

*Бандоріна Л.М.,
к.е.н., доцент,
доцент кафедри економічної інформатики
Національна металургійна академія України*
*Лозовський О.С.,
аспірант кафедри економічної інформатики,
Національна металургійна академія України*

ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕДУР ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ АЕРОПОРТУ

Анотація. У статті проведено аналіз бізнес-процесів типового аеропорту, побудовано функціональну модель бізнес-процесу реєстрації пасажирів в середовищі BPWin. Розроблено імітаційну модель реєстрації пасажирів з метою дослідження динаміки процесу обслуговування пасажирів, аналізу інформаційних потоків та вивчення статистичних характеристик. Проведено експерименти за технологією Arena.

Ключові слова: інформаційна система, комп'ютерна мережа, імітаційне моделювання, концептуальна модель, функціональна модель.

Постановка проблеми. В умовах формування ринкових відносин особливої актуальності набуває проблема більш ефективного оперативного та стратегічного управління авіапідприємствами. Комп'ютеризація та впровадження нових інформаційних технологій в аеропортах дозволяє істотно збільшити їх пропускну спроможність і, як наслідок, повний пасажирооборот, а також підвищити рівень сервісу. Крім того, за допомогою інформаційної системи підвищується якість обслуговування пасажирів і повітряних суден. Оперативність, рівень надання інформаційних послуг і підтримка користувачів займають важливе місце в роботі інформаційних служб цивільної авіації.

Дослідження роботи інформаційних служб аеропорту дає можливість поліпшити характеристики організаційної структури (кількість рівнів і персоналу на кожному рівні підтримки), а також оцінити реакцію системи при змінах значень основних параметрів (кількість користувачів системи, інтенсивність запитів і т. д.).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні, як і у всьому світі, особливої актуальності набувають засоби комп'ютерного моделювання. Необхідність подібних програмних продуктів гостро проявляється в області економіки, виробництва, техніки. Це явище пояснюється тим, що існування і функціонування підприємств безпосередньо залежить від оптимізації ресурсів (технічних, фінансових, трудових), а аналітичний опис та розв'язання задач оптимізації процесів є занадто трудомістким, а часто навіть неможливим, оскільки потребує врахування багатьох випадкових факторів функціонування системи. Розробка моделей організаційних систем мало формалізована та вимагає творчого підходу в кожному конкретному випадку. Досить поширеними є методи розв'язання задач в одному класі організаційних систем – системах масового обслуговування, представлених у вигляді спрощених моделей. У випадку ускладнення таких моделей, зумовленого бажанням відтворити більш реально процеси в практичній системі, вини-

кають нездоланні математичні труднощі. Для їх подолання і створення можливостей для дослідження адекватних моделей і використовуються спеціальні програмні засоби для імітації процесів, зокрема, в системах масового обслуговування.

Стрімкий розвиток інформаційних технологій зумовив розробку ряду комп'ютерних інструментів, спрямованих на автоматизацію різних областей діяльності людини. Актуальність використання засобів комп'ютерного моделювання підтверджується наявністю великої кількості наукових робіт, які стосуються зазначеної тематики.

Існує велика кількість програмних пакетів, які зазвичай використовують в модельній структурі об'єкти, властивості, черги і ресурси. Універсальні пакети імітаційного моделювання дозволяють будувати моделі, що враховують час виконання функцій. Отриману модель можна «програти» в часі і отримати статистику процесів, що відбуваються так, як це було б в реальності. В імітаційній моделі зміни процесів і даних асоціюються з подіями. «Програвання» моделі полягає в послідовному переході від однієї події до іншої. Зазвичай імітаційні моделі будуються для пошуку оптимального рішення в умовах обмеження ресурсів, коли інші математичні моделі виявляються занадто складними [1; 3; 5; 8].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Вивчення значної кількості літературних джерел і практичних справ та аналіз публікацій щодо використання інформаційних технологій при моделюванні практичних задач переконливо свідчать про те, що комп'ютерне моделювання стає одним з основних і найбільш ефективних інструментальних засобів вивчення складних процесів і об'єктів в практичних задачах різної природи. Поєднання з підходами на основі теорії масового обслуговування дає змогу вирішити численні практичні завдання.

В результаті проведеного аналізу багатьох існуючих програмних пакетів, призначених для розробки та дослідження моделей систем з різних предметних областей, підтверджено доцільність моделювання та подальшого дослідження динамічних характеристик складних процесів на основі інтеграції BPWin та імітаційних технологій Arena.

Мета статті полягає у проведенні аналізу інформаційної системи (ІС) аеропорту; розробці концептуальної моделі бізнес-процесів системи реєстрації пасажирів; розробці та реалізації імітаційної моделі процесу реєстрації пасажирів; проведенні аналізу результатів проведених експериментів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сферами діяльності типового аеропорту є: технічне обслуговування авіаційної техніки; забезпечення обслуговування пасажирів,

багажу, пошти і вантажів при внутрішніх і міжнародних повітряних перевезеннях; аеродромне забезпечення та ін.

Організаційна система управління аеропорту являє собою ієрархічну структуру і характеризується лінійно-функціональними зв'язками між працівниками апарату управління, а також є відображенням повноважень і обов'язків, які покладені на кожного з працівників апарату управління.

Інформаційна система забезпечує збір інформації з різних джерел, включаючи розклад руху, оперативні бази даних по перевізному процесу, системи реєстрації та наявності квитків, комплексну обробку вхідної інформації, формування і виведення оброблених даних на різні робочі місця і засоби відображення [6]. Завдяки інтеграції оперативної бази даних і зовнішніх джерел інформації забезпечується єдиний інформаційний простір для аеропорту.

Інформаційна система дозволяє здійснити виведення інформації на засоби відображення – інформаційні табло різного призначення, табло на базі моніторів, інформаційно-довідкові кіоски та ін. Наявність засобів конфігурації дозволяє швидко налаштувати форму відображення інформації.

Система управління дозволяє в єдиному інтерфейсі об'єднати моніторинг і управління різноманітним обладнанням та програмними засобами. Можливість автоматичної видачі тривожних повідомлень на засоби візуалізації та голосового забезпечення, доведення до обслуговуючого та чергового персоналу інформації про функціонування всіх компонент системи робить програмно-апаратний комплекс інформаційно-керуючих систем унікальним засобом керування.

Аналіз показав, що поряд із зазначеними особливостями функціонування інформаційної системи типового аеропорту система реєстрації пасажирів та прийому багажу є незадовільними. У свою чергу, відсутність науково обґрунтованих принципів побудови інформаційної системи реєстрації пасажирів і багажу призводить до додаткових витрат на реалізацію і до низької ефективності функціонування.

Оскільки обслуговування пасажирів є основним бізнес-процесом в діяльності аеропорту, то в даній роботі побудована модель саме цього процесу.

Побудова концептуальної моделі бізнес-процесів системи реєстрації пасажирів. У загальному випадку концептуальна модель являє собою певну множину понять і зв'язків між ними, що є понятійною структурою розглянутої предметної області. Отже, в першу чергу доцільно провести аналіз основних бізнес-процесів авіакомпанії з необхідним ступенем деталізації. Оскільки моделювання є досить тривалим і трудомістким процесом, дослідження було розбито на наступні етапи:

- дослідження діяльності підприємства, побудова концептуальної моделі підприємства з використанням засобів візуального моделювання;
- проведення оцінки адекватності цієї моделі, порівняння варіантів реальної діяльності з результатами імітаційного моделювання;
- формування рекомендацій щодо вдосконалення існуючих бізнес-процесів.

Побудова концептуальної моделі дозволяє виявити проблемні місця і модифікувати структуру бізнес-процесів компанії. При цьому побудована концептуальна модель як комплекс організаційного, інформаційного та функціонального аналізу дає можливість всебічного вивчення предметної області. При розробці концептуальної моделі типового аеропорту було використано середовище розробки BPWin, до переваг якого нале-

жать: наочність; простота складання діаграми; чітка логіка побудови моделей, яка дозволяє уникнути багатьох помилок при проектуванні; інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс системи; наявність вбудованих засобів імітаційного моделювання; можливість подання всіх видів даних (функціональні, інформаційні та ієрархічні моделі) у вигляді єдиної карти компанії – комплексний опис системи.

На основі аналізу предметної області була побудована функціональна модель бізнес-процесу реєстрації пасажирів в середовищі BPWin з метою виявлення місць падіння продуктивності.

Була побудована контекстна діаграма бізнес-процесу обслуговування пасажирів, яка являє собою саме загальний опис системи та її взаємодії із зовнішнім середовищем.

Далі проведена функціональна декомпозиція системи (розбиття системи на великі фрагменти) з подальшою декомпозицією кожного великого фрагмента системи на більш дрібні і так далі до досягнення необхідного рівня деталізації опису.

Дослідження показало, що більшість інформаційних та матеріальних потоків зосереджена в процесі реєстрації пасажирів. Співробітники аеропорту, що виконують реєстрацію, збирають, обробляють і передають в інформаційну систему наступні дані: інформацію про кількість прибулих пасажирів; інформацію про пасажирів, що відсутні, в кінці реєстрації; дані про багаж, зв'язка місця багажу з номером бирки і оголошеною цінністю; дані про службову пошту; відміна реєстрації пасажирів; зняття багажу і видалення багажної бирки.

Для аналізу динаміки процесу обслуговування пасажирів, дослідження інформаційних потоків та вивчення статистичних характеристик процесу була побудована імітаційна модель, що описує процес обслуговування пасажирів в аеропорту.

В якості програмної платформи для створення імітаційної моделі була обрана система імітаційного моделювання Agena, так як вона включає багато функціональних модулів для побудови моделей складних систем і дозволяє генерувати необхідні імовірнісні розподілу, докладно описувати бізнес-процеси із зазначенням матеріальних, фінансових та інформаційних ресурсів, які їх супроводжують. Анімація процесів, що відбуваються в аеропорту, і детальні звіти дають багатий статистичний матеріал для аналізу ефективності їх перебігу та подальшої оптимізації.

Модель обслуговування авіапасажирів має чотири ділянки обслуговування (підпроцеси): «Попередній огляд», «Реєстрація пасажирів», «Реєстрація багажу», «Контроль авіабезпеки». Така модель надає можливість отримати лише загальні характеристики як кожного етапу системи обслуговування, так і всієї системи в цілому, але її використання не дає можливості розробки практичних рекомендацій щодо поліпшення швидкості обслуговування пасажирів. Таким чином, виникає необхідність подальшої декомпозиції робіт етапів спрощеної моделі.

Враховуючи технологічну послідовність виконання робіт етапів реєстрації пасажирів, після декомпозиції кожен етап моделі системи обслуговування пасажирів, в свою чергу, можна представити у вигляді моделей, що відображають сценарії виконання робіт із заданим рівнем деталізації.

Побудовані діаграми декомпозиції наведені на рис. 1–4.

Оскільки багаж перевіряється послідовно після перевірки пасажирів, то для нього розроблено окрему діаграму.

При побудові функціональної моделі, пов'язаної з обслуговуванням пасажирів, були визначені «вузькі місця» в існуючій системі:

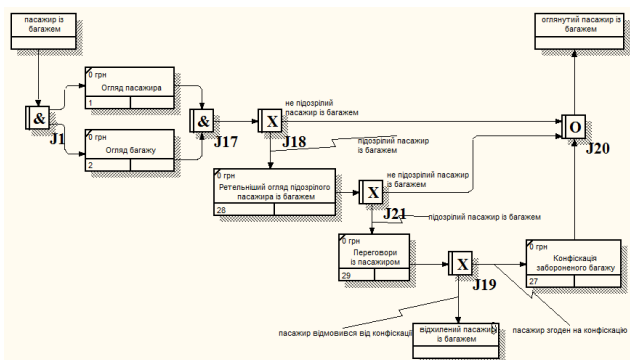


Рис. 1. Діаграма підпроцесу «Попередній огляд»

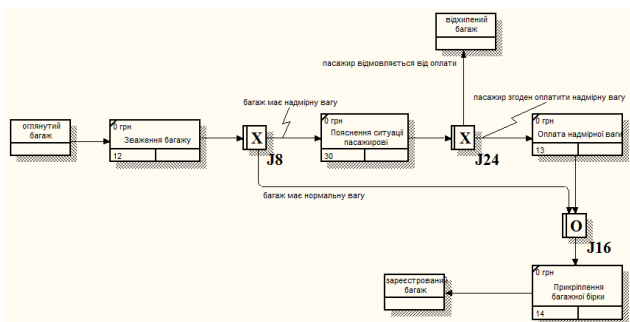


Рис. 3. Діаграма підпроцесу «Реєстрація багажу»

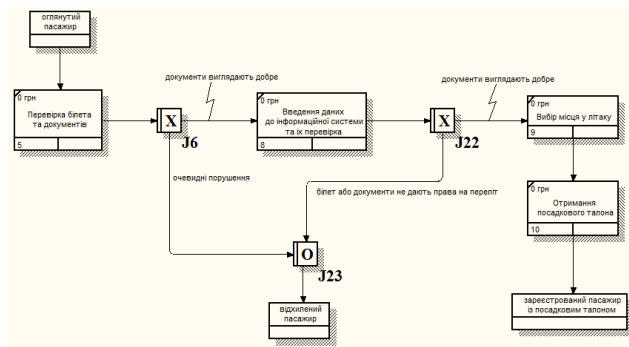


Рис. 2. Діаграма підпроцесу «Реєстрація пасажирів»

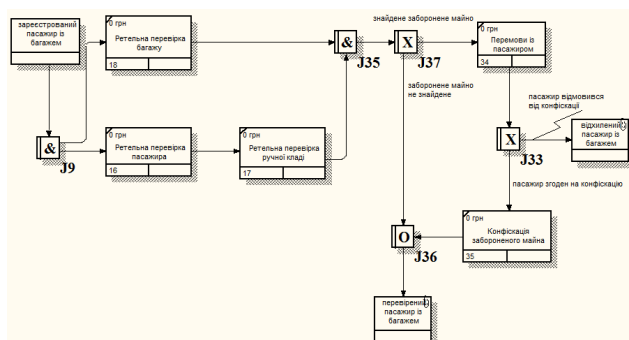


Рис. 4. Діаграма підпроцесу «Контроль авіабезпеки»

- виникнення великих черг при реєстрації пасажирів;
- тривалий час обслуговування пасажирів перед вильотом;
- багаторазовий огляд пасажирів і багажу, що призводить до збільшення часу реєстрації.

Б.А. Севастьяновим показано, що при довільному законі розподілу часу обслуговування формули Ерланга є також вірними, хоча вони виведені в припущенні про експоненційний закон розподілу часу обслуговування. У загальному випадку час обслуговування вимоги – випадкова величина, і тому потрібно задати закон розподілу часу обслуговування [9].

Оскільки експоненційний закон розподілу цілком прийнятним чином відповідає великій кількості реальних систем обслуговування, а також у зв'язку з тим, що основні характеристики систем обслуговування залежать, головним чином, не від виду закону розподілу, а від середнього значення часу обслуговування, в практичних дослідженнях зазвичай використовується допущення про показовість закону розподілу часу обслуговування. Імітаційні моделі побудовані шляхом експортування моделей IDEF3 з середовища BPwin в Atena [7].

Підтверджено достовірність концептуальної та спрощеної моделі в цілому, а також етапу «Попередній огляд» деталізованої моделі. Для цього результати імітаційного моделювання цих моделей порівнювалися з аналітичними розрахунками характеристик моделей як систем масового обслуговування. Результати імітаційних експериментів показали, що кожна з досліджуваних на достовірність СМО працює стаціонарно, тобто не утворює нескінченної черги; показники системи можна вважати задовільними, оскільки зі збільшенням періоду моделювання результати імітаційного моделювання наближуються до результатів аналітичного розв'язку. Таким чином, зроблено висновок, що побудованим імітаційним моделям можна довіряти, їх можна використовувати для проведення випробувань імітацій-

ного моделювання, задаючи в якості вихідних параметрів відмінні від експоненційного розподілу для вхідних потоків заявок та терміну виконання робіт.

Проведено імітаційні експерименти з деталізованою моделлю реєстрації пасажирів за припущення, що потік пасажирів описується експоненційним законом розподілу, а тривалість виконання робіт підкорюється нормальному закону. Отримано докладні звіти про використання необхідних ресурсів окремо на кожному етапі процесу реєстрації, а також про черги, що утворюються в процесі роботи. Це дозволило виявити потенційні «вузькі» місця системи реєстрації пасажирів і багажу. При цьому розглядалися два варіанти інтенсивності потоку пасажирів – низький та високий – з метою врахування поведінки реального потоку пасажирів, яка не є стаціонарною.

Характеристики загальної моделі реєстрації визначалися за припущення, що вхідний потік пасажирів розподілений експоненційно, але має нестационарну інтенсивність, яка описується функцією Гауса.

Детальний аналіз ймовірнісних характеристик процесу, що моделювався, навіть при таких спрощених умовах імітації дозволяє визначити достатню кількість персоналу для збереження заданого загального часу реєстрації авіапасажирів та характеристик черг, що утворюються в процесі. Це надасть можливість скоротити витрати підприємства на обслуговування місць реєстрації пасажирів і багажу та удосконалити основні процеси виконання робіт з реєстрації авіапасажирів, що, в свою чергу, є необхідним для забезпечення ефективного функціонування аеропорту.

Висновки. Створено концептуальну і імітаційну моделі бізнес-процесів системи реєстрації пасажирів. Імітаційна модель обслуговування пасажирів в аеропорту дозволила отримати докладні звіти про використання матеріальних та інформаційних ресурсів в типовому аеропорту. Виявлено потенційні «вузькі» місця системи реєстрації пасажирів і багажу.

Проаналізовано результати проведених експериментів. Детальний аналіз кількісних характеристик модельованого процесу дозволяє обґрунтувати необхідну кількість стійок реєстрації в умовах заданої інтенсивності вхідного потоку пасажирів, що, дає можливість скоротити витрати підприємства на обслуговування місць реєстрації пасажирів і багажу. Таке обґрунтування дозволить удосконалити основні бізнес-процеси системи реєстрації пасажирів аеропорту, що, в свою чергу, необхідно для дотримання факту забезпечення нормального функціонування процесів аеропорту.

Поряд із запропонованим вище інженерно-прикладним способом моделювання матеріальних та інформаційних процесів можна запропонувати більш оперативний і спрощений підхід у вигляді аналітичного моделювання за допомогою засобів теорії масового обслуговування. Зокрема, для моделювання процесів реєстрації пасажирів і багажу можна використовувати багатоканальні однофазні моделі з пуассонівським вхідним потоком, експоненціальним законом часу обслуговування і дисципліною Fifo (перший прийшов перший обслужений). Відомі теоретичні формули для зазначеної постановки дають можливість досить оперативно отримати такі результати при наявності заданої інтенсивності вхідного потоку та інтенсивності обробки елементів потоку в обслуговуючих пристроях: коефіцієнт завантаження; середній час очікування; середній час перебування елемента потоку в системі та ін. При цьому можна використовувати моделі з необмеженою і обмеженою кількістю місць очікування. Навіть при таких спрощених умовах розрахунку можна отримати кількість необхідних апаратів обслуговування для збереження заданого загального часу обслуговування пасажиропотоку.

Література:

1. ADONIS. Version 3.81. Volume IL UserManual [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.csd.uoc.gr/~hy565/neupage/docs/pdfs/ADONIS_user_manual.pdf.
2. Дмитриев С.А. Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства / [С.А. Дмитриев, А.А. Саломатина, Ю.Н. Фомина] ; под общ. ред. Е.И. Яблочникова. – СПб.: СПб-ГУИТМО, 2008. – 236 с.
3. Калянов Г.Н. CASE – структурный системный анализ (автоматизация и применение) / Г.Н. Калянов. – М. : Лори, 1996. – 279 с.
4. Кельпон В. Имитационное моделирование / В. Кельпон. – СПб. : Питер ; К. : ВНУ, 2004. – 847 с.

5. Маклаков С.В. Создание информационных систем с All Fusion Modeling Suite / С.В. Маклаков. – М. : Диалог-МИФИ, 2005. – 432 с.
6. Нагорний С.В. Математичні методи і моделі розв'язання задач аналізу, моделювання, управління для суб'єктів транспортних ринків / С.В. Нагорний, О.В. Дорохов. – Х. : ХНАДУ, 2004. – 70 с.
7. Саліков В.О. Моделювання виробничих систем з використанням імітаційних процедур за технологією Arena / В.О. Саліков, О.С. Лозовський // *Materiály X mezinárodní vědecko-praktická konference «Věda a vznik – 2014»*. – Díl 14. Matematika. Fyzika. Moderní informační technologie. : Praha. Publishing House «EducationandScience» s.r.o. – 2014. – P. 54–57.
8. Пакет имитации WTLtycoon [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://simulavp.com.ua/index.html>.
9. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики / Б.А. Севастьянов. – М. : Наука, 1981. – 245 с.

Бандорина Л.Н., Лозовский А.С. Использование имитационных процедур для исследования динамических характеристик процесса обслуживания пассажиров аэропорта

Анотация. В статье проведен анализ бизнес-процессов типового аэропорта, построена функциональная модель бизнес-процесса регистрации пассажиров в среде BPWin. Разработана имитационная модель регистрации пассажиров с целью исследования динамики процесса обслуживания пассажиров, анализа информационных потоков и изучения статистических характеристик. Проведены эксперименты с использованием технологии Arena.

Ключевые слова: информационная система, компьютерная сеть, имитационное моделирование, концептуальная модель, функциональная модель.

Bandorina L.M., Lozovsky O.S. Application of simulation modeling technology in the study of dynamic characteristics of an airport passenger service

Summary. Business process analysis is conducted for the check-in process of a typical airport. A functional model of the check-in process is constructed using BPwin software. A simulation model is developed in order to study dynamics of passenger service, its statistical characteristics, and to analyze information flow in the system. Arena software is used to conduct and analyze simulation experiments.

Keywords: information system, computer network, simulation modeling, conceptual model, functional model.