

14. Про затвердження Програми розвитку системи національних рахунків на період до 2010 року. / Постанова КМУ №475 від 7 квітня 2003 року. (<http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=475-2003-%EF>).
15. Національні рахунки охорони здоров'я (НРОЗ) України у 2008 році / [відп. за випуск І.Калачова]. – К.: Державний комітет статистики України, 2010. – 110с. (Статистичний бюлетень).
16. Бальцерович Л. Випробування кризою / «Економічна правда», 17 березня 2010 року. (<http://www.epravda.com.ua/columns/4ba0e81e05a82/>).
17. Ортега-і-Гасет Х. Вибрані твори. / Х.Ортега-і-Гасет. Переклад з іспанської. К.: Основи, 1994. – 420с.
18. Контроллинг в бизнесе. Методологические и практические основы построения контроллинга в организациях / А.М.Карминский, Н.И.Оленев, А.Г.Примак, С.Г.Фалько. – 2-е изд. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 256с.
19. Рузвельт Ф. Беседы у камина / Ф.Рузвельт. – М.:ИТРК, 2003. – 408с.
20. Ойкен В. Основные принципы экономической политики. / В.Ойкен. – М.: «Прогресс», 1995. – 496с.
21. Ламперт Х. Социальная рыночная экономика. Германский путь. / Х.Ламперт – М.: «Дело ЛТД», 1994. – 224с.
22. Греція багато років приховувала свої борги перед партнерами по єврозоні / «Німецька Хвиля», 14 лютого 2010 року. (<http://www.dw-world.de/dw/article/0,,5247450,00.html?maca=ukr-rss-ukmet-ukr-all-3816-xml>).

УДК 62.507:338

І.С. Сакунова

Імітаційні схеми дослідження інтеграційних економічних процесів

Розглядаються теоретичні та методологічні аспекти імітації логістичних процесів за допомогою агрегатно-автоматної схеми. Наведено приклад побудови конкретної логістичної моделі.

Ключові слова: : імовірнісні автомати, кусково-лінійні агрегати, логістичні системи.

Theoretical and methodological aspects of the logistic processes imitation by aggregate-automate scheme are considered in the article. The construction of the specific logistic model is suggested as an example.

Keywords: *probabilistic automats, piece-linear aggregates, logistic systems.*

Актуальність. Удосконалення інтеграційних процесів в економіці обумовило активний розвиток нового в економічній сфері науково-практичного напрямку – логістики як однієї з ефективних форм інтеграції постачання, виробництва, транспортного розподілу та ринку, головною метою якої є оптимізація циклу відтворення виробництва шляхом формування потоку матеріалів та інформації, що забезпечує найкращу та найшвидшу пропозицію у відповідь на ринкову потребу.

Економічні інтеграційні логістичні процеси, необхідність дослідження яких виникає на практиці, в багатьох випадках являють собою вельми складні ситуації, розв'язання яких, як правило, не підходить ані під одну із класичних математичних схем. В таких випадках виникає потреба в застосуванні методів дослідження поведінки **складних систем**, які визначаються певною сукупністю характерних особливостей, що дозволяють виявляти: структурний зв'язок між елементами; наявність певних кількісних характеристик, що визначають стан системи і є функціями часу; властивість взаємодіяти з зовнішнім середовищем; участь різних зовнішніх та внутрішніх випадкових факторів в функціонуванні системи. Дійсно, вивчення теорії та практики управління матеріальними потоками як інструмента ринкової економіки актуалізує поняття **логістичної складної системи**, яка досліджується з конкретною кінцевою метою [1].

Отже, концептуальна сутність логістики як сукупності засобів та способів комплексного вирішення проблем управління матеріальними та інформаційними потоками та визначення поведінки логістичного ланцюга як складної системи обумовлюють застосування методологічних принципів системного підходу при дослідженні логістичних систем (ЛС).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різноманітність задач, що пропонуються практикою, і зростаюча структурна і алгоритмічна складність дослідження ЛС викликають необхідність створення нових і вдосконалення існуючих математичних методів опису складних систем.

За способом опису об'єкту математичні моделі розподіляють на алгебраїчні, імовірнісно-статистичні, математичного програмування [2].

В процесі формування сучасних ЛС використовуються різноманітні методи створення систем неперервного оперативного планування і оптимального управління матеріальними потоками.

Коли система виявляється настільки складною, що аналітичні методи не можуть забезпечити розв'язання задач, які постають перед дослідником, на допомогу приходять методи імітаційного моделювання. В цьому випадку точний і економний опис системи відіграє особливо важливу роль.

Імітаційне моделювання як інструмент дослідження складних динамічних стохастичних систем постійно видозмінюється і поповнюється новим змістом, проходячи еволюційний шлях від набору прийомів і методів до сукупності концепцій і загальних теорій. Процеси еволюції імітаційного моделювання обумовлені, в першу чергу, необхідністю вироблення логічної завершеності мов для моделювання як безперервних систем, так і систем із

дискретними подіями. Створення розвинених мов моделювання як універсальних алгоритмічних систем з концептуальною базою дає засоби формального опису складних безперервно-дискретних систем з високим ступенем адекватності імітації і точності одержуваних результатів [3].

У процесі розв'язування практичних задач імітаційними методами з'явилася низка вимог розробників, зокрема, до зручності опису складних систем, до наочності відображення структури системи і алгоритму функціонування різних її частин, до компактності і стандартизації форми моделюючого алгоритму при дотриманні високих вимог до рівня адекватності й точності отриманих результатів. Таким вимогам цілком відповідає математична мова імітаційного опису складних систем [4], яка використовує властивості ланцюгів Маркова у поєднанні із властивостями ймовірнісних автоматів певного типу. Теорія ланцюгів Маркова добре розвинена і пропонує безліч аналітичних методів дослідження реальних стохастичних процесів. Очевидно також, що апарат простих однорідних ланцюгів Маркова може служити теоретично обґрунтованою концептуальною базою для створення математичної мови імітаційного моделювання складних систем. Пошук об'єктів, що мають властивості ланцюгів Маркова і в той же час велику інформаційну місткість, яка дає змогу імітувати об'єкти складних систем і їх атрибути, привів до вибору вельми зручного засобу математичного опису моделей у вигляді **систем імовірнісних автоматів (СІА)**.

Досвід застосування СІА при моделюванні ЛС показав, що автоматні моделі вельми ефективно відображають динаміку матеріальних потоків, здійснюючи регулюючі логістичні операції з інформаційними потоками у вигляді моделей замкнутих або розімкнених процесів перетікання

[5]. Вибір методу автоматного моделювання для дослідження матеріальних потоків логістичних ланцюгів обумовлений належністю останніх до систем, що володіють властивістю обмеженості інформаційних зв'язків між окремими структурними блоками і принциповою можливістю імітації цієї властивості за допомогою СІА [6].

Особливо треба відмітити, що ключову роль у логістичному ланцюгу переміщення матеріальних ресурсів відіграє транспорт, який, виступаючи галуззю матеріального виробництва, в свою чергу, сам пропонує свою продукцію – процес переміщення або транспортні послуги. До цієї категорії належать магістральний та промисловий транспорт, водний транспорт, контейнерні та пакетні перевезення і т.п. Тому одним з найважливіших напрямів застосування автоматної схеми моделювання з'явилося її використання в задачах дослідження і оптимізації транспортно-перевантажувальних процесів. Була вирішена задача дослідження взаємодії залізничного, автомобільного і водного транспорту в порту, включаючи надходження вантажів різними видами транспорту в порт, подальше перевантаження між транспортними партнерами вантажів і вихід транспортних засобів з порту [7]. Одним із прикладів успішно реалізованого вирішення такої задачі є математичне моделювання схеми всього логістичного ланцюгу: виробництво – транспорт – споживання [8].

Мета статті. Особливості сучасних систем управління потоковими процесами за участю декількох незалежних суб'єктів господарювання, не обмежених у територіальному розташуванні, характеризуються неоднорідністю системних елементів, складним характером взаємодії між різними типами елементів, складністю функцій систем в цілому та управління ними, впливом внутрішніх та зовнішніх стохастичних чинників. Вони потребують для свого

дослідження уніфікованої математичної схеми, яка б враховувала наявність і дискретного, і неперервного характеру системних процесів, структурну і функціональну різнотипність логістичних ланцюгів, тобто схеми, яка б дозволила єдиним чином описувати всі елементи системи (дискретні, неперервні, детерміновані, стохастичні). Важливо, наприклад, щоб така схема мала можливість: описувати двоїсту природу динаміки матеріальних потоків як процесів, що перетікають в неперервному режимі часу функціонування з дискретним втручанням випадку, враховувати структурно-параметричні та функціонально-часові особливості поведінки елементів складних ЛС.

Метою даної статті є викладення теоретико-імовірнісних засад принципової можливості побудови імітаційних моделей спеціального типу, що враховують особливості поведінки складних логістичних ланцюгів, та застосування системного підходу як одного із основних методологічних принципів логістики в процесі моделювання ЛС.

Постановка завдання. В задачах моделювання складних систем склались формальні уявлення про процеси їх функціонування, відповідності до яких всю множину моделей можна розподілити на дискретні, неперервно-дискретні та неперервні моделі. До дискретних систем зазвичай належать системи обробки та передачі даних, транспортні системи, весь клас систем, що подаються моделями масового обслуговування.

До неперервних систем можуть бути віднесені системи управління неперервною технологією, літальні та космічні апарати, системи автоматичного регулювання тощо. Математичним апаратом для дослідження неперервних систем служить апарат теорії диференціальних рівнянь.

Природнім, однак, є те, що розгляд систем двох крайніх класів – дискретних і неперервних – є умовним і не охоплює багатьох систем, які реально мають двоїсту природу і суміщають у собі дискретні та неперервні процеси. До систем такого типу якраз належать складні логістичні системи і вони потребують для свого дослідження застосування уніфікованої абстрактної схеми, яка враховувала б імовірнісний характер поточкових процесів ЛС. Нашим завданням є опис процесу вибору універсальної алгоритмічної схеми з концептуальною базою і теоретичним обґрунтуванням принципової можливості її застосування для моделювання ЛС.

Викладення основного матеріалу в цьому контексті розглядається нами в теоретичній та практичній площинах і містить в собі теоретичну частину, яка обґрунтовує вибір схем моделювання ЛС; методологічну частину, яка описує створення єдиної інформаційної технології побудови агрегатно-автоматних моделей макрологістичних систем, та практичну частину, яка ілюструє застосування методу на прикладі побудови конкретної моделі.

Викладення основного матеріалу. Сучасний логістичний підхід розглядається як теорія і практика управління матеріальними потоками, що зміщує пріоритети в економічній діяльності від дослідження суб'єктів переміщення до управління поточковими процесами. Як і в більшості реальних складних систем, дослідження яких обумовлено необхідністю розв'язання різних практичних завдань, діяльність ЛС пов'язана із впливом різноманітних імовірнісних факторів. Тому особливе значення при дослідженні цих систем мають методи теорії ймовірностей та суміжних з нею математичних дисциплін. Из усіх відомих засобів математичної формалізації складних систем найбільш загальним і природнім є формалізація їх у вигляді

багатовимірною стохастичною процесу, компонентами якого є часові характеристики системи. Серед усіх типів імовірнісних процесів для цієї мети найбільш підходить клас процесів Маркова. Дослідження імовірнісних автоматів (ІА), про які йшла мова вище, показало, що вони можуть розглядатися як узагальнення поняття марковського ланцюга і, як результат, володіти властивістю марковості. Для побудови моделей логістичних систем необхідно об'єднувати сукупності ІА в системи імовірнісних автоматів (СІА), які, також володіючи властивістю марковості, мають можливість перераховувати стани автоматів ($IA \in CIA$) в кожний момент часу лише залежно від їх станів у попередній момент часу та забезпечувати входження процесу функціонування моделі в стаціонарний режим.

Значно ширшими можливостями володіють більш загальні так звані кусково-лінійні та кусково-неперервні процеси, але аналітичне дослідження цих процесів вдається здійснити лише в окремих конкретних випадках. У більшості випадків вивчення систем, що функціонують за типом кусково-лінійних або кусково-неперервних процесів, призводить до необхідності застосування імітаційних моделей, що будуються за допомогою систем кусково-лінійних (кусково-неперервних) агрегатів – або агрегативних моделей. Імітаційна модель, яка будується за допомогою системи кусково-лінійних агрегатів, є агрегативною системою спеціального класу, основною особливістю якої стає постійність швидкостей спадання значень компонент внутрішнього стану.

У даній статті пропонується математична схема побудови імітаційних моделей ЛС за допомогою систем кусково-лінійних агрегатів (КЛІА).

Зокрема, розглядається послідовність таких міркувань:

1. Кожний КЛА може бути поданий у вигляді сукупності **елементарних агрегатів** трьох типів: елементів пам'яті, елементів затримки і миттєвих кусково-лінійних стохастичних перетворювачів [3]. Більш детально, елементарні агрегати здатні зберігати інформацію у вигляді деякого дійсного числа x (елементу обрахування множини); у довільний момент часу можуть володіти деяким станом $x(t)$ у вигляді невід'ємного числа, яке за відсутності вхідного сигналу спадає з одиничною швидкістю; мають властивості миттєвого кусково-лінійного стохастичного перетворювача, здатного сприймати і відсилати дискретні сигнали.

2. Тіло кожного КЛА складають об'єкти, які виконують функції відповідно вхідних, управляючих та вихідних сигналів; внутрішніх станів; операторів переходів агрегату у пові стапи і виходів. Такі об'єкти прийнято називати **операторами КЛА**.

3. Побудова агрегатів за допомогою операторів КЛА не містить в собі визначення способу завдання операторів, тому може бути використаний **будь-який зручний** для кожного конкретного випадку спосіб опису агрегату.

4. Доведено, що **імовірнісні автомати** за своєю суттю є **елементарними одновимірними агрегатами**, при визначенні яких приймаються наступні спрощення:

- дискретний час функціонування;
- скалярний характер величини стану агрегату;
- відсутність різниці між управляючими та вхідними сигналами;
- існування можливості реалізації для кожного моменту часу вхідного та вихідного сигналів;
- детермінованість оператора виходу;
- можливість задання оператора переходу в вигляді умовного матричного стохастичного оператора;

- відсутність необхідності застосування вихідних і перехідних операторів.

5. Для дослідження складних ЛС обирається завдання операторів, що складають тіло агрегату, у вигляді груп елементарних агрегатів, які являють собою, в свою чергу, **групи взаємопов'язаних імовірнісних автоматів**. Кожна така група автоматів (назвемо її модулем) описує конкретний агрегат, який імітує однорідні за своїми структурно-функціональними особливостями об'єкти складної ЛС.

6. Вибір груп елементарних ІА для виконання функцій операторів КЛА обумовлений тим, що імовірнісні автомати виконують функції елементарних агрегатів трьох типів, з яких будуються КЛА, оскільки їх стани володіють властивостями елементів пам'яті, елементів затримки і миттєвих кусково-лінійних стохастичних перетворювачів.

7. Введення сукупності імовірнісних автоматів в якості операторів при побудові тіла кусково-лінійного агрегату обумовлене захищеністю автоматної схеми моделювання теоретико-імовірнісним підґрунтям, тобто наявністю необхідних та достатніх умов принципової можливості побудови автоматних моделей ЛС; зручністю використання саме автоматних схем, які мають властивості процесів перетікання, притаманні саме логістичним процесам, та наочністю моделюючого процесу (можливістю визначати і контролювати в кожний момент модельного часу стан ЛС та її компонент). Це дозволяє будувати **агрегатно-автоматні моделі** складних ЛС з урахуванням їх часової, якісної та структурно-функціональної неоднорідності в неперервному режимі часу з дискретним втручанням випадків.

Наведемо відповідні визначення:

Визначення 1. Модулем-агрегатом називається імітаційний модуль

$$A(t) = \{A_1(t), A_2(t), A_3(t), \dots, A_n(t)\},$$

який володіє властивостями кусково-лінійного агрегату і в кожний момент часу t з дискретною або випадковою тривалістю такту цілком визначає суттєвий, виділений за своїми однорідними структурно-функціональними характеристиками об'єкт системи, що моделюється.

Визначення 2. Назвемо тілом модуля-агрегату $A(t)$ сукупність $\{A_k(t)\}$ ($k = \overline{1, n}$) ініціальних імовірнісних автоматів Мура з детермінованими виходами, які виконують у відношенні до модуля-агрегату $A(t)$ функції елементарних агрегатів. Стан кожного з автоматів модуля-агрегату змінюється впродовж часу моделювання і визначає динаміку однієї з суттєвих структурно-функціональних характеристик, притаманних даному модулю.

Очевидно, що модулі-агрегати є основним "будівельним матеріалом" логістичних агрегатних моделей, визначаючи однорідні інформаційні та матеріальні потоки ЛС.

Що стосується принципової можливості автоматного будування тіл модулів-агрегатів, то в [9] наведено кілька теорем, що лежать в основі застосування властивості так званої умовної незалежності компонент багатовимірного ланцюга Маркова, головним результатом яких є таке твердження: якщо математична модель імовірнісної системи S допускає подання у вигляді простого однорідного n -вимірного ланцюга Маркова $\xi(t)$ у фазовому просторі (X, \mathfrak{S}) з кінцевою множиною станів з умовно незалежними компонентами, то існує система імовірнісних автоматів Γ , що відображає автоматну модель системи S . Це обумовлено можливістю шляхом розширення фазового простору замінювати ланцюг Маркова з умовно залежними

компонентами ланцюгом більшої розмірності з умовно незалежними компонентами.

Практика застосування методів автоматного та агрегатно-автоматного моделювання в процесі побудови систем безперервного прогнозування, контролю та оперативного управління складними ЛС обумовила виникнення відповідного методологічного підходу, в основу якого лягла розробка **єдиної інформаційної технології створення автоматних та агрегатних моделей ЛС**, яка об'єднує виконання постулатів забезпечення адекватності моделей реальним системам, статистичні дослідження інформаційних потоків ЛС та процес побудови послідовних етапів розробки моделей [9].

Необхідність формування єдиної інформаційної технології імітаційного моделювання ЛС обумовлена вимогами визначення параметрів економічної реакції ЛС на постійну зміну структурно-функціональних характеристик системи та оцінки інтегральної реакції системи на основі локальних переваг постачальників (споживачів), а також можливостями удосконалення технічного, технологічного і математичного забезпечення управління логістичною системою. Застосування комп'ютерних логістичних моделей дає змогу:

- створити мову аналізу інформації, наближену до мови спеціаліста, що дозволяє вводити статистичні методи аналізу в основу моделі, створювати можливості для безпосереднього діалогу дослідника з ПК і суттєво підвищувати можливості інтерпретації даних дослідження;
- удосконалювати методику збору і обробки вихідної інформації завдяки розробці спеціального програмного забезпечення;
- відновлювати при моделюванні відсутні дані, оцінювати невідомі параметри;

– планувати емпіричне дослідження шляхом проведення обчислювальних експериментів, виявлення чутливих і найбільш важливих точок моделі та концентрації зусиль на отриманні пріоритетної інформації;

– моделювати гіпотези, створюючи модель за гіпотетичними даними, і перевіряти їх на суперечливість;

– інтегрувати в єдину систему велику кількість даних, що дозволяє враховувати багатофакторність логістичних процесів;

– приймати рішення, проводити обчислювальні експерименти, перевіряючи на моделі наслідки різних варіантів рішень;

– прогнозувати проблемні процеси і нестандартні ситуації в ЛС.

Як відомо, математична модель ніколи не тотожна даній системі, не передає всіх її властивостей і особливостей. Заснована на спрощенні, ідеалізації, вона є наближеним віддзеркаленням системи, що моделюється. Тому результати, які отримують при аналізі моделі, завжди носять для системи наближений характер. Їх точність визначається ступенем відповідності, адекватності моделі й системи. Питання щодо точності, достовірності результатів – це одне з найтонших питань прикладної математики.

І. Розглянемо питання забезпечення адекватності агрегатно-автоматної моделі реальній системі. Очевидно, що гарантими адекватності є, в першу чергу, постулати побудови алгоритму моделі, так званої таблиці умовних функціоналів переходів (ТУФП), а саме:

1. В процесі розробки сценарію моделювання має бути визначена строга послідовність розташування в ТУФП станів автоматів (операторів тіл модулів-агрегатів), що переобчислюються, при якій стан кожного автомату може залежати лише від свого попереднього стану і (або) від

попередніх чи поточних станів автоматів, незалежних від нього.

2. Кожний автомат повинен перебувати у взаємно однозначній відповідності з системою логічних висловів (СЛВ) щодо його стану, його вхідного сигналу і станів незалежних від нього автоматів на попередньому кроці моделювання і, з іншого боку, із відповідною системою умовних функціоналів переходів на поточному кроці.

3. СЛВ кожного автомату в термінах теорії формальної логіки повинна бути тотожно істинним висловом, що є гарантією розгляду всіх можливих варіантів станів автомату та подій, що трапилися з ним на попередньому кроці моделювання.

4. Побудова системи логічних висловів і системи умовних функціоналів переходів для кожного автомату повинна бути обов'язково витримана в рамках логічної коректності, що, в свою чергу, розшифровується, як виключення з розгляду неможливих і взаємно неможливих станів автоматів і подій в моделі.

5. У процесі побудови ТУФП повинні бути виключені варіанти як завищення кількості автоматів моделі, так само як їх нестачі. В першому випадку буде очевидною взаємозалежність деяких автоматів і схожість алгоритмів їх обчислення. В другому випадку стане неможливим подальше обчислення станів автоматів у тому місці алгоритму, де бракує потрібного автомату, або стап автомату, який обчислюється, буде залежати від станів – свого або інших автоматів – на більш, ніж одному, кроках. Відповідна подальша корекція відбору автоматів, необхідних для визначення тіл модулів-агрегатів, повинна виключити подібні варіанти. На практиці велику допомогу в цьому випадку надає попередня побудова формалізованої схеми

структурно-функціональних особливостей реальної системи і подальше створення сценарію функціонування моделі.

6. Доведено, що в теоретичному плані в процесі опису реальної системи початковий багатовимірний марковський ланцюг при широких припущеннях можна привести до ланцюга, який має властивість умовної незалежності компонент, що гарантує принципову можливість побудови відповідної моделі. На практиці для реалізації цієї властивості в конкретних агрегатно-автоматних та автоматних моделях необхідною стає побудова такої сукупності автоматів, яка би повністю визначала реальну систему в кожний момент часу, що, в свою чергу, означає визначення стану кожного автомату моделі у поточний момент залежно від стану всієї системи автоматів у попередній момент часу. Отже, можна говорити про теоретичне і практичне забезпечення можливості побудови конкретної агрегатно-автоматної моделі конкретної складної системи.

7. Істотну роль при побудові агрегатно-автоматних модулів і моделей відіграють такі статистичні дослідження, як перевірка випадкових величин, що є вхідними сигналами автоматів, на незалежність за допомогою методів кореляції і автокореляції. У разі виявлення залежності виникає необхідність проведення реструктуризації моделі з подальшою послідовною перевіркою випадкових величин (вхідних сигналів автоматів) на незалежність аж до моменту підтвердження того факту, що послідовності вхідних сигналів будуть реалізаціями взаємно незалежних однаково розподілених випадкових величин, або коли вхідний сигнал взагалі не братиме участь у переобчисленні стану автомату. Виконання даного постулату гарантує властивість марковості окремих автоматів.

8. Агрегатно-автоматне моделювання як метод дослідження володіє великим потенціалом, зокрема, в області творчого підходу до визначення рівноваги між високим рівнем складності моделей та їх адекватності реальним системам, з одного боку, та економією часу в процесі алгоритмічної і програмної реалізації поставлених задач – з другого. При цьому ступінь складності моделі й рівень її адекватності залежить від балансу ступеня складності реальної системи і поставлених перед розробником цілей і пріоритетів.

9. Природно, і це видно з розгляду пунктів 1-8, що ще на етапі побудови моделі необхідно добиватися її адекватності реальній системі. Проте математично грамотний підхід до оцінки рівня адекватності побудованої моделі вимагає введення кількісної його оцінки.

Визначення Назвемо модель Y адекватною реальній системі, якщо для деякого заданого параметра точності h^* виконується відношення

$$h^* \geq \rho(\omega, \mu),$$

де ρ – функціонал відмінностей, ω - перетворення в модельованій системі,

μ - модель системи.

Хай $Y = \omega(X)$ - функція системи, $Y = \mu(X, \alpha)$ - модель функції, α - параметри системи, X - вхід, Y - вихід.

В процесі перевірки побудованої моделі на адекватність реальній системі проводиться оцінка параметрів моделі, при цьому можна застосувати, наприклад, метод найменших квадратів. У разі незадоволення вимогам адекватності стає необхідним відповідне корегування моделі, починаючи від **принципів** (формалізації) і **сутності** (ідентифікації об'єктів

системи, їх атрибутів) **побудови** систем імовірнісних автоматів – операторів відповідних агрегатів моделі – аж до **корегування** керованих параметрів .

10. В результаті побудови алгоритму ТУФП розробник отримує усереднені значення не випадкових характеристик, що знаходяться і використовуються потім з метою отримання оптимального значення критерію якості. Для виконання умов наявності розв'язків і адекватності моделі при розв'язанні задачі оптимізації необхідно в алгоритм економічної частини моделі вводити умову забезпечення входження процесу, що моделюється, в стаціонарний режим. Наприклад, цією умовою може бути нерівність, що гарантує факт того, що усереднене значення деякої кількісної міри на вході системи не перевищує усередненого значення відповідної міри на виході системи.

II. Статистичне дослідження системи належить до опису випадкових чинників і є основою для побудови моделі. Для статистичного дослідження використовуються вибіркові сукупності про час настання випадкових подій, про випадкові кількісні характеристики, про випадкову тривалість подій, про настання форс-мажорних обставин. Проведення статистичного дослідження має на меті:

- перевірку гіпотези про взаємну незалежність окремих випадкових величин, що беруть участь у функціонуванні реальної системи,

- перевірку гіпотези про можливість опису окремих випадкових величин за допомогою однорідних марковських ланцюгів,

- визначення емпіричних значень основних параметрів розподілів випадкових величин,

- перевірку гіпотези про відповідність наявних вибірок незалежних випадкових величин тому або іншому теоретичному закону розподілу,

- перевірку гіпотези про приналежність пар вибірок до однієї й тієї ж генеральної сукупності.

III. Досвід, отриманий в процесі розробки агрегатно-автоматних моделей ЛС, привів до створення і виконання **чіткої послідовності реалізації наступних етапів побудови моделі:**

1. Змістовний опис реальної системи, який адекватно її відображає відповідно до цілей розробника і відповідно до попередньої вербальної постановки задачі. Адже дослідження системи починається вже на рівні змістовного опису, при цьому розробник повинен прагнути отримати максимально достовірну і широку інформацію про структуру і функціональні особливості досліджуваної предметної області. Досвід показав, що якість первинної інформації обумовлює не тільки ступінь точності імітації, але полегшує також і саму побудову моделі.

2. При вживанні математичних методів для розв'язання будь-якої практичної задачі доводиться приймати ті або інші спрощувальні припущення відносно даної реальної системи. Без таких припущень розв'язання більшості виникаючих на практиці задач звичайно виявляється нездійсненним. Таким чином, першочерговим завданням, що постає перед дослідником, є заміна реальної системи деякою формалізованою схемою, що виділяє до розгляду істотні на погляд дослідника структурно-функціональні чинники і відкидає неістотні чинники. У функції формалізованої схеми входять також спрощувальні і уточнюючі домовленості або "правила гри". В результаті дослідник має набір чітких кількісних детермінованих і випадкових характеристик системи, що дає змогу відходити від якісного опису системи і будувати модель.

3. Основою для проведення ідентифікації об'єктів і характеристик системи і подальшої розробки алгоритму

моделі (ТУФП) служить побудова сценарію моделювання реального процесу, оптимального з погляду компромісу між рівнем складності і адекватності моделі, що будується, та економією часу реалізації задачі, а також з погляду можливості побудови системи ІА, що має властивість марковості.

4. Подальшою дією в процесі моделювання ЛС є ідентифікація і опис суттєвих об'єктів моделі (модулів-агрегатів) – їх кількісних, якісних, часових характеристик, а також зв'язків між ними – шляхом введення відповідних станів автоматів.

5. Побудова алгоритму моделі, відомого під назвою ТУФП, є основною і результуючою дією агрегатно-автоматного моделювання. Всі попередні дії (1-4) повинні бути гарантією того, що кожний розглянутий автомат і вся система ІА в цілому мають властивість марковості, яка обумовлює наявність розв'язку і адекватність моделі, а також покрокове переобчислення стану кожного агрегату (переобчислення без передісторії). Алгоритм структурно і функціонально розподілений на дві частини: математичну і економічну. Математична частина ТУФП служить для переобчислення станів всіх автоматів, що описують структурно-функціональні властивості модулів-агрегатів. В економічній частині ТУФП переобчислюються стани агрегатів накопичення і усереднювання.

Як відомо, економічна ефективність системи визначається за тим або іншим критерієм, покладеним в основу розрахунку, і є економічним показником, що характеризує функціонування системи, яка моделюється. Потрібні усереднені не випадкові характеристики або параметри оптимізації використовуються при побудові формули критерію ефективності системи, отриманої в процесі формалізації постановки задачі в результаті

реалізації ТУФП (на відміну від вербальної постановки задачі, яка є результатом процесу змістовного опису).

Можливості методу агрегатно-автоматного моделювання досить ефективно розкриваються при описі ЛС із складною конфігурацією маршрутів матеріальних потоків, із широкою різноманітністю впливаючих на якість характеристик матеріальних потоків різних видів і напрямків, із наявністю випадкових впливів і виникнення проблемних ситуацій.

Наведемо агрегатно-автоматну модель функціонування системи перевезень вантажів в універсальних контейнерах різного виду в міжнародному залізничному сполученні. Така модель може використовуватись, наприклад, у задачі дослідження взаємодії залізничних адміністрацій – власників і користувачів універсальних контейнерів, що виступають партнерами в системі міжнародних контейнерних перевезень.

Залізничною адміністрацією-власників ми називаємо залізничну транспортну систему країн, що беруть участь у спільному процесі контейнерних перевезень, яка володіє майном (терміналами, платформами, парком контейнерів і вагонів тощо). **Залізничною адміністрацією-користувачем** є транзитна або кінцева транспортна система. До складу адміністрацій-власників входять структурні підрозділи, які є державними центрами транспортного сервісу (ДЦТС), сфера діяльності яких охоплює організацію перевезень вантажів в універсальних 20-ти й 40-футових контейнерах, рефрижераторних контейнерах, а також експедирування любих вантажів залізничним та іншими видами транспорту. Центри ДЦТС мають надійні та стабільні договірні відношення з ведучими експедиторськими організаціями країн-партнерів.

Таким чином, ДЦТС, будучи єдиним структурним підрозділом відповідної залізничної адміністрації, виконує функції суб'єкту господарської діяльності в якості базового терміналу країни, який приймає і реалізує заявки від замовників на обслуговування у вигляді контейнерних перевезень вантажів.

При надходженні конкретної заявки між ДЦТС і замовником укладається договір про спрямування порожніх контейнерів на узгоджену сторонами договору станцію, яка знаходиться на території країни-відправника.

При проходженні контейнерів (як порожніх, так і з вантажем) через залізничні дороги країни-відправника, транзитних країн і країни призначення фіксується проходження контейнерів лише через міждержавні станції передачі відповідно до конкретних маршрутів.

Замовник разом з адміністрацією ДЦТС обирає маршрут проходження контейнерного потягу за критеріями найкоротшої відстані, мінімальної вартості або за бажанням замовника.

У процесі обслуговування заявок здійснюються наступні грошові взаєморозрахунки:

- у країні-відправнику володар вантажу платить тариф за перевезення залізницею відправлення;

- у країні-транзитері володар вантажу платить через експедитора за транзит контейнерів;

- у країні призначення отримувач вантажу платить тариф за вантажні або розвантажувальні роботи, за подачу/прибирання контейнерів, за користування контейнерами залізниці призначення.

До керованих параметрів системи контейнерних перевезень можна віднести:

- * кількість контейнерів, що належать кожній із баз - ДЦТС;

* вибір маршруту;

* нормативи тарифів витрат володарів вантажів, адміністрацій-власників і користувачів, а також штрафів як у процесі обслуговування заявок, так і при аварійних простоях залізничного транспорту, інших наднормативних простоях.

Метою реалізації задачі моделювання процесу контейнерних перевезень в міжнародному залізничному сполученні є визначення стратегії, за якою максимізується прибуток будь-якої залізничної адміністрації-власниці, якщо вона обирається в якості суб'єкту моделювання, і, відповідно, прибуток структурного підрозділу ДЦТС, що належить даній транспортній системі.

Модель системи контейнерних перевезень можна будувати або за контейнерним типом, або за вагонним типом. Нами обирається контейнерний тип моделі.

Наведемо деякі **домовленості і спрощення**, які дозволяють формалізувати й виділити суттєві особливості реальної системи. Будемо говорити про функціонування бази під індивідуальним номером m , яка є структурним підрозділом m -ї залізничної адміністрації-власниці в m -й країні.

Метою моделювання функціонування m -ї бази є розгляд взаємодії бази з замовниками і можливого виникнення проблемних ситуацій.

Будемо вважати прибуття заявок на базу випадковим за часом надходження і за видом так званих директивних специфікацій заявок – за сукупністю таких директивних характеристик:

- Країна відправлення, термінал відправлення; Країна призначення, термінал призначення;
- Об'єм вантажу заявки;
- Потрібний вид контейнерів.

На m -й базі ($m \in \{m_j\}$, $j = \overline{1, J}$) можливе настання таких проблемних ситуацій:

- простій контейнерів різних видів в очікуванні заявок;
- простій заявок в черзі (в порядку надходження) в очікуванні появи на базі необхідної кількості контейнерів необхідного виду. Вираз «необхідна кількість» означає в даному контексті те, що цю кількість повинні скласти всі контейнери необхідного виду з резервним часом до початку планового ремонту і огляду (ремонту₂), який повинен перевищувати час обороту заявки. За час обороту заявки прийємо час від початку обслуговування заявки до надходження порожніх контейнерів назад на базу-власницю.

У кожний момент часу моделювання t на m -й базі можуть розпочатися такі дії:

- надходження заявок,
- початок обслуговування першочергової заявки,
- надходження порожніх контейнерів,
- початок/закінчення ремонту₂ для деяких контейнерів бази.

Домовимось про те, що номер заявки не усувається з розгляду в моделі після доставки відповідного вантажу до отримувача, а є присутнім в алгоритмі аж до надходження порожніх контейнерів на базу.

Домовимось також, що в кожний момент часу можливе випадкове надходження лише однієї заявки на базу.

Будемо вважати моменти початку планового огляду і ремонту (ремонту₂) контейнерів, а також моменти виникнення несправностей (поломок) контейнерів на маршруті (ремонту₁) моментами початку їх ремонту.

Розгляд особливостей функціонування системи контейнерних перевезень у міжнародному залізничному сполученні, а також аналіз формальних домовленостей і

спрощень дозволяють віднести процес взаємодії залізничних адміністрацій і сервісних центрів обслуговування контейнерних перевезень, що їм належать, до розряду складних логістичних систем і застосувати до вивчення цього процесу метод агрегатно-автоматного моделювання.

Побудову моделі почнемо з виділення модулів-агрегатів, кожний з яких описує структурно-функціональні особливості одного із суттєвих, на погляд дослідника, об'єктів системи:

- модуль-агрегат **«*m*-а база»**, де індекс «*m*» є ідентифікатором як індивідуального номера сервісного центру, так і номера залізничної транспортної системи, до складу якої входить даний центр, і номера країни, на території якої перебувають транспортна система і база;

- модуль-агрегат **«*mi*-а заявка»** описує процес обслуговування кожної заявки, починаючи з моменту надходження її на *m*-у базу і закінчуючи моментом надходження на цю базу сукупності вже порожніх контейнерів, які закінчили обслуговування даної заявки, після чого її номер «*i*» вибуває з розгляду;

- модуль-агрегат **«*im*-й вид контейнерів»**, які належать *m*-й базі та обслуговують потоки вантажів відповідного типу;

- модуль-агрегат **«*ikm*-й індивідуальний номер контейнера»**;

- модуль-агрегат **«*mns*-а станція передачі (СП)»**; іншими словами, це модуль-агрегат опису всіх можливих ситуацій, що виникають при підході контейнерів з *mi*-ю заявкою до *s*-ї станції, при надходженні їх на станцію і при вибутті зі станції.

Запровадимо опис станів автоматів, які належать модулям-агрегатам моделі.

Тіло модуля-агрегату «*m*-а база» складають автомати:

$C_m^{(0)}(t_1)$ - автомат залишкового часу на момент t_1 до надходження на m -у базу чергової заявки на обслуговування;

$y_m^{(0)}(t_1)$ - автомат-двійковий індикатор, що фіксує надходження в момент t_1 чергової заявки на m -у базу;

$y_m^{(1)}(t_1)$ - індикатор наявності до моменту t_1 на m -й базі хоча б однієї заявки;

$z_m^{(1)}(t_1)$ - індивідуальний номер першочергової заявки на m -й базі, яка очікує на початок обслуговування, або, можливо, яка надійшла на базу в момент t_1 ;

$vid_m^{(1)}(t_1)$ - вид контейнера, необхідний першочерговій заявці;

$y_m^{(vid1)}(t_1)$ - індикатор наявності на m -й базі послідовності контейнерів виду, необхідного першочерговій заявці;

$\{Z_m^{(0)}(t_1)\}$ - послідовність індивідуальних номерів заявок на m -й базі в момент t_1 ;

$\{Z_m(t_1)\}$ - послідовність індивідуальних номерів заявок, що перебувають в процесі обслуговування контейнерами m -ї бази;

$K_m^{(0)}(t_1)$ - кількість заявок, які очікують на m -й базі початку обслуговування на момент t_1 ;

$K_m(t_1)$ - кількість заявок, що обслуговуються m -ю базою.

Наведемо автомати модуля-агрегату « m и-а заявка»:

$DIR SP_{mn}(t_1)$ - директивна специфікація mn -ї заявки або послідовність входних директив, які призначені в момент надходження заявки на базу і супроводжують її аж до моменту надходження до отримувача вантажу. Визначимо цю послідовність:

- $M_{mn}^{(omn)}(t_1)$ - країна відправлення mn -ї заявки;
- $S_{mn}^{(omn)}(t_1)$ - термінал відправлення mn -ї заявки;
- $M_{mn}^{(наз)}(t_1)$ - країна призначення mn -ї заявки;
- $S_{mn}^{(наз)}(t_1)$ - термінал призначення mn -ї заявки;
- $vid_{mn}(t_1)$ - вид контейнерів, необхідний для mn -ї

заявки;

- $V_{mn}(t_1)$ - ємність, потрібна mn -й заявці (кількість контейнерів);

- $KR_{mn}(t_1)$ - критерій вибору маршруту mn -ї заявки, узгоджений відправником і отримувачем вантажу;

$x_{mn}^{(1)}(t_1)$ - однозначний еквівалент координат розміщення заявки при її відправленні – країни і терміналу відправлення;

$x_{mn}^{(2)}(t_1)$ - однозначний еквівалент координат розміщення заявки при надходженні до отримувача вантажу – країни і терміналу призначення;

$\{NM_{mn}(t_1)\}$ - упорядкована послідовність номерів можливих маршрутів проходження контейнерів, що обслуговують mn -у заявку;

$N_{mn}(t_1)$ - номер маршруту mn -ї заявки, який реалізується;

$T_{mn}(t_1)$ - час обороту контейнерів, що обслуговують mn -у заявку;

$K_{mn}^{(0)}(t_1)$ - кількість контейнерів, необхідна для обслуговування першочергової заявки;

$y_{mn}(t_1)$ - двоїстий індикатор фіксування можливості початку в момент t_1 обслуговування mn -ї заявки за ознаками її першочерговості й готовності обслуговування даної заявки директивною необхідною кількістю контейнерів необхідного виду;

$y_{mn}^{(0)}(t_1)$ - індикатор надходження в момент t_1 на базу порожніх контейнерів, що закінчили обслуговування mn -ї заявки;

$C_{mn}(t_1)$ - залишковий час до закінчення обслуговування mn -ї заявки;

$s_{mn}(t_1)$ - номер станції передачі (СП), на яку в момент t_1 надійшов состав з контейнерами, що обслуговують mn -у заявку;

$s_{mn}^{(-)}(t_1)$ - номер станції передачі, на яку надійшов состав з порожніми контейнерами, які вже закінчили обслуговування mn -ї заявки і прямують у зворотному напрямку на m -у базу;

$\{NK_{mn}^{(рем1)}(t_1)\}$ - послідовність індивідуальних номерів контейнерів, що обслуговують mn -у заявку і перебувають у стані «несправність/ремонт1» в момент t_1 (ремонт1 - на маршруті);

$\{NK_{mn}(t_1)\}$ - послідовність індивідуальних номерів контейнерів, що обслуговують на момент t_1 mn -у заявку;

$D_{mn}^{(0)}(t_1)$ - накопичений час затримки mn -ї заявки на базі (наднормативний простій заявки через відсутність необхідної кількості контейнерів необхідного виду);

$D_{mn}(t_1)$ - накопичений на момент t_1 час обслуговування mn -ї заявки.

Введемо автомати модуля-агрегату « im -й вид контейнерів»:

$\{NK_{im}^{(0)}(t_1)\}$ - послідовність індивідуальних номерів контейнерів i -го виду, присутніх на m -й базі в момент t_1 ;

$\{NK_{im}^{(\Delta рем2)}(t_1)\}$ - послідовність індивідуальних номерів контейнерів i -го виду, що перебувають на m -й базі в стані планового ремонту (ремонт2);

$\{NK_{im}^{(\Delta рем1)}(t_1)\}$ - послідовність номерів контейнерів im -го виду, що перебувають на маршруті в стані «несправність/ремонт1»;

$K_{im}^{(0)}(t_1)$ - кількість контейнерів i -го виду, які перебувають на m -й базі в момент t_1 .

Опишемо стан модуля-агрегату « ikm -й номер контейнера»:

$y_{ikm}^{(рем2)}(t_1)$ - двійковий індикатор, що фіксує на момент t_1 початок планового ремонту ikm -го контейнера;

$y_{ikm}^{(\Delta рем2)}(t_1)$ - індикатор завершення планового ремонту ikm -го контейнера в момент t_1 ;

$y_{ikm}^{(рем1)}(t_1)$ - індикатор, що фіксує момент початку поломки ikm -го контейнера на маршруті;

$y_{ikm}^{(\Delta_{рем1})}(t_1)$ - індикатор завершення ремонту1 ikm -го контейнера на маршруті;

$y_{ikm}^{(рем2)*}(t_1)$ - індикатор готовності ikm -го контейнера почати в момент t_1 обслуговування першочергової заявки за ознакою достатності резервного часу до початку планового огляду і ремонту2;

$y_{ikm}^{(0)}(t_1)$ - індикатор присутності ikm -го контейнера на базі;

$C_{ikm}^{(рем2)}(t_1)$ - залишковий час до початку планового огляду і ремонту k -го індивідуального номера контейнера i -го виду на m -й базі;

$C_{ikm}^{(рем1)}(t_1)$ - залишковий час до початку поломки ikm -го контейнера на маршруті;

$C_{ikm}^{(\Delta_{рем2})}(t_1)$ - залишковий час перебування ikm -го контейнера на базі в стані планового ремонту2;

$C_{ikm}^{(\Delta_{рем1})}(t_1)$ - залишковий час перебування ikm -го контейнера в ремонті на маршруті;

$y_{ikm}(t_1)$ - індикатор повернення в момент t_1 ikm -го контейнера на вихідну базу після завершення обслуговування заявки;

$D_{ikm}^{(0)}(t_1)$ - накопичений час перебування ikm -го контейнера на вихідній базі;

$C_{ikm}(t_1)$ - залишковий час до закінчення обслуговування заявки ikm -м контейнером;

$D_{ikm}^{(\Deltaрем1)}(t_1)$ - накопичений на момент t_1 час перебування ikm -го контейнера в ремонті на маршруті;

Модуль-агрегат « mns -а станція передачі» визначається автоматами:

$C_{mn}^{(s)}(t_1)$ - залишковий час на момент t_1 до моменту надходження mn -ї заявки на s -у станцію передачі;

$C_{mn}^{(s)-}(t_1)$ - залишковий час до надходження порожніх контейнерів, що обслужили mn -у заявку, на s -у станцію передачі;

$y_{mn}^{(s)}(t_1)$ - двійковий індикатор надходження в момент t_1 контейнерів, що обслуговують mn -у заявку, на s -у станцію передачі;

$y_{mn}^{(s)-}(t_1)$ - індикатор надходження в момент t_1 контейнерів, що вже обслужили mn -у заявку і повертаються на вихідну базу, на s -у станцію передачі;

$a_{mn}^{(s)-}(t_1)$ - двійковий імовірнісний автомат, одиничне значення якого рівнозначне ситуації, коли в момент t_1 при надходженні порожніх контейнерів на s -у станцію передачі розпочалось обслуговування попутної заявки;

$b_{mn}^{(s)-}(t_1)$ - імовірнісний автомат, стан якого означає кількість послідовних станцій передачі, через які прямує попутна заявка, яка обслуговується, починаючи з s -ї СП, контейнерами, що вже обслужили mn -у заявку.

Введемо перелік випадкових величин, які беруть участь у створенні моделі:

$\xi DIR SP_{mn}(t_1)$ - сукупний термін, що визначає вхідну директивну специфікацію заявки з номером $n = N + 1 (N -$

індивідуальний номер заявки попереднього надходження), що надійшла на вхідну базу в момент (t_1) ;

Розшифруємо послідовність випадкових характеристик вхідної директивної специфікації заявки, що надійшла на базу в момент t_1 :

$\xi M_{mn}^{(omn)}(t_1)$ - країна відправлення mn -ї заявки
($n = N + 1$);

$\xi M_{mn}^{(naz)}(t_1)$ - країна призначення mn -ї заявки;
($n=N+1$)

$\xi S_{mn}^{(omn)}(t_1)$ - термінал відправлення mn -ї заявки;
($n=N+1$)

$\xi S_{mn}^{(naz)}(t_1)$ - термінал призначення заявки, що
($n=N+1$)

надійшла;

$\xi TP_{mn}(t_1)$ - тип заявки, що надійшла (тип вантажу);
($n=N+1$)

$\xi V_{mn}(t_1)$ - об'єм заявки, що надійшла (необхідна
($n=N+1$)

кількість контейнерів);

$\xi vid_{mn}(t_1)$ - потрібний вид контейнерів для заявки, що
($n=N+1$)

надійшла на вхідну базу;

$\xi KR_{mn}(t_1)$ - критерій вибору маршруту заявки, що
($n=N+1$)

надійшла;

Якщо критерій вибору маршруту для заявки, що надійшла в момент t_1 на вхідну базу, обирається за бажанням замовника, то

$\xi q_{mn}(t_1)$ - номер обраного маршруту;

$\xi t_{ikm}^{(pe,m)}(t_1)$ - випадковий проміжок часу, що відділяє момент t_1 появи несправності ikm -го контейнера на маршруті та момент появи наступної несправності цього контейнера;

$\xi t_{ikm}^{(\Delta pe,m)}(t_1)$ - випадковий час перебування в ремонті 1 (на маршруті) ikm -го контейнера, що почалось в момент t_1 ;

$\xi a_{mn}^{(s)-}(t_1)$ - випадкова двійкова величина, що фіксує момент t_1 як початок обслуговування на s -й станції передачі попутної заявки контейнерами після завершення обслуговування mn -ї заявки;

$\xi b_{mn}^{(s)-}(t_1)$ - випадкова кількість станцій передач, яку повинні пересікти контейнери, що розпочали в момент t_1 обслуговування s -ї попутної заявки після завершення обслуговування mn -ї заявки.

Введемо позначення, які характеризують структурно-параметричні особливості системи контейнерних перевезень:

$Q_{mn}(t_1)$ - кількість всіх можливих маршрутів доставки mn -ї заявки до споживача залежно від місця початку і місця завершення обслуговування;

Позначимо через змінну $q = \overline{1, Q_{mn}(t_1)}$ конкретний номер маршруту mn -ї заявки. Тоді для кожного поєднання індексів mnq домовимось, що

T_{mnq} - постійний час обороту mn -ї заявки за q -м маршрутом.

Залежно від директивної специфікації m -ї заявки і номера q обраного маршруту постійними будуть:

$S(N_{mn}(t_1))$ - загальна кількість станцій передач, що перетинаються m -ю заявкою на маршруті в момент t_1 , для $(N_{mn}(t_1))$ -го маршруту обслуговування заявки;

S_{mnq} - вартість обслуговування m -ї заявки;

$\Delta C_{im}^{(рем2)*}$ - середня тривалість часу перебування контейнерів i -го виду поза плановим оглядом і ремонтом, що здійснюється на m -й базі;

$K_{im}^{(0)*}$ - загальна кількість контейнерів i -го виду, які належать m -й базі.

Модуль-агрегат цілі є завершальним, економічним блоком моделі контейнерних перевезень.

Автомати модуля-агрегату цілі, визначають накопичення й усереднення за весь період моделювання T дохідних і витратних статей економічних взаємозаліків володарів вантажів і суб'єктів, що їх обслуговують, і використовуються при побудові функції цілі в задачі максимізації усередненого прибутку m -ї вихідної бази, яка цікавить користувача.

Через нестачу місця для опису алгоритму, обмежимося наведенням **сценарію побудови моделі**:

1. Визначення директивних характеристик заявок, що обслуговуються m -ю базою для випадків надходження чергової заявки на базу; заявок, що перебувають на базі і очікують початку обслуговування або ремонту²; заявок, що перебувають на маршрутах.

2. Обчислення двійкових індикаторів, які фіксують місця знаходження і стани контейнерів і заявок, що обслуговуються m -ю базою.

3. Вибір номера оптимального маршруту заявки залежно від координат входу і виходу заявки, а також залежно від критерію вибору, узгодженого з клієнтом.

4. Актуалізація на поточний момент часу індивідуальних номерів контейнерів різного виду і номерів заявок на m -й базі в залежності від: можливого надходження заявки на базу, можливого початку обслуговування першочергової заявки, можливого надходження на базу порожніх контейнерів.

5. Актуалізація на поточний момент часу t послідовностей індивідуальних номерів контейнерів і номерів заявок на маршрутах залежно від поповнення цих послідовностей номерами, що розпочали обслуговування і виключення з них номерів, що завершили обслуговування на цей момент.

6. Визначення на момент t номерів міждержавних станцій передачі (СП) для заявок, що обслуговуються (на маршруті), і станцій передачі під час повернення порожніх контейнерів.

7. Визначення значень остаточного часу: до надходження заявок, що обслуговуються, на чергову СП; порожніх контейнерів до надходження на вихідну базу m ; остаточного часу до початку ремонту 1 (позапланового) і ремонту 2 (планового), а також остаточного часу до завершення ремонтів – для кожного індивідуального номеру контейнера m -ї бази.

8. Обчислення накопиченого часу перебування контейнерів і заявок на базі, накопиченого часу перебування заявок на маршрутах, контейнерів - в ремонті 1.

9. Визначення потрібного виду контейнерів для кожної заявки, що знаходиться в системі, та об'єму цієї заявки.

10. Актуалізація маршруту для кожного індивідуального номера заявки для випадків надходження

заявки на вхідну базу, перебування на маршруті, повернення на базу порожніх контейнерів, що закінчили обслуговування даної заявки.

11. Визначення кількості контейнерів і заявок, що перебувають на базі-відправниці і на маршрутах (прямих і зворотних) цієї бази.

12. Розробка економічного блоку моделі.

Висновки

У цій статті були викладені теоретико-ймовірнісні засади застосування методів автоматного та агрегатного моделювання в процесі створення систем безперервного прогнозування, контролю та оперативного управління матеріальними потоками логістичних систем.

Були наведені необхідні та достатні умови принципової можливості побудови імітаційних моделей логістичних систем (ЛС) у вигляді систем імовірнісних автоматів (СІА), які лягли в основу розробки **єдиної інформаційної технології створення автоматних і агрегатних моделей ЛС**, що об'єднує:

- додержання постулатів забезпечення адекватності моделей,

- статистичні дослідження інформаційних і матеріальних потоків ЛС,

- побудову послідовних етапів створення моделей.

Теоретичні дослідження та практична реалізація моделей ЛС виявили ефективність автоматного моделювання в плані відображення динаміки регулюючих логістичних операцій з модельними і стохастичними інформаційними потоками у вигляді **моделей замкнених або розімкнених процесів перетікання**, використання яких обумовлює найбільшу результативність методу дослідження.

Для складних ЛС було запропоновано застосування математичного апарату **кусково-лінійних агрегатів як**

універсальної уніфікованої схеми моделювання. Обґрунтування введення сукупності імовірнісних автоматів в якості операторів при побудові тіл кусково-лінійних агрегатів дозволяє будувати **агрегатно-автоматні моделі** складних ЛС з урахуванням їх часової, якісної та структурно-функціональної неоднорідності в неперервному режимі часу з дискретним втручанням випадку.

Продемонстровано побудову модулів-агрегатів і сценарій створення агрегатної моделі в задачі дослідження функціонування системи перевезень вантажів в універсальних контейнерах різного виду в міжнародному залізничному сполученні.

Література

1. Леншин И.А., Смольняков Ю.И. Логистика. – М.: Машиностроение, 1996. – 246 с.
2. Ballou R.H. Business Logistics Management. 3ed. – New York: Prentice-Hall International Inc., 1993, р.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 309 с.
4. Бакаев А.А., Костина Н.И., Яровицкий Н.В. Имитационные модели в экономике. – К.: Наукова думка, 1978. – 300 с.
5. Бакаев А.А., Гриценко В. И., Сакунова И.С. Автоматное моделирование в задачах исследования сложных систем. – К.: Логос, 2007. – 208 с.
6. Мирошниченко В.М., Сакунова И.С., Торопов Б.И. О модели пассажиропотоков в крупных пассажирских комплексах. Международная научная конференция «Транспорт XXI века», секция 4, Варшава, 19-21.11.2001, С. 285-292.
7. Подлесный П.И., Сакунова И.С. Моделирование транспортно-перегрузочного процесса в порту // Економіст. – 2003. – № 6. – С.
8. Кутах О.П., Миронюк І., Сакунова І. Імітаційне моделювання матеріальних потоків у логістичній системі // Виробництво-транспорт-споживання. Збірник наук. праць. Вип. 4. – К.: Київський ун-т економіки і технологій транспорту, 2003. – С.

9. Бакаев А.А., Гриценко В. И., Сакунова И.С. Имитационные методы и модели исследования материальных потоков логистических систем. – К.: Логос, 2009. – 212 с.

УДК 330.4:658.8

Л.І. Бажан, В.Г. Галушко

Інформаційна модель визначення ефективних показників роботи служби міжнародних автомобільних перевезень

Запропонована інформаційна модель визначення показників роботи служби міжнародних автомобільних перевезень, на основі якої визначається ефективність її роботи та фірм-перевізників, які представляють свої транспортні засоби для здійснення вантажних перевезень.

Ключові слова: автомобільний транспорт, міжнародні перевезення, фірма-перевізник, показники роботи, інформаційно-логістичний центр, інформаційна модель.

The information model of determination of work metric for service of international motor-car transportations is offered, which work efficiency and firms-ferryman which represent transport vehicles for achieving of freight transportations is determined.

Keywords: motor transport, international transportations, firm-ferryman, metrics of work, information and logistic center, information model.

Вступ. Сучасна логістика охоплює і об'єднує в цілісний процес такі види діяльності, як інформаційний обмін, транспортування, управління запасами, складським господарством, вантажопереробку та упаковку. Застосування нових логістичних методів дозволяє знизити витрати, підвищити продуктивність, поліпшити якість продукції і послуг, в результаті - отримати конкурентні переваги на