

ЛАНЦЮГИ МАРКОВА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Сімонов А.М., науковий керівник Коваль Т.В

У сучасних умовах цифрової трансформації економіки особливого значення набувають математичні методи, що дозволяють формалізувати випадковий характер економічних процесів і створити надійну кількісну основу для прийняття ефективних управлінських рішень. Серед таких методів одне з провідних місць займають ланцюги Маркова — потужний інструмент для моделювання стохастичних динамічних систем, зокрема в економічному середовищі.

Ланцюг Маркова — це дискретний стохастичний процес, у якому ймовірність переходу до наступного стану залежить виключно від поточного стану, а не від усієї історії попередніх станів. Така властивість називається марковською. Це робить процес зручним для моделювання економічних ситуацій, де попередні стани не завжди мають значення, а на майбутній результат значно більше впливає поточний стан.

Процес описується матрицею переходів, де кожен елемент p_{ij} — це ймовірність переходу зі стану i у стан j . Для кожного стану i сума всіх ймовірностей переходів до інших станів дорівнює одиниці. Це дозволяє створювати чіткі моделі для прогнозування майбутніх ситуацій, адже кожен перехід може бути чітко визначений за допомогою математичних ймовірностей.

У сфері економіки ланцюги Маркова активно використовуються для аналізу та прогнозування систем, що змінюються з часом. Основні приклади застосування включають:

1. Моделювання поведінки споживачів: перехід між рівнями лояльності, такими як потенційний, активний, постійний та втрачений. Це дозволяє компаніям прогнозувати, скільки часу споживач може залишатися лояльним і які фактори можуть призвести до втрати клієнта [1].
2. Аналіз фінансового стану підприємств: перехід між фазами розвитку, такими як стабільний, прибутковий, кризовий та банкрутство. Застосування ланцюгів Маркова у фінансовому аналізі дозволяє моделювати ймовірності переходу між різними фінансовими станами підприємств, що є важливим для оцінки потенційних ризиків.
3. Кредитний скоринг: оцінка ймовірності зміни статусу позичальника. Ланцюги Маркова допомагають створювати прогнози щодо майбутньої платоспроможності клієнта, що дозволяє фінансовим установам приймати обґрунтовані рішення. [2].
4. Опис макроекономічних циклів: моделювання фаз економіки, таких як зростання, рецесія, стагнація та відновлення. Цей підхід дозволяє прогнозувати етапи економічного розвитку країни, враховуючи статистичні показники, такі як динаміка валового внутрішнього продукту чи індекси ділової активності. Ланцюги Маркова дають змогу точніше визначити, коли економіка може переходити від однієї фази до іншої [3].

У межах макроекономічного аналізу еволюція економічної системи може інтерпретуватись як стохастичний процес, що на кожному етапі часу перебуває в одному з чітко визначених станів, наприклад: фаза економічного зростання, стагнація або спад. Використовуючи статистичні дані, такі як динаміка валового внутрішнього продукту чи індекси ділової активності, можливо побудувати структуру, яка описує ймовірності переходу економіки з одного стану в інший. Знаючи початковий розподіл ймовірностей, можна багаторазово застосовувати ці переходи для оцінки ймовірного стану системи у майбутньому, залежно від кількості кроків у часовому горизонті аналізу. Це дозволяє

будувати точніші прогнози розвитку економіки та планувати необхідні заходи для покращення її стану.

Практичним прикладом використання ланцюгів Маркова є аналіз споживчих переваг під час вибору марки автомобіля. На основі опитування власників автомобілів марок А, В і С було побудовано матрицю переходів, яка відображає ймовірності того, що при наступній покупці споживач змінить або збереже марку:

$$T = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Ця матриця дозволяє прогнозувати поведінку споживачів при повторних покупках. Якщо відомий початковий розподіл вибору, наприклад, $p^{(0)} = (1; 0; 0)$, тобто перший автомобіль був марки А, то ймовірність вибору другої машини обчислюється як:

$$p^{(1)} = p^{(0)} \times T = (0,2; 0,5; 0,3) \quad (2)$$

Цей розподіл можна використовувати для подальшого прогнозу третього вибору, перемноживши його на матрицю переходів ще раз:

$$p^{(2)} = p^{(1)} \times T^{(2)} = (0,23; 0,54; 0,23) \quad (3)$$

Це означає, що у разі, якщо першим вибором був автомобіль марки А, найвищу ймовірність третього вибору має марка В — 54%, тоді як марки А і С мають по 23%. Такий розподіл демонструє, як ланцюги Маркова дозволяють відстежити зміну споживчих уподобань при повторних покупках і виявити ймовірні сценарії поведінки клієнтів.

Отже, ланцюги Маркова є важливим засобом формалізованого аналізу випадкових економічних процесів, що еволюціонують у часі. Їх застосування є особливо актуальним у цифрову епоху, коли аналітика великих даних, машинне навчання та економетричне моделювання відіграють ключову роль у прийнятті обґрунтованих рішень. Інтеграція ланцюгів Маркова з сучасними технологіями, такими як аналітика великих даних та штучний інтелект, відкриває нові можливості для прогнозування і адаптації економічних систем до швидких змін. Це також дає змогу здійснювати більш точне і своєчасне управління економічними процесами. Завдяки цьому підходу можна не лише оцінювати поточний стан системи, а й ефективно планувати подальші дії для зменшення ризиків та досягнення стратегічних цілей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ СПОЖИВАЧА НА РИНКУ ТОВАРІВ. Видання ЧДУ імені Петра Могили. URL: <https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/posibnuku/288/6.pdf> (дата звернення: 20.04.2025).
2. СКОРИНГ ЯК ЕКСПЕРТНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНОГО РИЗИКУ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ ПРИ СПОЖИВЧОМУ КРЕДИТУВАННІ. URL: https://web.znu.edu.ua/herald/issues/2008/econom_2008_1/2008-26-06/volik.pdf (дата звернення: 20.04.2025).
3. МОДЕЛЬ ЛАНЦЮГІВ МАРКОВА ДЛЯ ПЛАТІЖНОГО БАЛАНСУ УКРАЇНИ. ELARTU – Інституційний репозитарій ТНТУ імені Івана Пулюя: Домівка. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/23397/2/MNK-ME_2017_Rybko_E_A-Model_of_markov_chains_for_88-89.pdf (дата звернення: 20.04.2025).

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ
АСПЕКТИ РОЗРОБКИ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ
VII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ І АСПІРАНТІВ
*24 квітня 2025 року***

Київ 2025

УДК 004

Відповідальна за випуск: М.І. Лендел

Збірник наукових праць за матеріалами VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і аспірантів «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ '2025», 24 квітня 2025 року, НУБіП України, Київ. – 452 с. (електронне видання)

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

Передрук матеріалів, а також використання їх будь-якій формі допускається лише з дозволу авторів