

MATHEMATICAL METHODS, MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGY IN ECONOMICS

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-081-0-15>

ОПТИМІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ АДМІНІСТРУВАННІ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ

Симонов Д. І.

аспірант

Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова

Національної академії наук України

м. Київ, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6648-4736>

Ланцюги постачання відносяться до складних динамічних систем. Ці системи класифікують або як «детерміновані» – достовірно відомі, або як «імовірнісні» – описані імовірнісним розподілом. Використання цієї класифікації є ключовим фактором при розробці моделей оптимізації процесів постачання. Для ланцюгів постачання найбільш характерними є само-організуюча система, тобто система, яка формується під впливом структури зворотного зв'язку, генеруючи патерни в просторі і часі, створюючи залежність від траєкторії і сили зв'язку графа, що визначається транзитивністю та сусідством, тобто лінійною комбінацією часу, близькості та взаємності інтересів. Складність систем організації ланцюгів постачання обумовлена необхідністю постійного розвитку мереж зв'язку агентів. Характерною рисою подібних систем є обмеження можливостей побудови прогностичних моделей внаслідок постійної зміни характеристик стану системи, тобто не завжди можливо порівнювати минулий стан з теперішнім, а тим більше з майбутнім через нелінійність систем [1, с. 8].

Задача адміністрування ланцюгів постачання полягає в тому, щоб визначити план та організувати роботу ланок, що задовольняє

потребам ключових зацікавлених сторін з мінімальними витратами та ризиками. Узагальнена математична модель ланцюга постачання:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p C_{ijk} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де C_{ijk} – нормована характеристика критерію ключових показників ефективності (наприклад, вартість товару, втрати в ланцюгу постачання, термін постачання);

x_{ij} – кількість товару або партій;

p – кількість ключових показників ефективності.

З метою мінімізації рівня невизначеності і негативного впливу випадкових процесів на ступінь ризиків невиконання контрактних зобов'язань агентами в ланцюгу постачання, рекомендується розробляти математичні моделі динамічних процесів з урахуванням існуючих та прогнозованих можливостей та обмежень кожного агента. Динамічна модель дозволяє спрогнозувати поведінку системи в часі з урахуванням змінних характеристик системи, що змінюються з часом. Це також стосується факторів, які до певного часу вважалися ключовими, а в момент часу, що розглядається, перестали бути такими або частково втратили свій ключовий вплив на процеси (наприклад, ціна на товар) [2] або факторів, які неможливо прогнозувати (наприклад, виникнення пандемії, терористичного акту або військового конфлікту). Додатковим фактором, який ускладнює процес адміністрування ланцюгів постачання, є наявність в ланцюгу постачання процесів зі стохастичною властивістю. Однією з причин стохастичності може бути зміна взаємодії агентів з плином часу. Це можливо бути обумовлено затримками в прийнятті рішень внаслідок зміни ситуації на ринку або зміни пріоритетів і цілей агента. При побудові математичної моделі динамічної системи ланцюгів постачання для визначення ймовірнісної (стохастичності) складової використовується $P_{\Phi}(u)$ – функція ймовірності [3, с. 11].

$$P_{\Phi}(u) \triangleq P\{X : \Phi(u, X) \leq \Phi\}, \quad (2)$$

де $\Phi(u, X)$ – функція втрат в ланцюгу постачання;

u – детермінований m -мірний вектор, що відображає стратегію організації, яка адмініструє ланцюг постачання;

X – n -мірний випадковий вектор стохастичної невизначеності;

φ – дійсний параметр, який позначає задовільний рівень втрат в ланцюгу постачання.

Отже, рівняння 2 можливо використовувати в якості міри, що є індикатором надійності стратегії адміністрування ланцюга постачання. Цей критерій можливо використовувати при декомпозиції ланцюга постачання та подальшому аналізі кожної з ланок ланцюга з метою визначення «вузьких місць». Чим ближче значення функції ймовірності до одиниці, тим вище надійність стратегії [4].

Таким чином, узагальнену задачу адміністрування ланцюга постачання можливо записати у вигляді багатокритеріальної задачі стохастичного програмування [5, с. 499]:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{\omega} \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p C_{ijk} x_{ij} \rightarrow \min \right\} \\ P_{\varphi}(u) \triangleq P\{X : \Phi(u, X) \leq \varphi\} \rightarrow \min \end{array} \right. \quad (3)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{k=1}^m x_{ij} \geq a_i,$$

де a_i – потреби в певному виді товару;

M_{ω} – матсподівання.

Одним з найважливіших завдань аналізу невизначеності і ризиків є визначення та усунення обмежень, так званих «вузьких місць». Робота з обмеженнями дозволить збільшити продуктивність системи, знизити ризики і, в кінцевому підсумку, знизити вартість володіння системою та собівартість виробництва. При аналізі обмежень в першу чергу необхідно звертати увагу на: процеси, характеристики яких постійно відхиляються від планових показників; процеси, які мають найменшу продуктивність в ланцюгу; процеси, які мають ключове значення для виробництва готової продукції; процеси, які мають найвищий показник ризику; процеси, які мають найбільший показник по фінансових витратах [1, с. 101].

Процеси і потоки всередині ланцюгів постачання реалізуються за допомогою надання та споживання ресурсів, які можна класифікувати як матеріальні, так і нематеріальні (наприклад, час або інформація). Щоб використовувати ресурси, необхідно спланувати і виконати ряд операцій. Виконання відбувається не статично, а динамічно і розгортається за різними часовими горизонтами. За структурою і динаміці операцій процесу поставок можуть перебувати в різних станах [1, с. 9].

Модель, яку доцільно розробляти для адміністрування ланцюгів постачання, повинна бути призначена для демонстрації властивостей системи та зручною для розуміння особами, що приймають рішення, того, як можливо стабілізувати цикли поставок, знизити собівартість та ризики. Отримана модель – це модель проблеми, а чітка мета – це найважливіший компонент для побудови якісної моделі аналізованої системи.

Декомпозиція комплексної системи ланцюгів постачання дозволяє сконцентрувати увагу на певній проблемі або завданню. Вона дозволяє спростити сприйняття інформації особами, що приймають рішення без втрати її інформативності та цілісності. Оптимальне рішення n -мірної задачі знаходиться шляхом її розбиття на n етапів, кожен з яких представляє собою спрощену до однієї змінної задачу. Обчислення за допомогою рекурентного підходу дозволяє використовувати оптимальне рішення одного завдання в якості «входу» для вирішення наступного завдання, а оптимальне рішення всієї задачі знаходиться після рішення останньої «спрощеної» задачі.

Незважаючи на ймовірні складності використання прогнозування, пов'язані зі стохастичністю процесів, необхідно аналізувати накопичені дані історії поставок. Часовий горизонт повинен сягати досить далеко в історію, щоб показати, як виникла проблема, і описати її симптоми. Більшість ненавмисних наслідків прийнятих рішень мають тривалий час прояви результатів цих рішень.

Не існує рецептів успішного моделювання або процедури, якої можливо б було слідувати, щоб гарантувати отримання корисної моделі. Моделювання за своєю суттю творчий процес з різними підходами і методами. Проте, всі успішні розробники моделей

слідують дисциплінованому процесу, який включає в себе наступні дії [6, с. 167]:

- 1) формулювання проблеми, яку необхідно вирішити;
- 2) формулювання динамічної гіпотези про причини виникнення проблеми;
- 3) формулювання імітаційної моделі для перевірки динамічної гіпотези;
- 4) тестування моделі до тих пір, поки не буде впевненості, що вона підходить для досягнення мети моделювання;
- 5) розробка і оцінка політик і критеріїв для поліпшення моделі та процесів.

Після розробки математичної моделі ланцюга постачання її потрібно перевірити на адекватність. Однак в більшості випадків концептуальна модель настільки складна, що її динамічні наслідки неясні або важко інтерпретуються. Практика системної динаміки включає в себе велику кількість різноманітних тестів, які можна застосувати на стадії формулювання, щоб виявити недоліки в пропонуваніх формулюваннях і поліпшити розуміння системи. Тестування включає в себе набагато більше, ніж відтворення історичної поведінки.

Чутливість поведінки моделі і рекомендацій по політиці необхідно оцінювати з розумінням невизначеності та зроблених припущень. Моделі повинні бути випробувані в екстремальних умовах, умовах, які, можливо, ніколи не спостерігалися в реальному світі.

Література:

1. Ivanov, D. and Sokolov, B. (2010). *Adaptive Supply Chain Management*. London, UK: Springer Verlag. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84882-952-7>
2. Shuiwang Zhang, Yu Mei, Qiang Bao, and Lingzhi Shao (2021). *Coordination Strategy for a New Retail Supply Chain Based on Combination Contract*. London, UK: Hindawi. <https://doi.org/10.1155/2021/7697429>
3. Кибзун А.И., Кан Ю.С. *Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями*. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. 372 с.
4. Chihiro Watanabe, Kuniko Moriya, Yuji Tou, Pekka Neittaanmäki (2018). *Structural sources of a productivity decline in the digital economy*. *International*

Journal of Managing Information Technology. Chennai, India: AIRCC Publishing Corporation. Vol. 10, no. 1.

5. Зайченко Ю.П. Дослідження операції : підручник. 4-те вид., перероб. і допов. Київ : ЗАТ «ВІПОЛ», 2000. 688 с.

6. Jorgen Randers (1995) Elements of the system dynamics method. NY, US: Productivity Press.