

Інформаційно-керуючі системи та технології оцінки ступеня підготовленості підприємств до інноваційної діяльності за допомогою ланцюгів Маркова

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2021.29>

Oleksandr Sharko

Kherson State Maritime Academy
Kherson, Ukraine
mvsharko@gmail.com

Marharyta Sharko

State Higher Educational Institution “Pryazovskyi
State Technical University”
Kherson, Ukraine
mvsharko@gmail.com

Natalia Petrushenko

Kherson National Technical University
Kherson, Ukraine
natalia.velikaya@gmail.com

Natalia Vasylenko

Kherson State Agrarian and Economic University
Kherson, Ukraine
neve80@ukr.net

Mikhailo Mosin

Ukrainian Armor LLC
Kyiv, Ukraine
mosin-ussz@ukr.net

Alexey Belousov

Institution of Higher Education “International
University of Business and Law”
Kherson, Ukraine
allanmih@gmail.com

I. ВСТУП

Анотація — Метою роботи є розробка інформаційних систем і технологій визначення ступеня готовності підприємств до інноваційної діяльності на основі організації і регулювання інноваційних процесів в розвинутому виробництві за допомогою ланцюгів Маркова. Наведені результати вивчення процесів оцінки ступеня готовності підприємств до інноваційної діяльності, що функціонують в умовах невизначеності економічних зв'язків і відносин. Розроблено концептуальну модель системи управління інноваційною діяльністю, спрямовану на вдосконалення механізмів діагностики та прийняття рішень на основі використання інструментальних засобів ланцюгів Маркова. Для її практичної реалізації створена імітаційна модель оцінки ступеня готовності підприємств до інноваційної діяльності у вигляді орієнтованого графа, в якому вершини представляють собою стани процесу, а ребра – переходи між ними. Відмітна особливість моделі полягає в тому, що в якості аргументу, від якого залежить процес оцінки ступеня готовності підприємств до інноваційної діяльності розглядається не час, а послідовність станів і номер кроку з ієрархією інтервалів дискретизації. Гнучкість такої моделі забезпечується адаптивністю до впливів зовнішнього середовища з можливістю її налаштування на кожну інформаційну ситуацію).

Ключові слова – інноваційна діяльність; ланцюги Маркова; підприємства; інформаційно-керуючі системи.

Одним з напрямків успішного функціонування підприємств в умовах динамічних змін зовнішнього середовища є їх готовність до інновацій. Здатність підприємств до здійснення інноваційної діяльності проявляється в можливості отримувати певні зміни в механізмі функціонування підприємства для досягнення кінцевого результату – випуску конкурентоспроможної продукції. Інноваційна діяльність підприємств є синтетичним властивістю, яке акумулює різномірні чинники екзогенної і ендогенної природи. Управління інноваційною діяльністю в умовах невизначеності впливу зовнішнього середовища в своїй основі базується на створенні системно пов'язаних методик дослідження поточного і прогнозованого стану виробництва за рахунок синтезування інформації, отриманої як за допомогою синергетичного підходу, так і математичних, в тому числі і імовірнісних методів.

В даний час інноваційна діяльність здійснюється не тільки в умовах ризику, а й в умовах невизначеності, яка характеризується глобалізацією економічних процесів, ускладненням взаємодій між ринковими суб'єктами і впливом зовнішнього середовища. Вибір домінування альтернатив управління інноваційною діяльністю і оцінка ступеня готовності підприємств до її реалізації стають прерогативою інтуїції.

Процес оцінки ступеня готовності підприємств до інноваційної діяльності несе в собі елементи

випадковості пов'язаної з тим, що навіть поточний стан виробництва в початковий момент часу визначається через вихідне розподіл ймовірностей.

Вибір першого кроку до зміни поточної ситуації пов'язаний з кількісною оцінкою і коригуванням одного з факторів виробничої діяльності, що призводить до зміщення точки відліку процесу встановлення ступеня готовності підприємства до інноваційних трансформацій. Після виконання операцій, пов'язаних з коригуванням подальшого фактора, точка відліку знову зміститися в бік скорочення процесу впровадження інноваційної діяльності тощо. Таким чином процес зміни положення точки відліку носить випадковий характер, що характеризується вільним вибором фактора з дискретними тимчасовими характеристиками тривалості першого і наступного кроків і рахунковою множиною станів. Такий процес буде Марківським, тому що наступні стани точки відліку процесу інноваційних перетворень не залежать від минулих станів.

Проблема кількісної оцінки спроможності підприємств до здійснення конкретних видів інноваційної діяльності та ступеня готовності підприємств до інноваційних перетворень завжди є актуальною.

II. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

В [1] модель Марківського випадкового процесу застосована для дослідження економічної ефективності роботи фірми. Оцінена точність визначення параметрів розвитку економічних систем. В [2] теорія ланцюгів Маркова використовується для визначення векторів станів попиту і пропозиції. Матриця інтенсивності визначається шляхом перетворення логарифмічної функції відповідних матриць переходу в поліноми. Розглянуті також питання моделювання економічної стійкості підприємств за допомогою ланцюгів Маркова, де під економічною стійкістю розуміють властивості підприємств за певний час досягати мети функціонування та розвитку. Розглянуті основні принципи гомогенної мережі Маркова з фіксованою кількістю станів і розривних періодом.

Дискретно-часові ланцюга Маркова використані в [3] для моделювання впливу пандемії COVID-19 на п'яти основних секторах економіки Кенії, які вносять значний вклад в зростання ВВП. Результати моделювання дають можливість глобальним інвесторам зрозуміти різні аспекти планування економічних стимулів, щоб зменшити вплив економічної рецесії.

Як впливає з наведеного огляду практичні застосування ланцюгів Маркова численні і різноманітні. Окремі фрагменти представленого досвіду використані при розробці методології справжніх досліджень.

III. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Головна ідея ланцюга Маркова полягає в тому, що існує тільки одне поточний стан і отже один перехід в одне подальший стан. Основна властивість

Марківських процесів полягає в тому, що в будь-який момент часу умовний розподіл майбутніх станів із заданими поточним і минулими станами залежить тільки від поточного стану, але не від минулих станів. Таким чином ланцюг Маркова, це послідовність випадкових подій з кінцевим числом переходів, що реалізується на практиці з дискретним часом і дискретним простором станів.

Початкове розподіл ймовірностей:

$$P(x_0=S)=q_0(S) \quad \forall_{S \in E} \quad (1)$$

де \forall – квантор загальності,

S – дискретні стану,

q_0 – розподіл ймовірностей в момент часу $t = 0$.

Множина E являє собою кінцеве число можливих станів.

$$E=\{e_1, e_2, \dots, e_n\}. \quad (2)$$

Область значень випадкової величини $\{x_n\}$ є простором станів, а величина n – номером кроку. Ймовірності переходу з одного стану в інший представляється у вигляді квадратних матриць.

$$P_{ij}(n)=P(x_{n+1}=j|x_n=i) \quad (3)$$

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} s_1 & s_2 & \dots & s_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} s_1 \\ s_2 \\ \cdot \\ s_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix}. \quad (4)$$

Елементи, p_{ij} позначають ймовірність переходу зі стану s_i в наступне.

Матриця перехідних ймовірностей висловлює ймовірність того, що стан в момент часу $n + 1$ є наступним для інших станів.

$P(x_{n+1}=S_{n+1}|x_n=S_n)=P(S_n, S_{n+1}) \quad \forall (S_n, S_{n+1}) \in E \times E$ (5)
Ланцюг Маркова буде однорідним, якщо матриця перехідних ймовірностей не буде залежати від номера кроку, тобто:

$$P_{ij}(n)=P_{ij}. \quad (6)$$

Для переходу з початкового стану в наступний необхідно визначити ймовірність цього переходу за n кроків.

Відповідно до рівняння Колмогорова-Чепмена матриця перехідних ймовірностей за n кроків в однорідного ланцюга Маркова є n -ю ступінь матриці перехідних ймовірностей за один крок.

$$P(x_n=S_n|x_0=S_0)=P^n. \quad (7)$$

Марківський ланцюг в будь-який момент часу можна характеризувати векторах рядком C_i матриці перехідних ймовірностей P .

Якщо помножити вектор рядок, що описує розподіл ймовірностей на певному етапі впровадження інновацій, на матрицю перехідних ймовірностей отримаємо розподіл ймовірностей на наступному етапі впровадження.

IV. МЕТОДОЛОГІЯ

Відповідно до визначення ступеня готовності підприємств до інноваційної діяльності в умовах

невизначеності впливу зовнішнього середовища [4–6], яка характеризується елементами випадковості, призначення ланцюгів Маркова полягає в пошуку такого поєднання характеристик і параметрів інноваційної діяльності, яке б дозволяло забезпечити вдосконалення механізмів діагностики та прийняття рішень в візуалізованій формі на різних рівнях впровадження інновацій.

Готовність підприємств до інноваційної діяльності може бути представлена як внутрішня здатність виробництва до можливих трансформацій [7–8].

Якщо перехід системи з одного стану в інший відбувається в заздалегідь фіксовані моменти часу при накопиченні відповідного обсягу інвестиційних ресурсів то маємо серійний Марківський процес дискретним часом. Якщо перехід можливий в будь-який випадковий момент часу маємо Марківський процес з безперервним часом.

V. РЕЗУЛЬТАТИ

При прийнятті рішень, що кардинально відрізняються або по впровадженні інновацій безпомилковою буде лише оцінка поточної ситуації виробничої діяльності. На результати впровадження інновацій впливає безліч факторів. Так ймовірність отримання переваги може бути 0,25 в той час як ймовірність ризику – 0,75. Ключові поняття ланцюга Маркова при впровадженні інновацій показані на рис. 1.

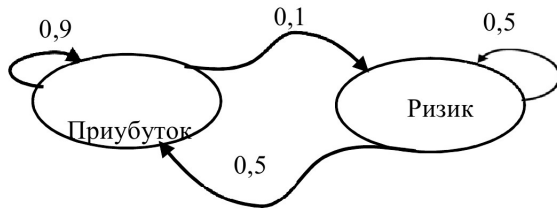


Рисунок 1. Ключові поняття ланцюга Маркова при впровадженні інновацій

У наведеній схемі ланцюг Маркова являє набір переходів, зі своїм розподілом ймовірностей, які відповідають Марківському процесу.

VI. ВИСНОВКИ

1. Для кількісної оцінки ступеня готовності підприємств до інноваційної діяльності необхідно використання оптимізаційних та імовірнісних методів, за допомогою ланцюгів Маркова. Ланцюги Маркова є потужним інструментом імовірнісного стохастичного моделювання аналітичних даних в кінцевому просторі станів і ефективним апаратом оцінки готовності підприємств до інноваційної діяльності, що дозволяє побачити різні варіанти рішень в візуалізованій формі.

2. Новизною технологій використання ланцюгів Маркова для оцінки ступеня готовності підприємств до інноваційної діяльності є ієрархія інтервалів дискретизації і заміна часу процесу на послідовність станів впровадження інноваційної діяльності, що дозволяє об'єднати результати прогнозування на

різних рівнях впровадження інновацій з однією спільною оцінкою ступеня готовності підприємств до інноваційної діяльності впровадження інновацій.

3. Використання ланцюгів Маркова допомагає розробляти маркетингові стратегії при впровадженні інновацій.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Sherstennikov Y. V., Application of the Markov process model to the study of the economic efficiency of the firm. *Economic Herald of Donbass* 2007. № 2. pp. 92–95.
- [2] Kuznichenko V. M., Lapshin V. I., Generalized Scarcity Exchange Model for Continuous Processes with External Control. *Economics and Management* 2017. № 5. pp. 5–12.
- [3] Ludwig, R., Pouymayou, B., Balermipas, P. et al. A hidden Markov model for lymphatic tumor progression in the head and neck. *Sci Rep* 11, 12261 (2021). URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91544-1>.
- [4] Sharko, M. V. & Sharko, A. V. Innovative aspects of management of development of enterprises of regional tourism. *Actual problems of economy*, (2016). 7(181), pp. 206–213. URL: <https://eco-science.net/downloads/>.
- [5] Sharko, M. V. & Doneva, N. M., Methodological approaches to transforming assessments of the tourist attractiveness of regions into strategic managerial decisions. *Actual problems of economy*, (2014). 8 (158), pp. 224–229. URL: <https://eco-science.net/downloads/>.
- [6] Sharko M., Shpak N., Gonchar O., Vorobyova K., Lepokhina O., Burenko J. (2020), Methodological Basis of Causal Forecasting of the Economic Systems Development Management Processes Under the Uncertainty *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp. 423–437. doi:10.1007/978-3-030-54215-3.
- [7] Zhao Y. et al. Spatio-temporal Markov chain model for very-short-term wind power forecasting. *The Journal of Engineering*.