

## **СУЧАСНІ ЗАСОБИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ТА ЛОГІСТИКИ**

Сучасний стан розвитку процесів виробництва та логістики потребує гнучких засобів комплексного управління ними як динамічними, пов'язаними між собою системами. Внутрішня та зовнішня логістики безпосередньо впливають на випуск продукції підприємством будь-якої галузі. Задачі логістики постачання, збуту та пересування предметів й засобів виробництва в межах підприємства вирішуються паралельно з задачами виробництва.

Одним з напрямків розв'язання проблеми є створення моделей-тренажерів для відпрацювання управлінських рішень, спрямованих на організацію ефективного розвитку наведеної системи. Базою розробки таких моделей є методи імітаційного моделювання, стрімкий розвиток яких в останні десятиліття доводить їх можливості, як сучасного математичного інструменту дослідження нових процесів та технологій.

Теоретичні та прикладні питання даного математичного напрямку розглядаються в численних літературних джерелах, наприклад [1-4]. Значний відсоток додатків, створених на платформах імітації, складають моделі управління процесами виробництва та логістики [1; 3-7]. Моделі досліджуваної сфери регулярно представляються на міжнародних форумах розробників імітаційних моделей – Winter Simulation Conference (WSC), International System Dynamics Conference, ASIM (німецькомовна спільнота імітаційного моделювання), ИММОД («Имитационное моделирование. Теория и практика»), європейський конгрес EUROSIM; вебінари та публікації однієї з провідних корпорацій світу у даній галузі – The AnyLogic company.

Не зважаючи на існуючі здобутки, експертами галузі наголошується на ряді проблем та «вузьких місць» в означеній сфері. Потребують удосконалення засоби постановки та реалізації моделей й планування імітаційних експериментів. Актуальним є подальший розвиток програмних платформ здійснення імітації шляхом створення єдиного дослідницького простору у межах конкретних інтегрованих систем. Це призведе до переходу від застарілої класичної концепції організації і проведення імітаційного моделювання до практичного втілення системного підходу здійснення імітаційних досліджень.

Метою роботи є аналіз існуючих та перспективних напрямків використання сучасних засобів імітаційного моделювання в сфері управління виробництвом та логістики.

Головними парадигмами імітаційного моделювання на сьогодні є наступні (наведені за підвищенням рівня абстракції):

- Дискретно-подієва (Discrete Event Modeling).
- Агентна (Agent Based).
- Системна динаміка (System Dynamics).

Зі зростанням складності досліджуваних процесів та систем набуває сенсу використання багатопідходної (комбінованої) парадигми моделювання.

Що стосується спеціальних програмних засобів імітації, то найбільш розповсюдженими платформами є GPSS, BPsim, PowerSim, Ithink, Simplex, Modul Vision, Triad.Net, CERT, ESimL, Simulab, NetStar, Pilgrim, МОСТ, КОГНИТРОН, ARENA, AnyLogic та похідний інструмент для аналітики ланцюгів постачання AnyLogistix, ін.

Серед широкого кола моделей бізнес-процесів підприємств різного галузевого спрямування превалюють динамічні моделі, побудовані з використанням системно-динамічного та агентного підходів. В якості прикладів моделей, що відтворюють виробничо-збутові процеси, можна навести розробки, представлені в [5; 6; 8].

Моделі внутрівиробничої логістики, що здійснюють імітацію руху засобів та предметів труда на складах та виробничих ділянках підприємства, як правило, будуються з використанням дискретно-подієвого підходу. Імітаційні додатки такого типу розробляються для підприємств з різних сфер діяльності. Моделювання зовнішньої логістики підприємств передбачає імітацію вхідних та вихідних потоків вантажоперевезень, тобто відтворення складних ланцюгів постачання. Найчастіше розробки проводяться з використанням дискретно-подієвого підходу або на базі комбінованої парадигми (дискретно-подієвий та агентний підхід).

Приклади моделей логістичних процесів – джерела [4; 6; 9; 10].

Перспективним напрямком розвитку імітаційного моделювання в сфері управління виробництвом та логістики є реалізація концепції Індустрія 4.0. Концепція входить, як складова, у стратегії розвитку багатьох провідних країн світу в галузі високих технологій – США (Industrial Internet Consortium), Японії (Industrial Value-Chain Initiative), Німеччині (Industry 4.0). Містить чотири компоненти: Cyber-Physical Systems (кіберфізичні системи), Internet of Things («Інтернет речей»), Internet of Services («Інтернет послуг»), Smart Factory («Умне підприємство») [7; 11].

В межах розвитку концепції Індустрія 4.0 експертами очікується поява в сфері виробництва та логістики багатьох об'єктів, які можуть бути визначені, як Smart. Згідно з цим подальший розвиток отримують такі інформаційні технології, як RFID, Indoor Navigation, Global Positioning, WiFi, Virtual Reality, Big Data, Cloud Computing та ін. [7]. Реалізація концепції призведе до змін на всіх рівнях функціонування реальних систем – від організації виробництва та логістики до способів виконання конкретних технологічних операцій.

У зв'язку з тенденціями в сфері імітації процесів управління виробництвом та логістики набувають значного розповсюдження анімаційні моделі двох видів: анімаційні моделі, незалежні від моделей досліджуваних процесів, та моделі, як засоби відображення результатів імітації процесів в онлайн-режимі. Створення такого класу моделей здійснюється, зазвичай, з використанням агентної та дискретно-подієвої парадигми.

Подальший розвиток засобів імітаційного моделювання спрямований на надання користувачам наступного спектру послуг в процесі прийняття управлінських рішень:

- Імітацію різних сценаріїв розвитку подій з метою уніфікації складних бізнес-систем.
- Розробку моделей-тренажерів для оперативного визначення «вузьких місць» та відпрацювання управлінських заходів на перспективу різної тривалості.
- Анімаційне представлення процесів імітації з можливістю втручання експериментатора в реальному масштабі часу.
- Порівняння реальних процесів з їх модельним представленням з метою виявлення причин та джерел порушення нормального функціонування бізнес-систем.

### Література:

1. Борщев А. Имитационное моделирование: состояние области на 2015 год, тенденции и прогноз // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы конф. ИММОД-2015. – [электр.ресурс]. Режим доступа: [http://www.anylogic.ru/upload/pdf/immod15\\_borshchev\\_statia.pdf](http://www.anylogic.ru/upload/pdf/immod15_borshchev_statia.pdf).
2. Борщев А.В. Как построить простые, красивые и полезные модели сложных систем // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы конф. ИММОД-2013. – [электр. ресурс]. Режим доступа: <http://simulation.su /static/ru-immod-2013.html>.
3. Лычкина Н. Н. Динамическое имитационное моделирование развития социально-экономических систем и его применение в информационно-аналитических решениях для стратегического управления. – Стратегии бизнеса. – 2013. – № 2 (2). – с.44-49.– [электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.strategybusiness.ru/jour/article/view/40/35>.
4. Лычкина Н.Н. Инновационные парадигмы имитационного моделирования и их применение в управленческом консалтинге, логистике и стратегическом менеджменте. – Логистика и управление цепями поставок. – 2013. – № 5 (58). – С. 28-41
5. Портал моделей системы AnyLogic: [электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://runthemodel.com/>.
6. Толуев Ю.И. Методы имитационного моделирования цепей поставок. – Логистика и управление цепями поставок. – 2016. – № 4. – С. 8-15.
7. Толуев Ю.И. Задачи имитационного моделирования при реализации концепции Индустрия 4.0 в сфере производства и логистики. // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы конф. ИММОД-2017. – [электр. ресурс]. Режим доступа: <http://simulation.su/static/ru-articles-2017.html>.
8. Соколовська З.М., Яценко Н.В. Моделювання каналів збуту фармацевтичного підприємства. – Бізнес Інформ. – 2017. – № 2. – С. 121-130.
9. Егоров С.Г. Инструмент аналитики цепей поставок AnyLogistix: совмещение аналитической оптимизации и имитационного моделирования. // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы конф. ИММОД-2017. – [электр. ресурс]. Режим доступа: <http://simulation.su/static/ru-articles-2017.html>.
10. Искандеров Ю.М., Ласкин М.Б., Лебедев И.С. Особенности моделирования транспортно-технологических процессов в цепях поставок. // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы конф. ИММОД-2017. – [электр. ресурс]. Режим доступа: <http://simulation.su/static/ru-articles-2017.html>.
11. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J., eds. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. 8. April 2013.