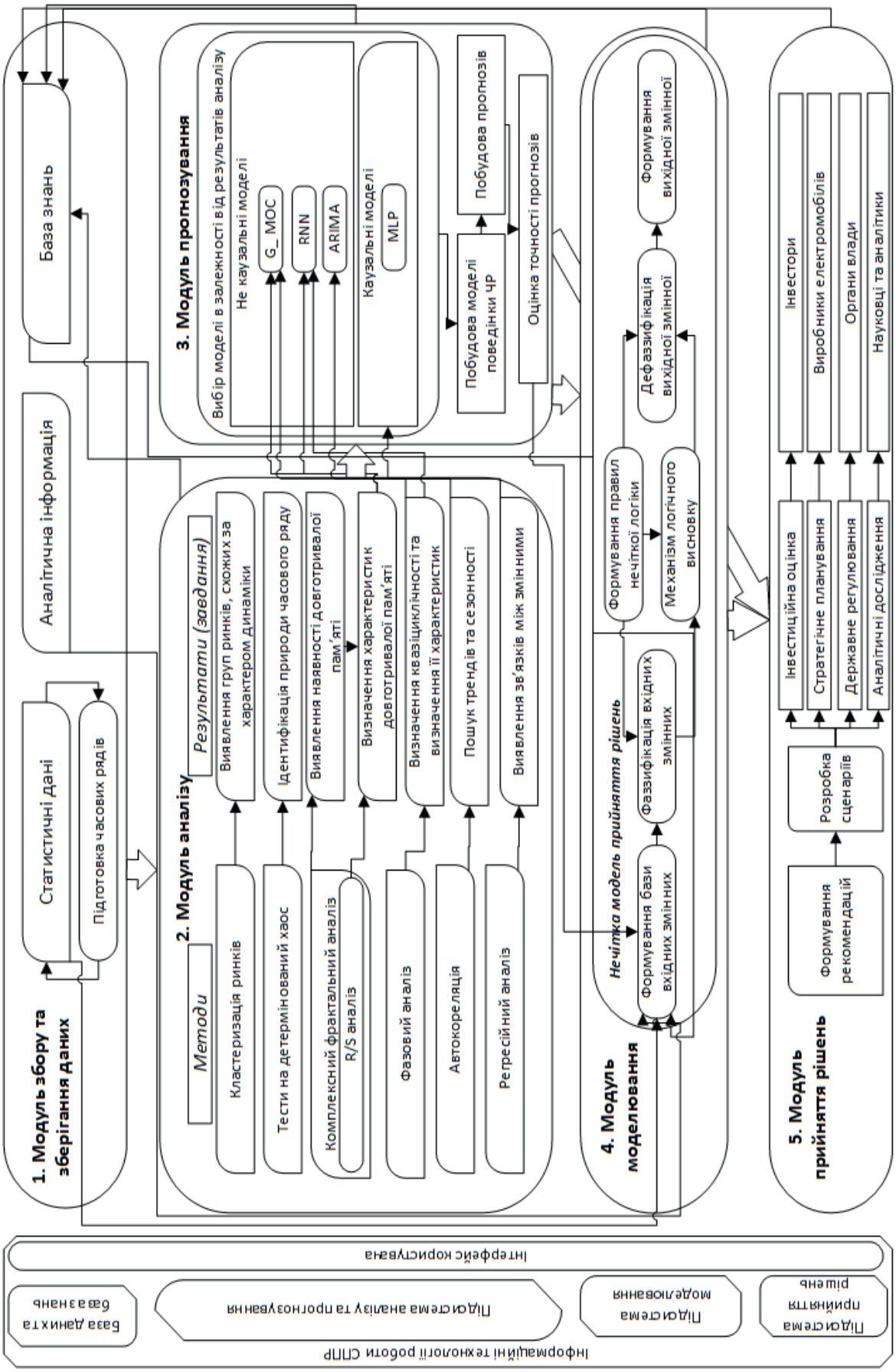

Рис. 1. Концептуальна схема СППР на ринку електромобілів

Розглянемо детальніше склад, призначення та завдання кожного модуля запропонованої архітектури СППР та їх взаємодію у складі єдиного інформаційно-аналітичного контуру.

Архітектура запропонованої системи підтримки прийняття рішень для ринку електромобілів реалізується як розподілена модульна структура, у якій окремі підсистеми відповідають за зберігання, аналіз, прогнозування, моделювання та прийняття рішень.

Такий підхід обумовлений необхідністю роботи з різнорідними джерелами інформації та використанням спеціалізованих програмних засобів для розв'язання аналітичних задач.

Основу СППР становить ***модуль збору та зберігання даних***, реалізований у вигляді бази даних, у якій накопичується та зберігається інформація про продаж електромобілів та результатів її подальшої обробки.

База даних виконує функцію централізованого сховища первинної статистичної інформації та результатів подальшого аналізу і прогнозування. Наповнення бази даних забезпечується шляхом збирання та оновлення даних, який має змогу отримувати дані шляхом парсингу інтернет-ресурсів, наприклад [28], а також шляхом імпорту даних із файлів стандартних форматів (CSV, XLS тощо), отриманих з ресурсів на зразок [29]. Це дозволяє підтримувати актуальність інформаційної бази та реагувати на зміни доступних джерел даних. В цьому модулі формується інформаційна база, яка включає статистичні дані, аналітичну інформацію та базу знань (правила, лінгвістичні змінні та функції належності, що використовуються модулем нечіткого моделювання).

Окремою функцією модуля є попередня підготовка часових рядів, яка включає очищення від аномальних значень, нормалізацію та узгодження часових масштабів. Якість виконання цих операцій безпосередньо визначає достовірність подальших результатів аналізу й прогнозування. Перед передачею до модуля аналізу первинні статистичні дані трансформуються у систему показників, що характеризують динаміку ринку: базові показники – обсяги продажів та темпи їх зростання – доповнюються похідними характеристиками, до яких належать індекси динаміки, відносні прирости та коефіцієнти прискорення. У результаті формується узгоджений набір вхідних змінних, який достовірно відображає напрям розвитку ринку та слугує вхідним інформаційним потоком для модуля аналізу.

Структуру інформаційних потоків модуля збору та зберігання даних наведено на рис. 2.



Рис. 2. Структурно-функціональна схема модуля збору та зберігання даних СППР

Джерело: побудовано авторами за результатами власних досліджень.

Наступний рівень моделі представлений ***модулем аналізу***, у межах якого здійснюється дослідження структури та властивостей часових рядів, що характеризують динаміку ринку електромобілів.

Реалізація цього модуля передбачає використання зовнішніх спеціалізованих програмних середовищ (Statistica, R, Matlab) та базується на застосуванні методів статистичного аналізу, теорії нелінійної динаміки та комплексного фрактального аналізу.

На першому етапі роботи цього модуля пропонується здійснити кластеризацію ринків за характером динаміки, тобто виділити групи країн із подібною динамікою показників. Таке застосування кластерного аналізу було проведено авторами цієї роботи у статті [30], в якій розглянуто статистичні дані 22 країн, що мають найбільші обсяги продажів електромобілів у світі. За допомогою кластеризації визначено групи країн зі схожими характеристиками динаміки обсягів продажів електромобілів. Така сегментація ринку дала змогу застосовувати для подальшого аналізу і прогнозування в межах кожного кластера узгоджені підходи, що адаптовані до його унікальних властивостей. Це стосується, зокрема, питання визначення природи часового ряду.

Для визначення природи часових рядів пропонується застосовувати, зокрема, тести на детермінований хаос, які дають змогу встановити стохастичний, детермінований або фрактальний [31] характер динаміки і, відповідно, обґрунтувати вибір методів прогнозування.

Для дослідження наявності або відсутності властивості персистентності в часовому ряді, характеристик його довгострокової пам'яті пропонується включити до модуля аналізу як інструмент комплексний R/S-аналіз, який містить традиційний метод нормованого розмаху Херста, а також метод послідовного R/S-аналізу [32]. Результати цих досліджень також впливають на подальший вибір методу прогнозування.

Для аналізу динамічної структури процесу продажів доцільно включити фазовий аналіз, який базується на реконструкції фазового простору та дозволяє виявити атрактори, цикли й нестійкі режими. Додатково можуть бути застосованими декомпозиційний та автокореляційний аналіз для ідентифікації трендів, сезонних компонентів і лагових залежностей.

У роботі [9] авторами здійснено діагностику характеру та властивостей динаміки обсягів продажів електромобілів на ринку Китаю із застосуванням інструментарію нелінійного аналізу. Для дослідження щомісячних обсягів продажів за 2016–2022 рр. провідних виробників електромобілів використано метод нормованого розмаху Херста, фазовий аналіз та метод рекурентних діаграм, які дали змогу отримати змістовні висновки для розуміння характеру динаміки та подальшого вибору методу прогнозування.

Для встановлення кількісних взаємозв'язків між показниками пропонується включення класичного методу регресійного аналізу, який дозволяє оцінити вплив окремих факторів на розвиток ринку та сформувати основу для побудови каузальних моделей прогнозування.

Таким чином, у результаті функціонування модуля формується цілісне уявлення про характер динаміки досліджуваного процесу, включаючи структуру часових рядів, наявність довготривалої пам'яті, рівень хаотичності, тренди, сезонність і взаємозв'язки між змінними.

Орієнтовний набір методів аналізу, їх призначення та підсумкових показників, що передаються до модуля прогнозування, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Методи аналізу часових рядів у складі модуля аналізу СППР

Метод аналізу	Призначення	Підсумкові показники
Кластерний аналіз	Виділення груп ринків з подібною динамікою	Кластери країн та сегментів ринку
Методи статистичного аналізу часових рядів	Виявлення внутрішніх закономірностей даних	Інтенсивність змін, узагальнюючі характеристики періоду, точкові статистичні характеристики ряду
Декомпозиційний та автокореляційний аналіз	Вивчення структури часових рядів	Тренд, сезонні компоненти, лагові залежності
Тести на детермінований хаос	Визначення природи часового ряду	Тип динаміки: стохастична, детермінована або хаотична
Фрактальний (R/S-) аналіз – метод нормованого розмаху Херста	Виявлення наявності довготривалої пам'яті	Показник Херста, фрактальна розмірність, персистентність / антиперсистентність
Метод послідовного R/S-аналізу	Визначення характеристик довготривалої пам'яті	Нечітка множина глибини пам'яті часового ряду та її характеристики
Фазовий аналіз	Дослідження динамічної (циклічної) структури процесу	Атрактори, цикли, нестійкі режими, потенційні точки біфуркації
Регресійний аналіз	Встановлення кількісних взаємозв'язків між показниками	Параметри впливу факторів, основа для каузальних моделей

Джерело: складено авторами за результатами власних досліджень.

Результати, отримані на етапі аналізу, мають використовуватися як основа для функціонування ***модуля прогнозування***, у якому здійснюється вибір відповідної моделі з урахуванням виявлених характеристик часових рядів. У межах запропонованої СППР передбачено застосування як некаузальних підходів (ARIMA, RNN, G_MOC [33]), так і каузальних моделей, зокрема багатошарових перцептронів. Побудова моделі супроводжується формуванням прогнозних значень і подальшою оцінкою їх точності, що дозволяє обґрунтувати вибір найбільш адекватного підходу.

Особливістю функціонування модуля прогнозування є адаптивний підхід до вибору моделі, відповідно до якого тип і параметри моделі визначаються на основі попереднього аналізу. Залежно від характеристик часових рядів використовуються різні методи: для стаціонарних процесів із вираженою автокореляцією – моделі ARIMA; за наявності довготривалої пам'яті та квазіциклічності – гібридні моделі типу моделі однорідної структури (MOC) [33]; у випадку складних нелінійних залежностей або ознак хаотичної динаміки – рекурентні нейронні мережі; при наявності значущих факторних зв'язків – каузальні моделі, зокрема багатошарові перцептрони (MLP).

Логіку адаптивного вибору моделі прогнозування за характеристиками часового ряду, виявленими у модулі аналізу, наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Адаптивний вибір моделі прогнозування за характеристиками часового ряду

Характеристика часового ряду (з модуля аналізу)	Рекомендована модель	Обґрунтування вибору
Стаціонарний процес з вираженою автокореляцією	ARIMA	Адекватно описує лінійні залежності у коротко- та середньостроковій динаміці
Наявність довготривалої пам'яті та квазіциклічності (показник Херста > 0,5)	Гібридна модель на базі однорідної структури	Враховує фрактальну структуру ряду, наявність довгострокової пам'яті та повторювані цикли
Нелінійна або хаотична динаміка	Рекурентні нейронні мережі (RNN, LSTM)	Апроксимують нелінійні залежності та складну динаміку
Наявність значущих факторних зв'язків між змінними	Багатошарові перцептрони (MLP)	Забезпечують каузальне прогнозування з урахуванням впливу зовнішніх чинників

Джерело: складено авторами за результатами власних досліджень.

Після вибору моделі здійснюється її побудова, що включає оцінювання параметрів, навчання та перевірку адекватності. Завершальним етапом є оцінка точності прогнозів за допомогою стандартних метрик (MAE, RMSE тощо).

Якщо точність побудованої моделі не відповідає встановленим вимогам (наприклад, значення MAPE перевищує допустимий поріг), у складі модуля передбачено механізм зворотного зв'язку: повернення до процедури вибору моделі з розглядом альтернативних варіантів або побудовою композиційної моделі (ансамблю), яка поєднує прогнози кількох моделей. Цей механізм забезпечує самокорекцію прогнозного контуру СППР та її стійкість до змін у динаміці ринку.

Таким чином, модуль прогнозування реалізує адаптивний механізм побудови прогнозів, у якому вибір моделі узгоджується з результатами попереднього аналізу, що підвищує адекватність прогнозних оцінок в умовах складної та нелінійної динаміки ринку електромобілів.

Для ілюстрації роботи запропонованого підходу розглянемо часовий ряд продажів електромобілів на ринку Австрії за 2016–2023 рр. Попередній R/S-аналіз відповідного ряду показав значення показника Херста H=0,81, що свідчить про наявність довготривалої пам'яті та персистентного характеру динаміки. На основі цих результатів у модулі прогнозування було обрано гібридну модель типу G_MOC, яка забезпечила прийнятний рівень точності прогнозування (MAPE ≈ 8,5 %). Ефективність цього методу була підтверджена шляхом порівняння з результатами прогнозування іншими методами [34] (див. табл. 3).

Таблиця 3

Результати перевірки на тестових даних прогнозу обсягів продажів електромобілів в Австрії

Період прогнозування	Фактичні дані (шт)	Каузальна модель	Не каузальні моделі		
		MLP	RNN	ARIMA	G_ MOC
Вересень 2023	2594	2810	2412	2326	2517
Жовтень 2023	2573	1994	1692	2319	2098
Листопад 2023	2469	2567	2209	2481	2223
Грудень 2023	2005	2836	2296	2467	1950
MAPE		0.1906	0.1658	0.1093	0.0853

Джерело: складено авторами за результатами власних досліджень [34].

Отримані результати демонструють можливість практичного застосування запропонованого механізму адаптивного вибору моделі для регіональних ринків електромобілів.

Модуль моделювання реалізує інтелектуальну інтерпретацію результатів попередніх модулів СППР та слугує містком між кількісними прогнозними оцінками і якісними рекомендаціями для осіб, що приймають рішення. Його реалізація базується на апараті теорії нечітких множин та нечіткому логічному виведенні і дозволяє коректно працювати з даними, які мають неточну, частково визначену або суперечливу природу.

Логіка нечіткого виведення реалізується за алгоритмом Мамдані, який обрано з огляду на його прозорість, інтерпретованість для користувача-неспеціаліста та можливість безпосередньої формалізації експертних знань у вигляді продукційних правил типу «ЯКЩО – ТО». База нечітких правил формує ядро модуля та відображає логіку прийняття рішень фахівцями галузі. Прикладом такого правила є конструкція: «ЯКЩО темп зростання ринку – високий І рівень нестабільності – низький І надійність прогнозу – висока, ТО інвестиційна привабливість – висока». Множина подібних правил охоплює типові ринкові ситуації та забезпечує отримання інтегральної оцінки навіть за наявності суперечливих або неповних вхідних даних.

Процес нечіткого виведення у модулі складається з чотирьох логічних складових: фаззифікації – перетворення чітких вхідних значень показників у ступені належності до термів лінгвістичних змінних; агрегації передумов правил – обчислення ступеня істинності умовних частин правил з використанням логічних операцій нечіткого мінімуму та максимуму; активації висновків – формування нечітких множин вихідних змінних відповідно до спрацьованих правил; дефаззифікації – перетворення результуючої нечіткої множини у чітке числове значення методом центру тяжіння, що забезпечує отримання інтерпретованої інтегральної оцінки.

Виконуючи функцію інтелектуальної інтерпретації кількісних результатів аналізу та прогнозування, модуль моделювання забезпечує перехід від числових оцінок до якісних характеристик ринкових ситуацій з урахуванням невизначеності, експертних знань та контекстних особливостей. Це створює методологічну основу для формування обґрунтованих рекомендацій у модулі прийняття рішень.

У роботі [26] авторами цієї статті були розглянуті проблеми оцінки та вибору країни для інвестицій в інфраструктуру ринку електромобілів. Для прийняття обґрунтованого інвестиційного рішення представлена та застосована відповідна авторська модель на основі нечіткої логіки.

Модуль прийняття рішень є завершальним функціональним компонентом СППР і реалізує перехід від аналітичних, прогнозних та нечітких оцінок, отриманих у попередніх модулях, до практично орієнтованих рекомендацій для осіб, що приймають рішення.

На першому етапі відбувається узагальнення отриманих аналітичних і прогнозних результатів та їх інтерпретація з урахуванням цілей конкретного користувача. На цій основі формується набір можливих альтернатив або напрямів дій.

Наступним кроком є розробка сценаріїв розвитку, які відображають різні варіанти поведінки ринку електромобілів з урахуванням невизначеності та впливу зовнішніх факторів.

Сформовані сценарії та рекомендації диференціюються відповідно до типу користувачів системи. Зокрема:

– для інвесторів – у вигляді інвестиційних оцінок і рекомендацій щодо розподілу капіталу;
– для виробників – як рішення у сфері стратегічного планування та розвитку виробництва;
– для органів державного управління – як пропозиції щодо регуляторної політики;
– для аналітиків і науковців – як результати аналітичних досліджень і оцінок ринку.

Важливою особливістю модуля є орієнтація на підтримку, а не автоматизацію прийняття рішень. Система не замінює особу, що приймає рішення, а надає їй інструменти для оцінки альтернатив, аналізу сценаріїв і врахування ризиків.

Таким чином, модуль прийняття рішень забезпечує перехід від аналітичних і прогнозних результатів до практично орієнтованих рекомендацій, що підвищує обґрунтованість управлінських та інвестиційних рішень в умовах невизначеності та складної динаміки ринку електромобілів.

Особливу роль інтерфейс відіграє у представленні результатів роботи системи. Отримані прогнози, аналітичні показники та рекомендації подаються у зручній для сприйняття формі – у вигляді графіків, таблиць і узагальнених індикаторів (рис. 3). Це сприяє підвищенню прозорості процесу прийняття рішень і полегшує інтерпретацію складних моделей.

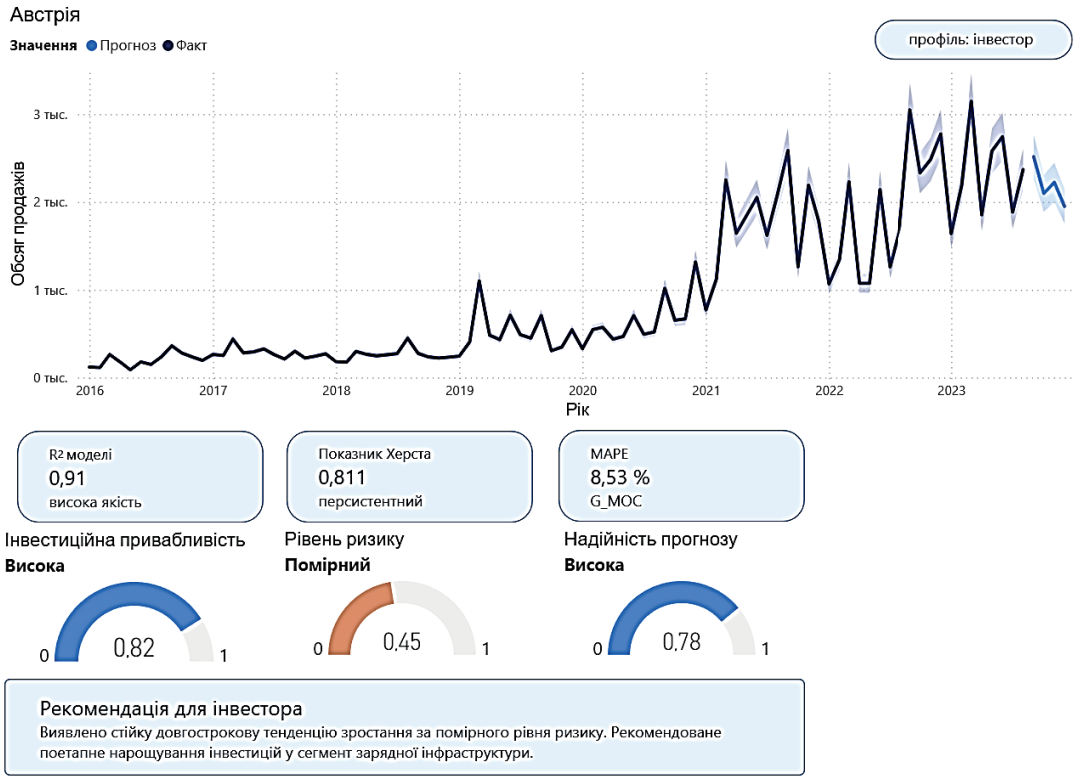

Рис. 3. Вікно профілю «Інвестор» СППР з прогнозними та аналітичними результатами щодо характеристики ринку електромобілів

Джерело: побудовано авторами за результатами власних досліджень.

Крім того, інтерфейс користувача забезпечує зворотний зв'язок із системою, що дозволяє оновлювати вхідні дані, уточнювати параметри моделей та оновлювати базу даних і базу знань. Таким чином, він не лише виконує функцію відображення інформації, а й виступає активним інструментом управління процесом аналізу та прийняття рішень.

Цілісність функціонування СППР забезпечується узгодженістю всіх її модулів у межах єдиної архітектури. Модулі збору та зберігання даних, аналізу, прогнозування, моделювання й прийняття рішень формують інтегрований інформаційно-аналітичний контур, у якому результати роботи кожного модуля безпосередньо використовуються на наступних рівнях обробки. Така організація відповідає модульному принципу побудови системи та забезпечує послідовний перехід від первинних даних про ринок електромобілів до обґрунтованих практично орієнтованих рекомендацій.

Запропонована СППР має значне практичне значення, оскільки дозволяє перейти від фрагментарного аналізу окремих показників до системного оцінювання розвитку ринку електромобілів. Вона може використовуватися для підтримки інвестиційних рішень фінансових інституцій, стратегічного й тактичного планування виробників, а також у сфері державного регулювання – для оцінювання ефективності політик стимулювання та обґрунтування сценаріїв розвитку галузі. Окремою сферою застосування є аналітична та науково-дослідна діяльність, зокрема дослідження нелінійної динаміки галузевих ринків та апробація методологічних підходів інтеграції методів аналізу, прогнозування й нечіткого моделювання у складі систем підтримки прийняття рішень.

Застосування запропонованої СППР дасть змогу підвищити обґрунтованість управлінських та інвестиційних рішень, зменшити рівень невизначеності у процесі їх прийняття та розширити можливості аналізу й прогнозування розвитку ринку електромобілів, а її методологічна основа може бути поширена на інші високотехнологічні ринки зі складною та нелінійною динамікою.

Висновки. У роботі розв'язано науково-практичну задачу розробки концептуальної моделі системи підтримки прийняття рішень для ринку електромобілів на основі аналізу та прогнозування в умовах невизначеності. Проведений аналіз сучасних досліджень показав, що існуючі підходи або зосереджуються на окремих аспектах прогнозування, або на методах підтримки прийняття рішень, що не забезпечує їх інтеграції в єдиний інформаційно-аналітичний контур.

У роботі сформовано концепцію та визначено системоутворюючі принципи побудови СППР, серед яких системність, орієнтація на нелінійну динаміку, інтеграція аналізу, прогнозування і прийняття рішень, а також врахування невизначеності. Розроблено модульну архітектуру системи, яка включає підсистеми збору та зберігання даних, аналізу, прогнозування, нечіткого моделювання та формування рекомендацій. Обґрунтовано функції, склад та взаємодію кожного модуля у межах єдиного інформаційно-аналітичного контуру.

У межах роботи запропоновано та обґрунтовано доцільність використання методів дискретної нелінійної динаміки, фрактального та фазового аналізу для дослідження часових рядів, що дозволяє виявляти приховані закономірності розвитку ринку. Показано, що застосування адаптивного підходу до прогнозування, при якому вибір моделі здійснюється на основі результатів попереднього аналізу, сприятиме підвищенню адекватності прогнозних оцінок порівняно з підходами, що передбачають одночасне використання різних моделей.

Важливим результатом є інтеграція аналізу та прогнозування з нечіткою моделлю прийняття рішень, що дозволяє враховувати невизначеність і формувати відповідні рекомендації. Запропонована система орієнтована на підтримку, а не автоматизацію прийняття рішень, що забезпечує її гнучкість і адаптивність до різних вимог користувачів.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування СППР для підтримки інвестиційних, стратегічних і регуляторних рішень на ринку електромобілів. Запропонований підхід може бути використаний також для аналізу інших ринків зі складною динамікою.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з реалізацією запропонованої комплексної СППР та розширенням її функціональних можливостей за рахунок інтеграції нових методів аналізу, прогнозування та моделювання проблем прийняття стратегічних і регуляторних рішень на ринку електромобілів.

Література:

1. BloombergNEF. (2024). Electric vehicle outlook. <https://about.bnef.com/insights/clean-transport/electric-vehicle-outlook/>. (2026 April, 07).

2. Tridens. (2026). Global Electric Car Sales and Electric Vehicle Statistics (2026). < https://tridenstechnology.com/electric-car-sales-statistics>. (2026 April, 18).

3. Reuters. (2026). Surging petrol prices drive record EV sales in Europe in March. <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/surging-petrol-prices-drive-record-ev-sales-europe-march-2026-04-13>. (2026 April, 18).

4. Turban E., Sharda R., Delen D. (2018). *Business Intelligence and Analytics: Systems for Decision Support*. Pearson, New York, 688.

5. Power, D. J. (2002). Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. Quorum Books, Westport, 251.

6. Dias L.C., Henggeler Antunes C. & Rios Insua D. (2012). Dealing with uncertainty in Decision Support Systems: Recent trends (2000–2011). *Intelligent Decision Technologies*, 6(4), 245-264. DOI: 10.3233/IDT-2012-0141.

7. Celent, L., Mladineo, M., Gjeldum, N., & Crnjac Zizic, M. (2022). Multi-Criteria Decision Support System for Smart and Sustainable Machining Process. *Energies*, 15(3), 772. DOI: 10.3390/en15030772.

8. Han H., Liu Z., Barrios Barrios, M., Li J., Zeng Z., Sarhan N. & Mahrous Awwad E. (2024). Time series forecasting model for non-stationary series pattern extraction using deep learning and GARCH modeling. *Journal of Cloud Computing* 13, 2. DOI: 10.1186/s13677-023-00576-7.

9. Kurkula, S., Maksyshko, N., Ocheretin, D. and Cheverda, S. (2023). Nonlinear Analysis of the Dynamics of Sales of Electric Automobiles in the Chinese Market. *In Proceedings of 10th International Conference on Monitoring, Modeling & Management of Emergent Economy – M3E2*, SciTePress, 185-195. DOI: 10.5220/0011932500003432.

10. Sharma, D. P. (2024). Study of Electric Vehicle Market Dynamics and Forecasting. *Shodh Sagar Journal of Electric Vehicles*, 1(1), 25–30. DOI: 10.36676/jev.v1.i1.4.

11. Han, G., & Li, Z. (2026). A Structured Review of Electric Vehicle Sales Research: Multi-Level Driving Factors and Forecasting Pathways over the Past Decade. *World Electric Vehicle Journal*, 17(3), 122. DOI: 10.3390/wevj17030122.

12. Dovgal, O. A. (2025). Dynamics, factors and trends of the global electric vehicle market. *Economic Space*, 202, 65–71. DOI: 10.30838/EP.202.65-71.

13. Zhao, Z., Omar, N. A., & Zaki, H. O. (2024). A study of electric vehicle market development in 2015–2024: A bibliometric analysis. *International Journal of Religion*, 5(11), 8147 – 8162. DOI:10.61707/pkh1sc51

14. International Energy Agency. (2025). Global EV outlook 2025: Trends in electric car markets. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025/trends-in-electric-car-markets-2>. (2026 April, 07).

15. Domarchi, C., & Cherchi, E. (2023). Electric vehicle forecasts: A review of models and methods including diffusion and substitution effects. *Transport Reviews*, 43(6), 1118–1143. DOI: 10.1080/01441647.2023.2195687.

16. Simsek, A. I., Koç, E., Desticioglu Tasdemir, B., Aksöz, A., Turkoglu, M., & Sengur, A. (2024). Deep Learning Forecasting Model for Market Demand of Electric Vehicles. *Applied Sciences*, 14(23), 10974. DOI: 10.3390/app142310974.

17. Pelegov, D. V., & Chanaron, J.-J. (2023). Electric Car Market Analysis Using Open Data: Sales, Volatility Assessment, and Forecasting. *Sustainability*, 15(1), 399. DOI: 10.3390/su15010399.

18. Куркула, С., Максишко, Н., Очеретін, Д., & Ракша, О. (2025). Прогнозування продажів електромобілів: порівняльний аналіз класичних та генеративних моделей. *Фінансові стратегії інноваційного розвитку економіки*, 4 (68), 14-19. DOI:10.26661/2414-0287-2025-4-68-02.

19. Zhu, L. (2023). Electric Vehicle Investment Analysis Based on Indicators: Evidence from NIO, BYD and, TSLA. *Highlights in Business, Economics and Management*, 7, 163-171. DOI: 10.54097/hbem.v7i.6938.

20. Yardım, M. F., Yüksel, S., & Dinçer, H. (2025). Development of Optimal Investment Strategies for Electric Vehicle Charging Stations with a Novel Decision-Making Technique. *Journal of Operations Intelligence*, 3(1), 68-75. DOI:10.31181/jopi31202534.

21. Ghiassi, M., Shah K., Agrawal M. & Schmitzer R. (2025). An Intelligent Text Analytics Approach to Sentiment-Based Portfolio Decision Making in the Electric Vehicle Market. < http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5990050>. (2026 April, 07).

22. Bouraima, B. M., Więckowski, J. & Qian, S. (2025). A decision support system for prioritizing electric vehicles transition policies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 146. DOI: 10.1016/j.trd.2025.104880.

23. Kou, G., Eti, S., Yüksel, S., Dinçer H., Ergün. E. & Gökalp Y. (2025). Innovative solution suggestions for financing electric vehicle charging infrastructure investments with a novel artificial intelligence-based fuzzy decision-making modelling. *Artificial Intelligence Review*, 58, 16. DOI: 10.1007/s10462-024-11012-w.

24. Eti, S., Dinçer, H., Yüksel, S., & Gökalp, Y. (2025). A New Fuzzy Decision-Making Model for Enhancing Electric Vehicle Charging Infrastructure. *Spectrum of Decision Making and Applications*, 2(1), 94–99. DOI: 10.31181/sdmap21202513.

25. Gouveia, S., Hernández de la Iglesia, D., Luís Abrantes, J., J. López Rivero, A. & Gouveia, E. (2025). Strategic evaluation of electric vehicles: applying fuzzy logic to enhance decision-making in the digital era. *Strategy & Leadership*. DOI: 10.1108/SL-03-2025-0055.

26. Kurkula, S. & Maksyshko, N. (2023) A Fuzzy Decision-Making Model for Investors in the Electric Vehicle Market, 2023 5th International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics (PCI), Baku, Azerbaijan. DOI: 10.1109/PCI60110.2023.10325978.

27. Salimian, S. & Mousavi, S.M. (2023). A Multi-Criteria Decision-Making Model with Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets for Evaluating Digital Technology Strategies in COVID-19 Pandemic Under Uncertainty. *Arabian Journal for Science and Engineering,* 48, 7005–7017. DOI: 10.1007/s13369-022-07168-8.

28. ChinaMobil. (2026). Car sales statistics worldwide. <https://chinamobil.fr/sales/>. (2026 April, 18).

29. Statista. (2026). Statista. <https://www.statista.com>. (2026 April, 18).

30. Kurkula, S., Maksyshko, N. & Ocheretin, D. (2024). Analysis of the development of the global electric vehicle market using cluster analysis. *Informatics and Control Problems*, 44(2), 42–50. DOI: https://doi.org/10.54381/icp.2024.2.05.

31. Peters, E. E. (1996). Chaos and Order in the Capital Markets: A New View of Cycles, Prices, and Market Volatility. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 288 p.

32. Максишко, Н. К. (2009). *Моделювання економіки методами дискретної нелінійної динаміки*. Запоріжжя: Поліграф, 416.

Maksyshko N. K. (2009). Modelyuvannya ekonomiky metodamy dyskretnoyi neliniynoyi dynamiky [Modeling the economy using methods of discrete nonlinear dynamics]. Zaporizhzhya: Polihraf, 416. [in Ukrainian].

33. Максишко, Н. К. (2011). Гібридна прогнозна модель на базі інструментарію дискретної нелінійної динаміки. *Прогнозування соціально-економічних процесів: сучасні підходи та перспективи*. Монографія за ред. О. Черняка, П. Захарченка. Бердянськ : Ткачук О.В., 170–189.

Maksyshko, N. K. (2011). Hibrydna prohnozna model na bazi instrumentariyu dyskretnoyi neliniynoyi dynamiky [Hybrid forecasting model based on discrete nonlinear dynamics tools]. *Prohnozuvannya sotsial'no-ekonomichnykh protsesiv: suchasni pidkhody ta perspektyvy* [Forecasting socio-economic processes: modern approaches and prospects]. Monohrafiya za red. O. Chernyaka, P. Zakharchenka. Berdyans′k : Tkachuk O.V., 170–189. [in Ukrainian].

34. Kurkula, S., Maksyshko, N., Ocheretin, D. & Cheverda, S. (2024). Comparative Analysis of the Effectiveness of Methods for Forecasting the Dynamics of Sales Volumes in the World Electric Vehicle Market. *In Proceedings of 11th International Conference on Monitoring, Modeling & Management of Emergent Economy – M3E2* (подано до друку).