

ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД УКООПСПІЛКИ
«ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ»

Циганчук Роман Олегович



УДК: 330:519.86

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕКОНОМІЦІ

Спеціальність 08.00.11 – математичні методи, моделі
та інформаційні технології в економіці

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата економічних наук

Полтава – 2018

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі економіки та інформаційних технологій Львівського навчально-наукового інституту ДВНЗ «Університет банківської справи».

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Білий Леонід Адамович,
Львівський інститут економіки і туризму,
професор кафедри природничо-математичних
дисциплін та інформаційних технологій.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор,
Колечкіна Людмила Миколаївна,
Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і торгівлі»,
професор кафедри документознавства та
інформаційної діяльності;

кандидат економічних наук,
Удачина Катерина Олександрівна,
Національна металургійна академія України
(м. Дніпро) Міністерства освіти і науки України,
асистент кафедри економічної інформатики.

Захист відбудеться «19» жовтня 2018 р. о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 44.877.02 у Вищому навчальному закладі Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» за адресою: 36014, м. Полтава, вул. Ковалю, 3, ауд. 302.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» за адресою: 36014, м. Полтава, вул. Ковалю, 3.

Автореферат розісланий «19» вересня 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



І. О. Пінчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Теперішній стан економіки України і її подальший розвиток багато у чому залежать від створення стимулів, мотивацій, попиту та формуванні потреб щодо використання цифрових технологій, продуктів та послуг серед українських секторів промисловості, сфер життєдіяльності, бізнесу та суспільства для підвищення їх ефективності, конкурентоздатності та національного розвитку, зростання обсягів виробництва високотехнологічної продукції. Тому цифровізація та багатоформність на сьогодні є головними трендами на загальному ринку праці. Уміння використовувати цифрові технології в роботі поступово стає необхідним для більшості спеціальностей та професій, тобто наскрізним або багатоплатформним.

Але на сьогоднішній день в Україні має місце таке явище, як цифровий розрив (цифрова нерівність). Це нерівність у доступі до можливостей в економічній, соціальній, культурній, освітній галузях, які існують або поглиблюються в результаті неповного, нерівномірного або недостатнього доступу до комп'ютерних, телекомунікаційних та цифрових технологій.

При цьому особливого значення набуває проблема моделювання економічної динаміки, зокрема проблема вдосконалення методів моделювання періодичних процесів в економіці, що дозволить вдосконалити управління економічними об'єктами (підприємствами, організаціями і т. д.), а така проблема як вирівнювання цін економічних об'єктів, що вимагає розгляду процесу в окремі періоди часу, успішно може бути розв'язана на основі системи кінцево-різницевих рівнянь. Ураховуючи, що статистична інформація економіки є дискретною, використання апарату кінцево-різницевих рівнянь є необхідною і актуальною передумовою успіху аналізу економічних процесів.

Дослідженню проблем моделювання економічної динаміки присвячено праці багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців, зокрема В. В. Вітлінського, О. О. Замкова, В. Я. Заруби, В. В. Іванової, Т. С. Клебанової, М. Д. Кондратьєва, І. А. Красса, Ю. Г. Лисенка, В. П. Лопатіна, В. Л. Петренка, В. М. Порохні, О. В. Раєвнєвої, М. Є. Рогози, М. В. Румянцева, І. Є. Семенчі, А. В. Толстопятенка та ін. Однак питання розроблення математичних моделей періодичних процесів в економіці, які базуються на різницевих рівняннях високої точності, в роботах цих авторів недостатньо висвітлене і виступає одним із самих складних, до якого незмінно повертаються вітчизняні й закордонні фахівці.

Таким чином, розробка моделей періодичних процесів в економіці є актуальною, що обумовило вибір теми дисертаційної роботи, її мету і завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконувалось у контексті науково-дослідних робіт кафедри економіки та інформаційних технологій Львівського навчально-наукового інституту ДВНЗ «Університет банківської справи» за темою «Прогнозування та моделювання процесів сталого розвитку економічних агентів» (номер державної реєстрації 0117U003648, довідка № 09-007/716 від 04.06.2018 р.), в межах якої автором удосконалено процедуру апроксимації диференціальних

рівнянь економічного процесу різницевиими рівняннями, розвинуто метод отримання різницевих рівнянь підвищеної точності при моделюванні економічних процесів, дискретних у часі, на основі чого отримано різницеві рівняння підвищеної точності, які дають змогу ціною незначного ускладнення розрахункових формул суттєво скоротити загальне число прораховуваних вузлів; Харківського навчально-наукового інституту ДВНЗ «Університет банківської справи» за темою «Моделювання фінансової стабільності руху фінансових потоків економічних агентів країни в умовах глобалізації» (номер державної реєстрації 0118U003772, довідка № 09-007/717 від 04.06.2018 р.), в межах якої автором проведено моделювання періодичних економічних процесів дискретних у часі, а саме автором розроблено дискретні в часі математичні моделі вирівнювання цін за рівнем активу узагальнено в разі дискретної зміни рівня активу, пропорційного різниці між пропозицією і попитом, одержали подальший розвиток способи побудови математичних моделей економіки, дискретних у часі, з використанням кінцево-різницевих рівнянь і апроксимації диференціальних рівнянь різницевиими шаблонами.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка моделей періодичних процесів в економіці, на основі, науково-методичних засад та інструментарію кінцево-різницевих рівнянь для підвищення ефективності управління економічними об'єктами.

Відповідно до мети було поставлено і вирішено такі *завдання*:

проаналізовано стан і вимоги стосовно аналізу та моделювання періодичних процесів в економіці;

розроблено концепцію моделювання періодичних процесів в економіці;

обґрунтовано можливість ефективного використання апарату різницевих рівнянь для моделювання періодичних процесів в економіці;

узагальнено моделі економічної динаміки щодо вирівнювання цін економічних об'єктів;

розроблено апарат ефективного аналізу періодичних процесів в економіці шляхом отримання для економічних об'єктів різницевих шаблонів підвищеної точності;

розвинуто метод невизначених коефіцієнтів, стосовно економічних процесів, дискретних у часі;

розроблено математичні моделі вирівнювання цін для економічних об'єктів;

розроблено механізм застосування на практиці запропонованих моделей вирівнювання цін.

Об'єктом дослідження є періодичні процеси в економіці.

Предметом дослідження є теоретико-методологічні засади, економіко-математичні методи моделювання періодичних процесів в економіці.

Методи дослідження. Теоретичною і методологічною основою дослідження стали роботи вітчизняних і зарубіжних учених у сфері математичного моделювання, моделювання економіки, дослідження операцій, моделювання економічної динаміки, економічної теорії, теорії економічних циклів, моделювання періодичних процесів, економіко-математичного

моделювання та інформаційних технологій. У процесі дослідження для досягнення визначеної мети застосовувався комплекс загальнонаукових методів: *теоретичного узагальнення* – для систематизації основних методологічних підходів до вивчення періодичних і циклічних процесів у економіці як економічної категорії (п. 1.1); *теорії системного аналізу та синтезу* – для розроблення концепції моделювання періодичних і циклічних процесів економіки (п. 1.1, 3.1, 3.2, 3.3) та розроблення концептуальних засад моделювання (п. 1.2, 2.1, 2.2, 2.3); *теорії економічних циклів, економічної теорії* – при дослідженні понять «періодичність в економіці», «циклічність», «ціна»; *методи теорії крайових задач* – при апробації моделей і розробці методів, для розв'язання моделей вирівнювання цін економічних об'єктів (п. 2.2, 3,3); *метод невизначених коефіцієнтів* – для визначення і розв'язування систем різницевих рівнянь та при апробації моделей (п. 2.3, 3,1); *сучасні інформаційні технології* – для розв'язування моделей економічних процесів, дискретних у часі, відносно вузлових функцій (п. 3.1).

Інформаційну базу дослідження становлять матеріали науково-практичних конференцій, наукові праці вітчизняних та зарубіжних учених, монографії, збірники, періодичні видання вітчизняних та міжнародних організацій, ресурси мережі Інтернет та власні розрахунки автора.

Оперативність і точність розрахунків було забезпечено шляхом використання системи комп'ютерної алгебри MathCad, програмного середовища Microsoft Excel.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні нового важливого для економіки України наукового завдання моделювання періодичних процесів в економіці, що передбачає підвищення рівня їх загальної ефективності. До основних наукових результатів дослідження, які визначають суттєву новизну, належать такі:

вперше:

розроблено концепцію моделювання періодичних процесів в економіці, яка базується на теоретичних положеннях системного аналізу та синтезу, теорії економічних циклів, економічній теорії, використанні економіко-математичних методів та моделей періодичних процесів, впровадження якої сприяє зростанню економічної ефективності функціонування економічних об'єктів;

удосконалено:

методичний підхід до розв'язання задач моделювання періодичних процесів в економіці, на основі яких періодичний розв'язок можливо отримати представленням диференціальних рівнянь економічного стану у формі крайової задачі або розв'язування задачі методом невизначених коефіцієнтів, або використанням різницевих рівнянь, розв'язаних відносно вузлових функцій моделі, що дозволяє підвищити точність дослідження економічних систем, шляхом розгляду економічних процесів у дискретні моменти часу, а не як неперервні;

модель вирівнювання цін економічних об'єктів при дискретній зміні рівня активів, пропорційного різниці між пропозицією і попитом, що сприяє

підвищенню загальної ефективності діяльності економічних об'єктів і визначенню шляхів підвищення прибутку;

одержала подальший розвиток:

модель класу економічних задач, які використовують апарат кінцево-різницевого рівнянь, що надає змогу завдяки незначним ускладненням розрахункових формул, скоротити загальне число прораховуваних вузлів, підвищити точність, зменшити обсяг обчислень, що в свою чергу скорочує час і об'єм проведення дослідження дискретних процесів в економіці, що таким чином дозволяє скоротити необхідні витрати на обчислення.

Практичне значення отриманих результатів

Економіко-математичні моделі, представлені в дисертації, є універсальними і можуть бути використані у практичній роботі суб'єктів господарювання, державних органах, що сприятиме підвищенню ефективності управління їх функціонуванням та забезпеченню комплексної цілеспрямованої діяльності, орієнтованої на ухвалення обґрунтованих і своєчасних рішень.

Наукові результати дослідження знайшли своє практичне застосування у діяльності суб'єктів господарювання різних галузей, а саме: ТзОВ «Дженерал Менеджмент» (довідка № 12/06/2018 від 12.06.2018 р.) та ТзОВ «Українська меблева марка» (довідка № 18 від 07.06.2018 р.). Загальний очікуваний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи склав 154,5 тис. грн.

Окремі положення дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Львівського навчально-наукового інституту ДВНЗ «Університет банківської справи» при викладанні дисциплін: «Дослідження операцій», «Моделі економічної динаміки» та «Економічна кібернетика» (довідка № 02-20-015/283 від 07.06.2018 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є одноосібно виконаною науковою працею, в якій викладено авторський підхід до моделювання періодичних процесів макроекономіки. З публікацій, що написані у співавторстві, використано тільки ті результати, які отримані автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Положення і результати дослідження доповідалися та обговорювалися: на Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні наукові підходи до стабільного економічного розвитку та економічної безпеки» (м. Чернігів, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Формування інформаційної економіки: світовий досвід та вітчизняні реалії» (м. Херсон, 2014 р.); XIV Міжнародній науковій конференції аспірантів та студентів «Теоретичні та прикладні аспекти аналізу фінансових систем» (м. Львів, 2014 р.); V Міжнародній науково-методичній конференції Форуму молодих економістів-кібернетиків «Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід» (м. Львів, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток національної економіки: теорія і практика» (м. Івано-Франківськ, 2015 р.); V науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Проблеми забезпечення ефективного функціонування та стабільного розвитку банківської системи України» (м. Київ, 2015 р.); XXIII Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції

«Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії» (м. Переяслав-Хмельницький, 2016 р.); XVI Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів та студентів, приуроченій до 25-річчя Незалежності України «Проблеми розвитку фінансово-кредитної системи» (м. Львів, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції студентів і молодих учених «Інформаційні технології в соціокультурній сфері, освіті та економіці» (м. Київ, 2017 р.); XVI Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів та студентів «Проблеми розвитку фінансово-кредитної системи» (м. Львів, 2017 р.).

Публікації. Результати дослідження викладено у 18 працях, з яких: 1 – розділ у колективній монографії, 6 – статті в наукових фахових виданнях (із них 1 – у виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз); 11 публікацій в інших виданнях. Загальний обсяг публікацій становить 62,91 друк. арк., з яких особисто автору належить 5,89 друк. арк.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 188 сторінок, у тому числі: основний текст – 167 сторінок або 7,6 авторських аркуша, список використаних джерел (155 найменувань) – 13 сторінок, 2 додатки на 8 сторінках. Дисертація містить 17 таблиць і 12 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми; вказано на зв'язок роботи з науковими програмами; визначено мету та завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження; сформульовано результати наукової новизни й практичне значення одержаних результатів; надано відомості стосовно публікацій, структури та обсягу дисертації.

У першому розділі «**Теоретико-методологічні засади моделювання періодичних процесів в економіці**» викладено результати теоретичного дослідження фактору часу в економіці, моделювання залежності економічних показників від часу.

В умовах бурхливого розвитку науково-технічного прогресу та інтенсифікації взаємодії між елементами економічних систем усе більшу роль у формуванні тенденцій і закономірностей відіграє фактор часу. Це привело до необхідності розроблення і використання у прогнозуванні та управлінні економічними процесами моделей особливого типу, які отримали назву «динамічні моделі». Ці моделі відображають характер часових змін в економічних системах, що розглядаються, включаючи структурні зміни, що в них відбуваються, особливості та інтенсивність взаємодії між їхніми елементами. До динамічних моделей відносять різноманітні види моделей, що використовують апарат теорії звичайних диференціальних рівнянь.

У розділі 1 розглянуто моделі економічної динаміки, що побудовані на основі положень звичайних диференціальних рівнянь. При цьому визначено важливу роль фактору часу в економіці та в економічних процесах, розглянуто можливі варіанти залежності економічних показників від часу, включаючи залежності, що впливають з теорії економічних циклів.

Проведено аналіз існуючих підходів до застосування диференціальних рівнянь у моделюванні економіки.

Під динамічною системою будемо розуміти будь-яку економічну систему, стан якої змінюється в часі. Причому час в економічній динаміці може розглядатись як неперервний так і дискретний. Неперервний час зручний для моделювання процесів в економіці, оскільки дає змогу використовувати апарат диференціального числення і диференціальних рівнянь. Дискретний час зручний для розв'язування прикладних задач, оскільки статистичні дані завжди дискретні і належать до конкретних одиниць часу. Для цього класу задач, як правило, використовується апарат різницевих рівнянь.

Таким чином, математичний опис динамічних моделей, процесів в економіці здійснюється, здебільшого: системами диференціальних рівнянь, у яких неперервною змінною є час; різницевими рівняннями, де час – дискретна величина; системами звичайних алгебраїчних рівнянь.

У зв'язку з цим за допомогою динамічних моделей, зокрема, розв'язуються задачі планування і прогнозування економічних процесів: визначення траєкторії розвитку економічної системи та її стану у задані моменти часу; аналіз економічної системи на стійкість; аналіз структурних зсувів.

За ринкових умов господарювання ключовим економічним важелем, що активно впливає на розвиток суспільного виробництва і рівень життя населення, є ціна. Вона завжди коливається навколо ціни виробництва (перетвореної форми вартості одиниці товару, що дорівнює сумі витрат виробництва й нормативного прибутку) і відображає рівень суспільно потрібних витрат праці.

Базуючись на теоретичних положеннях математичного та системного аналізу, теорії економічних циклів, економічної теорії і враховуючи взаємозв'язок між періодичними процесами та стратегією економічних об'єктів, розроблено концепцію моделювання періодичних процесів в економіці (рис. 1), що пов'язує елементи теоретичного, методичного, інструментального та модельного рівнів. Практичний рівень даної концепції передбачає впровадження у діяльність економічних об'єктів системи моделювання періодичних процесів в економіці для підвищення економічної ефективності їх функціонування.

У другому розділі **«Економіко-математичне моделювання періодичних процесів»** розроблено підходи до вирішення задач моделювання періодичних процесів в економіці з використанням: апарату кінцево-різницевих рівнянь в економічних задачах; методу крайової задачі; методу невизначених коефіцієнтів розв'язування систем кінцево-різницевих рівнянь.

Будь-яка економічна система має надзвичайно складну структуру і потребує багатовимірного опису, насамперед, це стосується таких задач: сегментації ринку, прогнозування кон'юнктури ринку, вивчення і прогнозування економічної депресії, аналізу і прогнозування соціально-економічних явищ тощо.

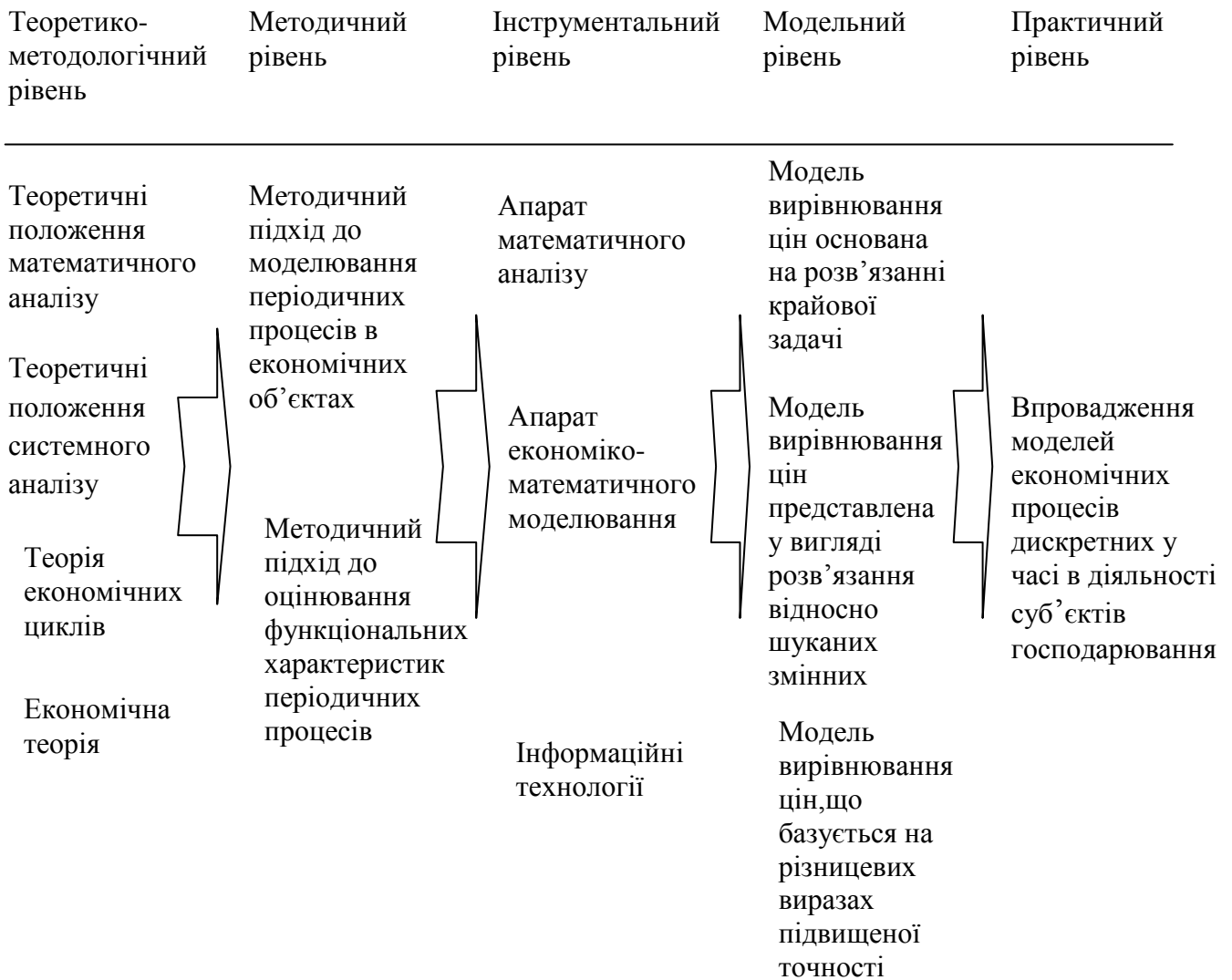


Рис. 1 Схема концепції моделювання періодичних процесів в економіці

У зв'язку з тим що на теперішній час доведено нелінійну природу економічних систем і процесів в економіці, для їхнього адекватного опису потрібні нові, порівняно з добре розвинутими методами лінійного аналізу методи моделювання.

Так, наприклад, нелінійні різницеві рівняння, що часто використовуються при дослідженні і моделюванні різних прикладних завдань у техніці, доречні і при моделюванні процесів в економіці, соціології, демографії та ін.

При застосуванні різницевих рівнянь передбачається, що показники економічного процесу, які досліджують, визначені в дискретні моменти часу.

Доцільність такого розгляду визначається вихідними даними про економічні процеси, які вимірюються в дискретні моменти часу (офіційна статистика, періодичні опитування, переписи тощо). Інтервалом часу може бути п'ятирічка, рік, квартал, місяць, тиждень, доба тощо.

Якщо інтервал часу стає нескінченно малим, то процес слід розглядати як неперервний і досліджувати його можливо за допомогою теорії диференціальних рівнянь.

При моделюванні періодичних процесів в економіці будемо використовувати рівняння виду:

$$x_i = F(x_{i-1}, x_{i-2}, \dots, x_{i-n}), \quad (1)$$

де величина x_t у будь-який момент часу $t_i = i\Delta t, i = n+1, n+2, \dots$ залежить від її значень у попередні n моментів часу $t_{i-1}, t_{i-2}, \dots, t_{i-n}$. Тобто маємо справу з різницевим, або рекурентним, рівнянням n -го порядку.

Розв'язком різницевого рівняння (1) є послідовність $x_k (k = 0, 1, 2, \dots)$, яка перетворює його в тотожність. Для розв'язку рівняння (1) треба задати n початкових умов: x_0, x_1, \dots, x_{n-1} . Підставляючи початкові умови у праву частину рівняння (1), знаходиться x_n , потім, використовуючи значення x_n , знаходяться x_{n+1}, x_{n+2} і таке далі.

Рівняння

$$x_t = a_1 x_{t-1} + a_2 x_{t-2} + \dots + a_n x_{t-n} + a_0(t), \quad (2)$$

де a_1, a_2, \dots, a_n – сталі коефіцієнти, є лінійним різницевим рівнянням n -го порядку зі сталими коефіцієнтами. Воно може бути однорідним, якщо $a_0(t) \equiv 0$, і неоднорідним в іншому варіанті.

Для процесів, неперервних у часі, використано апарат диференціального числення, так як диференціальні рівняння знаходять достатньо широке застосування в моделях періодичних процесів в економіці, в яких відображається не лише залежність змінних від часу, а й їхній взаємозв'язок у часі.

Слід зауважити, що для розв'язання прикладних задач зручним є дискретний час, оскільки статистичні дані завжди дискретні і їх відносять до конкретних одиниць часу. Для випадку прикладних задач дискретного часу будемо використовувати апарат різницевих рівнянь.

Розглянемо диференціальне рівняння n -го порядку ($n \geq 2$):

$$F[x, y(x), y'(x), \dots, y^{(n)}(x)] = 0, \quad x \in (a, b). \quad (3)$$

Нехай $\{x_i\}$ – деяка множина точок з проміжку $[a, b]$; $i = \overline{0, k}, k \geq 1$. Будемо вважати, що $x_0 = a, x_k = b$.

Введемо позначення: $y^{(s_i)}(x_i) = y_i^{(s_i)}$, де $s_i \leq n-1$. Тоді співвідношення вигляду:

$$U_j[y(x), y_0, y_0', \dots, y_0^{(s_0)}, \dots, y_k, y_k', \dots, y_k^{(s_k)}] = 0, \quad j = \overline{1, m}. \quad (4)$$

Оскільки U_j є заданими функціоналами, то їх будемо розглядати, як *крайові умови*.

Розв'язок диференціального рівняння (3) вважається *регулярним*, якщо він є функцією, неперервною разом із похідними до n -го порядку включно.

Задача знаходження регулярного розв'язку рівняння (3), який задовольняє крайовим умовам (4), є *крайовою задачею*.

Так як періодичні зміни в розвитку економіки викликані багатьма причинами і умовами, чинність яких необхідно враховувати при розробці економічної політики держави і засад економічної поведінки всіх економічних

об'єктів, то за допомогою моделювання періодичних процесів в економіці, зокрема, розв'язуються задачі планування і прогнозування економічних процесів: визначення траєкторії розвитку економічної системи та її стан у задані моменти часу, аналіз економічної системи на стійкість, аналіз структурних зсувів.

Однак економічні процеси можуть бути більш складними, тоді подібно до диференціального рівняння (3) можуть бути поставлені крайові задачі і для систем диференціальних рівнянь. Розглянемо систему диференціальних рівнянь у нормальній формі:

$$\dot{x} = f(t, x) \quad t \in (0; T), \quad (5)$$

де $x = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))$, $f = (f_1(t, x), f_2(t, x), \dots, f_n(t, x))$ – n -вимірні вектор-функції.

Для системи (5) крайові умови загального вигляду можна подати співвідношеннями:

$$\begin{aligned} U(x) &\equiv (U_1(x) \quad U_2(x) \quad \dots \quad U_n(x)) = 0, \\ U_j(x) &\equiv U_j(x(t), x(t_0), x(t_1), \dots, x(t_k)), \quad j = \overline{1, n}, \end{aligned} \quad (6)$$

де U_j – задані функціонали. Якщо функціонали U_j лінійні, то крайові умови (6) також є лінійними, а у протилежному варіанті – нелінійними. Як і щодо рівняння, розрізняються дво- і багатоточкові крайові умови залежно від кількості значень t_k незалежної змінної, які входять у (6). Задача знаходження частинного розв'язку системи (5), який задовольняв би задані крайові умови (6), і є *крайовою задачею*.

Тому наведений клас задач, що досліджено для моделювання періодичних процесів в економіці, є надзвичайно важливим для розвитку систем управління економічними об'єктами та економікою в цілому. У зв'язку з чим застосування ефективних методів їх розв'язування і реалізації у формі пакетів прикладних програм є актуальною науковою і практичною проблемою для удосконалення управління економічними об'єктами.

Таким чином періодичні процеси в економіці, породжують необхідність застосування різних типів лінійних і нелінійних крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь. Отже теорія крайових задач для нелінійних диференціальних рівнянь є одною з актуальних в дослідженні періодичних процесів в економіці.

У *третьому розділі «Реалізація концепції моделювання періодичних процесів в економіці»* представлено розв'язання моделі періодичних процесів в економіці відносно вузлових функцій, розв'язання задачі вирівнювання цін економічних об'єктів методом невизначених коефіцієнтів і використання різницевих рівнянь підвищеної точності.

Для зменшення кількості різницевих рівнянь при збереженні необхідної точності результатів, використано апроксимації, які враховують більшу кількість членів розкладання рішення, що відшукується в ряд Тейлора. Коефіцієнти таких апроксимацій можуть бути знайдені за методом невизначених коефіцієнтів.

Розв'язування моделі вирівнювання цін економічних об'єктів на основі крайової задачі.

1. Модель на основі лінійної системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dq}{dt} = 9 \cdot p - 12 \\ \frac{dp}{dt} = 2 - 0,1 \cdot q \end{cases}.$$

Змінні q, p мають такі початкові умови: $q_{(0)} = 19, p_{(0)} = 2$.

2. Крайова задача на основі лінійної системи диференціальних рівнянь.

Різницевий триточковий шаблон для функції $\frac{dy}{dt} = f(y; t)$, де y – це q або

p , буде таким:

$$-3y_{m-1} + 3y_{m+1} = h \cdot (y'_{m-1} + 4y'_m + y'_{m+1}); \quad (7)$$

або

$$-y_{m-1} + y_{m+1} = \frac{h}{3} \cdot (y'_{m-1} + 4y'_m + y'_{m+1}). \quad (8)$$

Тоді

$$-q_{m-1} + q_{m+1} = \frac{h}{3} \cdot [9p_{m-1} - 12 + 4 \cdot (9p_m - 12) + 9p_{m+1} - 12]; \quad (9)$$

$$-p_{m-1} + p_{m+1} = \frac{h}{3} \cdot [2 - 0,1q_{m-1} + 4 \cdot (2 - 0,1q_m) + 2 - 0,1q_{m+1}]. \quad (10)$$

3. Візьмімо десять точок на періоді, де $n = 10$ – число вузлів на періоді; $N = 2$ – число диференціальних рівнянь; $n \cdot N = 20$ – порядок системи різницевих рівнянь. Після чого різницеві рівняння (9) і (10) перетворимо в систему різницевих рівнянь для триточкового шаблону.

Задавши визначальні величини $Y = (q_1, q_3, p_1, p_3)^t$, де t – транспонована матриця стовбець, отримаємо розв'язки за рекурентними формулами та приймемо, що визначальні величини дорівнюють нулю.

Тепер по два рівняння систем різницевих рівнянь для триточкового шаблону (9), (10) визначають остачу розв'язку, тобто нев'язки:

$$\begin{cases} \Delta_{11}^0 = h \cdot (3p_9 + 12p_{10} + 3p_{11} - 24) + q_9 - q_{11}; \\ \Delta_{12}^0 = h \cdot (3p_{10} + 12p_{11} + 3p_{12} - 24) + q_{10} - q_{12}; \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} \Delta_{21}^0 = \frac{h}{3} (12 - 0,1q_9 - 0,4q_{10} - 0,1q_{11}) + p_9 - p_{11}; \\ \Delta_{22}^0 = \frac{h}{3} (12 - 0,1q_{10} - 0,4q_{11} - 0,1q_{12}) + p_{10} - p_{12}. \end{cases} \quad (12)$$

Аналогічно знаходяться нев'язки для чотирьох випадків, по чергово порівнюючи одну з визначальних величин до одиниці, а решту до нуля. Після цього формується система рівнянь нев'язок:

$$Y = \Delta^{-1} \times \Delta_0. \quad (13)$$

Підставляючи задані значення параметрів в систему рекурентних рівнянь, одержимо результат моделювання вирівнювання цін економічних об'єктів (рис. 3).

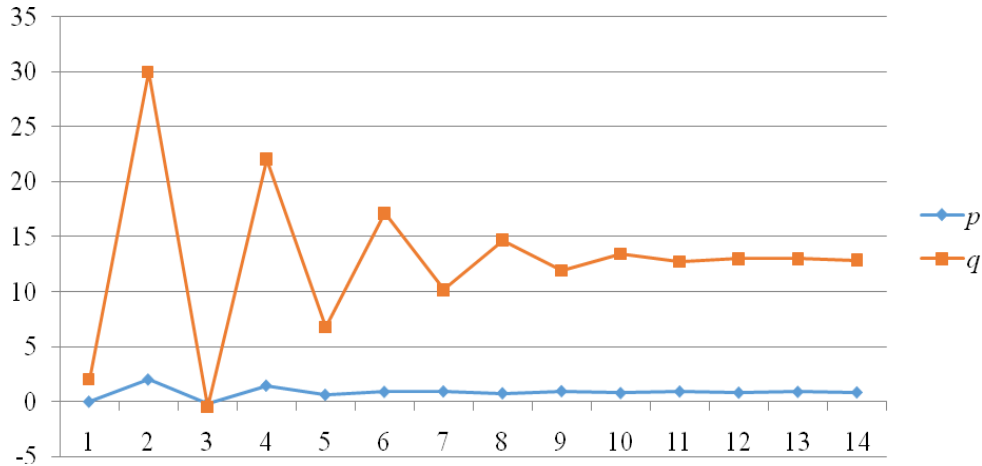


Рис. 3. Результат моделювання вирівнювання цін економічних об'єктів (розв'язування крайової задачі).

Періодичний економічний процес вирівнювання цін економічних об'єктів можна представити у вигляді крайової Т-періодичної двоточної задачі. При цьому, якщо прийняти *крайові умови*:

$$q_8 = -q_2,$$

$$q_9 = -q_3,$$

$$p_8 = -p_2,$$

$$p_9 = -p_3,$$

то буде отримано результати, що відображені на рис. 4.

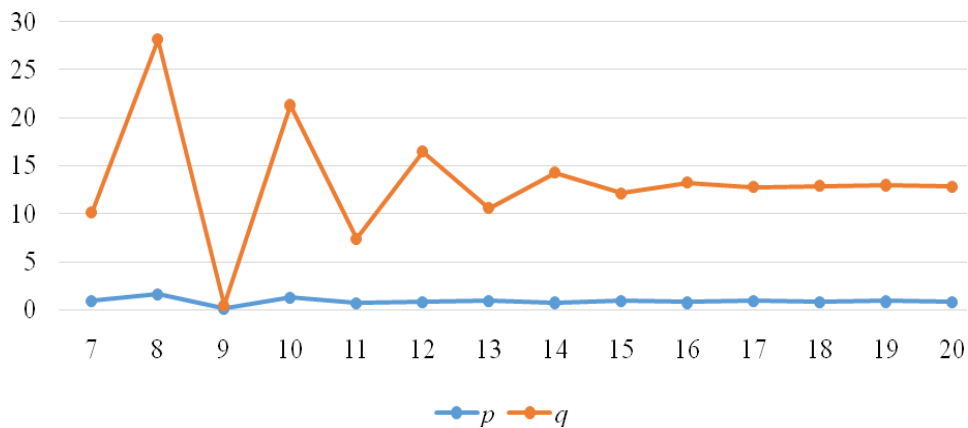


Рис. 4. Результат моделювання вирівнювання цін економічних об'єктів (розв'язування із накладенням крайових умов).

Порівняння результатів розв'язування моделі вирівнювання цін за рівнем активу з використанням рівнянь підвищеної точності та з накладанням крайових умов зображено на рис. 5.

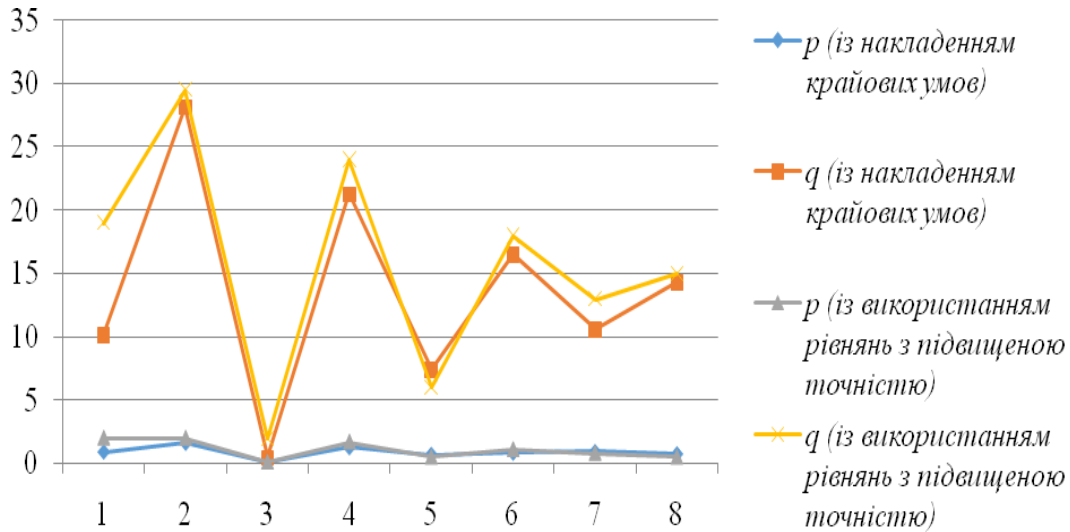


Рис. 5. Результат моделювання вирівнювання цін економічних об'єктів

Чисельний експеримент розв'язування моделі вирівнювання цін економічних об'єктів методом крайової задачі та методом розв'язання рівнянь підвищеної точності показує більш високу точність, отриману першим методом. Точність розрахунку лежить у межах 5–10%.

При розв'язанні моделі вирівнювання цін для ТЗОВ «Дженерал Менеджмент», на прикладі одного з видів продукції, було отримано наступні результати (табл. 1):

Таблиця 1

Результати вирівнювання цін для ТЗОВ «Дженерал Менеджмент»

№	p (із накладенням крайових умов)	q (із накладенням крайових умов)	p (із використанням рівнянь з підвищеною точністю)	q (із використанням рівнянь з підвищеною точністю)
1	140,93	145,15	142	154
2	141,61	160,16	140	164,5
3	140,15	135,5	138,1	137
4	141,27	156,31	139,7	159
5	140,72	139,43	138,5	141
6	140,84	151,52	139,1	153
7	140,95	145,62	138,8	148
8	140,76	149,31	138,5	150
9	140,75	147,31	138,3	146,5
10	140,71	147,03	138,125	145,54
11	140,67	146,74	137,95	144,58
12	140,64	146,45	137,775	143,63

Графічно результати відображені на рис. 6:

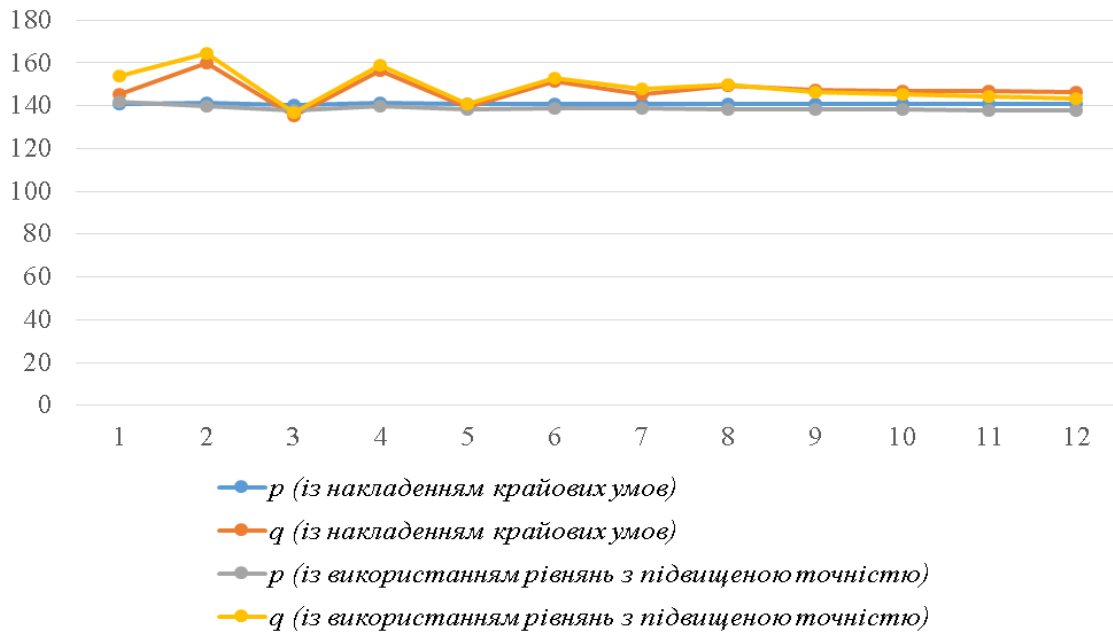


Рис. 6. Результат моделювання вирівнювання цін для ТЗОВ «Дженерал Менеджмент»

Після розв'язання моделі вирівнювання цін для ТЗОВ «Дженерал Менеджмент» на решті видів продукції, очікуваний економічний ефект склав 76,5 тис. грн., а для ТЗОВ «Українська меблева марка» – 78 тис. грн. Загальний очікуваний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи склав 154,5 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено нове важливе для економіки України наукове завдання моделювання періодичних процесів в економіці, яке спрямоване на підвищення загальної ефективності функціонування економічних об'єктів. При цьому отримано наукові результати, за якими зроблено наступні висновки:

1. Досліджено і обґрунтовано необхідність розвитку математичного моделювання і методів аналізу періодичних процесів в економіці, так як економічний цикл – неминучий і необхідний елемент розвитку світової економіки.

2. Доведено, що головною ціллю моделювання економічних циклів є пояснення фундаментальних причин коливання економічної активності в часі, а також визначення основних факторів, які безпосередньо породжують коливання економічної кон'юнктури і механізмів їх дії.

3. Для реалізації мети наукового завдання, щодо моделювання періодичних процесів в економіці, розроблено концепцію моделювання періодичних процесів в економіці на основі періодичної крайової задачі, вирішення задачі пошуку періодичних розв'язків методом невизначених

коефіцієнтів, а також використання різницевих рівнянь, розв'язаних відносно вузлових функцій моделі.

4. Для підвищення точності і полегшення процедури апроксимації диференціальних рівнянь кінцево-різницевами, розроблено раціональні способи апроксимації диференціальних рівнянь економічного стану кінцево-різницевами та отримано різницеві рівняння підвищеної точності, які дають змогу ціною незначних ускладнень розрахункових формул скоротити загальне число прораховуваних вузлів і, отже, в кінцевому підсумку зменшити обсяг обчислень.

5. Для підвищення загальної ефективності діяльності економічних об'єктів розроблено дискретні в часі математичні моделі вирівнювання цін економічних об'єктів на основі звичайних різницевих рівнянь і рівнянь підвищеної точності, проведено порівняння чисельного експерименту обох моделей.

6. Для спрощення та скорочення часу дослідження розвинуто методи розв'язування систем різницевих рівнянь, які поділяються на дві групи: прямі, або безітераційні, методи, за допомогою яких отримують точний розв'язок за кінцеве число арифметичних операцій, та ітераційні, доведено, що використання останніх ускладнюється проблемою збіжності ітераційного процесу.

7. Розроблено математичні моделі вирівнювання цін економічних об'єктів, що розв'язані за алгоритмами, які враховують специфічну структуру систем кінцево-різницевих рівнянь, що дозволяє розглядати періодичні процеси в економіці у дискретні моменти часу, а не як неперервні.

8. Для побудови систем кінцево-різницевих рівнянь математичних моделей економіки розвинуто використання методу невизначених коефіцієнтів, що дозволило ефективно досліджувати періодичні процеси в економіці.

9. Розроблено і представлено підхід до дослідження періодичних процесів в економіці на основі побудови математичних моделей і методів їх аналізу, впровадження якої сприяє зростанню економічної ефективності функціонування об'єктів економіки.

10. Впровадження наукових результатів дослідження знайшли своє практичне застосування у діяльності суб'єктів господарювання різних галузей, а саме: ТЗОВ «Дженерал Менеджмент» та ТЗОВ «Українська меблева марка», при цьому загальний очікуваний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи склав 154,5 тис. грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії:

1. Tsyhanchuk R. O. Modelling of periodic economic processes discrete in time / R. O. Tsyhanchuk // Actual problems of modern science : monograph / edited by Musial Janusz, Polishchuk Oleh, Sorokatji Ruslan ; UTP University of Science and Technology. – Bydgoszcz. – 2017. – 921 p. – ISBN 978-83-938655-3-6. (57,56 друк. арк., *особисто*

автором описано моделювання періодичних економічних процесів, дискретних у часі (С. 68–79) – 0,54 друк. арк.).

Статті у наукових фахових виданнях України:

2. Циганчук Р. О. Моделювання економічних процесів, дискретних у часі, різницевиими рівняннями, розв'язаними відносно вузлових функцій / Р. О. Циганчук // Вісник Університету банківської справи Національного банку України (м. Київ) : зб. наук. пр. – 2014. – № 2 (20). – С. 248–252 (0,51 друк. арк.).

3. Циганчук Р. О. Метод розв'язання різницевих рівнянь відносно вузлових функцій для моделювання економічних процесів, дискретних у часі / Р. О. Циганчук // Вісник Одеського національного університету (м. Одеса) : наук. журн. – 2014. – Т. 19. – Вип. 3/4. – (Серія : Економіка) – С. 251–254 (0,51 друк. арк.).

4. Циганчук Р. О. Розв'язання різницевих рівнянь відносно вузлових функцій у моделі економічних процесів дискретних у часі / Р. О. Циганчук // Формування ринкової економіки в Україні (м. Львів) : зб. наук. пр. / Львівський національний університет імені Івана Франка – 2014. – Вип. 32. – С. 159–165 (0,51 друк. арк.).

5. Циганчук Р. О. Різницеві рівняння підвищеної точності для моделювання динаміки економічних процесів / Л. А. Білий, Р. О. Циганчук // Вісник Університету банківської справи (м. Київ) : зб. наук. пр. – 2015. – № 1 (22). – С. 124–131 (0,74 друк. арк., *особисто автором розроблено* Різницеві рівняння підвищеної точності – 0,54 друк. арк.).

6. Циганчук Р. О. Моделювання періодичних економічних процесів / Р. О. Циганчук // Вісник Університету банківської справи (м. Київ) : зб. наук. пр. – 2017. – № 2 (29). – С. 75–79 (0,48 друк. арк.).

Статті у наукових періодичних виданнях іноземних держав та виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз:

7. Циганчук Р. О. Моделювання періодичних економічних процесів, дискретних у часі / Р. О. Циганчук // Бізнес-навігатор : наук.-вироб. журн. – 2017. – Вип. 4-2 (43). – С. 162–166 (0,55 друк. арк.).

Публікації в інших виданнях:

8. Циганчук Р. О. Моделювання динаміки економічних процесів, що є дискретними у часі / Р. О. Циганчук // Сучасні наукові підходи до стабільного економічного розвитку та економічної безпеки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 21–22 лютого 2014 р. / Чернігівський

державний технологічний університет. – Чернігів : Видавничий дім «Гельветика», 2014. – С. 242–245 (0,22 друк. арк.).

9. Циганчук Р. О. Метод отримання різницевих рівнянь для моделювання економічних процесів / Р. О. Циганчук // Формування інформаційної економіки: світовий досвід та вітчизняні реалії : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Херсон, 14–15 березня 2014 р.) / ред. кол. : К. С. Шапошников [та ін.]. – Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2014. – С. 167–170 (0,22 друк. арк.).

10. Циганчук Р. О. Моделювання динаміки економічних процесів дискретних у часі / Р. О. Циганчук // Теоретичні та прикладні аспекти аналізу фінансових систем : збірник тез XIV Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів та студентів, 26–27 березня 2014 р. / відп. за вип. В. В. Рисін ; Львівський інститут банківської справи Національного банку України. – Львів, 2014. – С. 534–536 (0,13 друк. арк.).

11. Циганчук Р. О. Метод отримання і розв'язання різницевих рівнянь при моделюванні динаміки економічних процесів дискретних у часі / Р. О. Циганчук // Економічні студії (м. Львів) : наук.-практ. журн. – 2014. – № 3 (03). – С. 94–99 (0,74 друк. арк.).

12. Циганчук Р. О. Розв'язання різницевих рівнянь відносно вузлових функцій у моделі економічних процесів, дискретних у часі / Р. О. Циганчук // Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід : тези доповідей V Міжнародної науково-методичної конференції Форуму молодих економістів-кібернетиків, 2–3 жовтня 2014 р., м. Львів / відп. ред. В. М. Вовк ; Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2014. – С. 73–75 (0,09 друк. арк.).

13. Циганчук Р. О. Застосування різницевих рівнянь у моделюванні економічних процесів / Р. О. Циганчук // Розвиток національної економіки: теорія і практика : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 3–4 квітня 2015 року, проведеної на базі «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», м. Івано-Франківськ. – Тернопіль : Крок, 2015. – Ч. 3. – С. 402–403 (0,13 друк. арк.).

14. Циганчук Р. О. Використання різницевих рівнянь у моделюванні економічних процесів / Р. О. Циганчук // Проблеми забезпечення ефективного функціонування та стабільного розвитку банківської системи України : тези доповідей учасників V науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. – Київ : УБС НБУ, 2015. – С. 202–203 (0,13 друк. арк.).

15. Циганчук Р. О. Моделювання періодичних процесів макроекономіки / Р. О. Циганчук // матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії» : зб. наук. пр. – Переяслав-Хмельницький, 2016. – С. 43–45 (0,2 друк. арк.).

16. Циганчук Р. О. Моделювання періодичних процесів / Р. О. Циганчук // Проблеми розвитку фінансово-кредитної системи : збірник тез XVI Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів та студентів, приуроченої до 25-річчя Незалежності України, 14–15 квітня

2016 року / ЛННІ ДВНЗ «Університет банківської справи». – Львів, 2016. – С. 665–666 (0,13 друк. арк.).

17. Циганчук Р. О. Застосування різницевого рівняння в економіці / Р. О. Циганчук // Інформаційні технології в соціокультурній сфері, освіті та економіці : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих учених / М-во освіти і науки України ; М-во культури України ; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв. – Київ : Видавничий центр КНУКіМ, 2017. – С. 139–140 (0,13 друк. арк.).

18. Циганчук Р. О. Використання різницевого рівняння в економіці / Р. О. Циганчук // Проблеми розвитку фінансово-кредитної системи : збірник тез XVI Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів та студентів, 30–31 березня 2017 р. / ЛННІ ДВНЗ «Університет банківської справи». – Львів, 2017. – С. 629–630 (0,13 друк. арк.).

АНОТАЦІЯ

Циганчук Р. О. Моделювання періодичних процесів в економіці. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. – Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Полтава, 2018.

У дисертаційній роботі обґрунтовано необхідність розвитку математичного моделювання і методів аналізу періодичних процесів в економіці.

Розроблено концепцію моделювання періодичних процесів в економіці, на основі якої періодичний розв'язок можливо отримати представленням диференціальних рівнянь економічного стану у формі крайової задачі, розв'язування задачі методом невизначених коефіцієнтів або використанням різницевого рівняння, розв'язаних відносно вузлових функцій моделі.

Отримано різницеві рівняння підвищеної точності, які дають змогу ціною незначних ускладнень розрахункових формул скоротити загальне число прораховуваних вузлів і, отже, в кінцевому підсумку зменшити обсяг обчислень. Різницеві рівняння підвищеної точності значно спростили і полегшили процедуру апроксимації диференціальних рівнянь кінцево-різницевими.

Розроблено дискретні в часі математичні моделі вирівнювання цін за рівнем активу на основі звичайних різницевого рівнянь і рівнянь підвищеної точності. Ці математичні моделі розв'язано за алгоритмами, які враховують специфічну структуру систем кінцево-різницевого рівнянь.

Ключові слова: неперервний час, дискретний час, математична модель, вузлова функція, економічна динаміка, періодичні процеси в економіці.

АННОТАЦИЯ

Циганчук Р. О. Моделирование периодических процессов в экономике. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.11 – математические методы, модели и информационные технологии в экономике. – Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Полтава, 2018.

В диссертационной работе обоснована необходимость развития математического моделирования и методов анализа периодических процессов в экономике.

Разработана концепция моделирования периодических процессов в экономике, на основе которой периодическое решение можно получить представлением дифференциальных уравнений экономического состояния в форме краевой задачи, решение задачи методом неопределенных коэффициентов или использованием разностных уравнений, разрешимых относительно узловых функций модели

Получены разностные уравнения повышенной точности, которые позволяют ценой незначительных осложнений расчетных формул сократить общее число просчитываемых узлов и, следовательно, в конечном итоге уменьшить объем вычислений. Разностные уравнения повышенной точности значительно упростили и облегчили процедуру аппроксимации дифференциальных уравнений конечно-разностными.

Разработаны дискретные во времени математические модели выравнивания цен по уровню актива на основе обычных разностных уравнений и уравнений повышенной точности. Эти математические модели решены по алгоритмам, которые учитывают специфическую структуру систем конечно-разностных уравнений.

Ключевые слова: непрерывный время, дискретное время, математическая модель, узловая функция, экономическая динамика, периодические процессы в экономике.

SUMMARY

Tsyhanchuk R.O. Modeling of Periodic Processes in Economy. – Manuscript.

Thesis for a candidate degree in economics by specialty 08.00.11 – mathematical methods, models and information technologies in economics. – Higher Educational Establishment of Ukoopspolki "Poltava University of Economics and Trade", Poltava, 2018.

In dissertation work the necessity of development of mathematical modeling and methods of analysis of periodical economic processes is substantiated. The concept of modeling of periodic processes of the economy is developed, on the basis

of which a periodic solution can be obtained by representing differential equations of the economic state in the form of a boundary value problem, solving a problem by the method of indefinite coefficients or using difference equations solved for the node functions of the model.

The difference equations of high precision are obtained, which allow the cost of minor complications of the calculation formulas to reduce the total number of calculated nodes and, consequently, ultimately reduce the amount of computations. The difference of the equations of high accuracy greatly simplified and simplified the procedure of approximation of differential equations of finite difference.

Discrete-time mathematical models of price equalization of the level of the asset on the basis of ordinary difference equations and equations of high accuracy are developed. These mathematical models are solved by algorithms that take into account the specific structure of systems of finite-difference equations.

Keywords: continuous time, discrete time, mathematical model, nodal function, economic dynamics, periodic processes in economy.