

УДК 519.879:656.7.03(045)

Кірхар Н.В., к.т.н.

АНАЛІЗ СИСТЕМИ ПРОДАЖУ АВІАКВИТКІВ ЯК СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Інститут комп'ютерних інформаційних технологій
Національний авіаційний університет

Метою роботи є розробка математичних моделей на основі ТМО, за допомогою яких можна досліджувати проблеми авіаперевезень. Виконаний порівняльний аналіз моделей. При плануванні можливих черг, що виникають при продажу авіаквитків, передбачені деякі граничні випадки, наприклад, максимальна довжина черги і можливість переповнення буферної пам'яті

Вступ

Сьогодні індустрія авіаперевезень знаходиться у фазі активного зростання та розвитку. Пасажиропотік в аеропортах України за 9 місяців 2013 року збільшився на 5% порівняно з аналогічним періодом минулого року. За підсумками 2012 року пасажиропотік українських аеропортів збільшився на 13,2% в порівнянні з 2011 роком (до 14,1 млн. пасажирів). Цивільна авіація в порівнянні з іншими галузями, що мають відношення до обслуговування пасажирів, традиційно найбільш сприйнятлива до технічного прогресу. І це стосується не лише виробничої (льотної), а й комерційної її частини. Перші системи масового обслуговування населення на базі обчислювальної техніки з'явилися саме в цивільній авіації, причому як за кордоном, так і з невеликим запізненням в СРСР [1,4]. Нині усі авіаперевізники, розуміють, що від якості використовуваних ними ІТ рішень на ринку продажу перевезень безпосередньо залежить їх комерційний успіх. Виникла необхідність в автоматизації усіх елементів бізнес процесу і в організації прямої взаємодії між десятками, якщо не сотнями інформаційних систем. Фактично, нині існує єдине світове інформаційне середовище цивільної авіації, і будь-який новий учасник авіаційного ринку вимушений інтегруватися в це середовище.

Постановка проблеми

Сьогодні жодна авіакомпанія не представляє своєї роботи без систем бронювання і продажу перевезень, без систем

управління відправками і систем управління прибутками. У тому або іншому виді вони вже є майже в усіх. Проте за наявності однотипного програмного забезпечення компанія не може виділитися серед конкурентів і говорити про підвищення клієнтської лояльності і утримання і збільшення своєї частки ринку.

Аналіз останніх досліджень

Для того, щоб оцінити усю складність такого типу завдання, пропонується детальніше розглянути основні інформаційні взаємодії, що виникають в процесі продажу електронного квитка (ЕК) і наступного обслуговування пасажира з таким квитком [3].

Перший етап – продаж маршруту. Першими системами, обслуговуючими учасників авіаційного ринку, стали CRS (*Computer Reservation System*). Потім з CRS виділилися GDS (*Global Distribution System*). Якщо основним завданням CRS є розміщення ресурсів місць авіакомпаній і управління ними, то функція GDS – розподіл цих ресурсів між агентами. Таким чином, виникла дворівнева система: GDS обслуговує сотні тисяч агентів, надаючи їм доступ до ресурсів сотень авіакомпаній, розміщених в CRS, на єдиній інформаційній мові.

З впровадженням ЕК, окрім традиційного підключення (лінка) GDS до CRS, що забезпечує бронювання (оформлення замовлення), виникла потреба в лінці з GDS в ETDB (база електронних квитків) авіакомпанії. Цей лінк використовується на етапі оформлення агентом ЕК.

Другий етап – обслуговування пасажирів у аеропорту вильоту. Реєстрація пасажирів з впровадженням ЕК також зазнала серйозні зміни. До появи ЕК процедура реєстрації була переважно справою аеропорту. Основна інформація, яка поступала з *CRS* авіакомпанії – список пасажирів *PNL* (*Passenger Name List*). ЕК повністю змінив ситуацію, оскільки єдиний спосіб для оператора побачити польотний купон пасажира – прямий доступ з системи реєстрації *DCS* (*Departure Control System*) до *ETDB* авіакомпанії.

Поява нових методів реєстрації (за допомогою кіосків самообслуговування, через сайт авіакомпаній і т. ін.) робить цей процес для кожної авіакомпанії дуже індивідуальним. Тому авіакомпанія прагне використовувати єдину (власну) *DCS* в усіх аеропортах своєї маршрутної мережі. З різних причин це не завжди вдається, проте така тенденція має місце.

Скупчення *DCS* в аеропорту, у свою чергу, привело до нової серйозної проблеми: на одній стійці реєстрації повинні поперемінно функціонувати клієнтські програми різних *DCS*, у зв'язку з чим було потрібно уніфікацію взаємодії цих програм з периферійним устаткуванням (принтерами, вагами, ридерами та ін.).

Мета роботи

Увесь потік запитів з боку пасажирів можна розділити на дві групи: в першу входять запити довідкового характеру; у другу – запити, пов'язані з розподілом і використанням місць. Принципова різниця між цими групами запитів полягає в тому, що в першому випадку неправильні дії клієнта можуть привести тільки до отримання ним самим невірних відомостей, а в другому випадку існує можливість спотворення або втрати інформації, що зберігається в системі, що може привести до дезорганізації системи і навіть виведення її з ладу. Тому запити другої групи поступають від клієнтів через заздалегідь навчених посередників, наприклад касирів.

Для аналізу подібних систем існує апарат теорії масового обслуговування

(ТМО) [1,4]. Метою роботи є розробка математичних моделей на основі ТМО, за допомогою яких можуть бути досліджені подібні класи систем. В результаті виходить абстрактне представлення усієї системи, яке піддають аналізу з метою краще зрозуміти і удосконалити існуючі операції, а якщо можливо, і розробити в майбутньому досконаліші системи.

Основний матеріал

Розглянемо обидві фази системи обслуговування:

- 1) пасажирів із зони самообслуговування;
- 2) обслуговування пасажирів в зоні авіакаса.

Потік пасажирів, що виходить, із зони самообслуговування γ_c одночасно є потоком, що входить, в зону авіакаса λ_y , який послідовно включає очікування покупця в черзі і потім обслуговування його касиром. Касовий вузол можна розглядати як систему обслуговування з втратами або як систему обслуговування з очікуванням [2].

Вхідний потік вимог має різко нерівномірний характер з явно вираженими піками і спадами. Оскільки вимоги обробляються в реальному масштабі часу, продуктивність обслуговування має бути близька до максимальної, щоб уникнути неприпустимого наростання довжини черги або переповнювання пам'яті (при використанні онлайн-систем). Якщо продуктивність центру обслуговування близька до максимальної, то при середніх значеннях вхідного потоку центр матиме великий запас продуктивності.

Розглянемо застосування теорії черг для вивчення перешкод в обслуговуванні пасажирів. Розглядаючи кожну касу як канал обслуговування, вважаючи обслуговуванням видачу квитка. Час обслуговування – це проміжок часу між приходом пасажира та видачею квитка. За цей час утворюється черга з пасажирів на обслуговування.

Розглянемо чергу, що має наступні властивості:

1) нехай λ – очікувана інтенсивність прибуття пасажирів, припустимо, що λ прибувань розподілені випадково; тоді $1/\lambda$ – середній час між прибуваннями;

2) нехай μ – очікувана інтенсивність обслуговування, $1/\mu$ – середня тривалість обслуговування одного пасажера.

Інтенсивність обслуговування залежить від періоду звернення, в деяких умовах терміни видачі квитка можна апроксимувати наступним експоненціальним розподілом: $P(t) = e^{-\mu t} = e^{-t/\mu}$, де $P(t)$ – вірогідність приходу пасажера. Ще експоненціальні розподіли можуть адекватно описувати проміжки між прибуттями (чи відходами) пасажирів (тобто очікуване число проміжків часу між прибуттями або відходами тривалістю більшою за t хвилини), а також розподіл пасажирів в аеропорту (тобто очікуване число пасажирів, що знаходяться в аеропорті більше ніж t хвилини).

Коли терміни обслуговування пасажирів експоненціальні, інтенсивності приходів і відходів пасажирів зазвичай описуються пуасонівською моделлю. Точніше, вірогідність p приходів (відходів) протягом тимчасового проміжку, для якого очікується N приходів, рівна

$$P_n(N) = \frac{N^n}{n!} e^{-N}, \text{ де } P_0 + P_1 + \dots = 1 \text{ та}$$

$$0(P_0) + 1(P_1) + 2(P_2) + \dots = N = E(n).$$

Серед величин, які визначаються через λ і μ , відмітимо коефіцієнт завантаження ρ , тобто середню долю часу, протягом якого каса зайнята, рівний λ/μ (інтенсивність приходів пасажирів, помножена на середню тривалість обслуговування), а також обіговість R , рівну очікуваному числу видач квитків за деякий період часу, і усереднену по масиву документів обіговість \bar{R} .

Нехай Fm – доля квитків, які видаються рівно m разів протягом цього відрізка часу, а $F(\geq m)$ – доля квитків, що видаються принаймні m разів. Тоді

$$F_m = F(\geq m) - F(\geq m-1),$$

$$\text{де } F_0 + F_1 + F_2 + \dots = 1.$$

Середньорічна обіговість \bar{R} визначається тоді таким чином:

$$\bar{R} = F(\geq 1) + F(\geq 2) + F(\geq 3) + \dots = 1F_1 + 2F_2 + 3F_3 \dots$$

Оскільки середня тривалість обслуговування рівна $1/\mu$, середня доля квитків, які неможливо отримати в авіакасі (з

будь-яких причин), складає \bar{R}/μ ; $\frac{\bar{R}}{\mu} = \frac{J}{N}$, де J – число придбаних квитків у будь-який момент часу, а N – загальне число місць. В умовах кожної конкретної авіакомпанії величини \bar{R} , J і N можна оцінити, що дозволяє вчислити інтенсивність обслуговування μ .

Розглянемо іншу модель, в якій клієнти стоять в черзі до тих пір, поки не будуть обслужені. В цьому випадку інтенсивність прибуття λ дорівнює обіговості R , оскільки усі запити рано чи пізно задовольняються. Особливо важливі наступні параметри:

1. Lq – середня довжина черги, тобто середнє число клієнтів, які очікують обслуговування;
2. Tq – середній час, який пасажир проводить в черзі;
3. L – середнє число пасажирів в системі, у тому числі що стоять в черзі і/або вже обслуженіх;
4. T – середній час, який йде на очікування в черзі і/або на обслуговування.

Нехай τ_b – середня тривалість інтервалу зайнятості, а $1/\lambda$ – середня тривалість інтервалу незанятості. Тоді доля часу ρ , протягом якого система зайнята, повинна дорівнювати відношенню середньої довжини інтервалу зайнятості τ_b до середньої довжини циклу "зайнятість – незанятість" $\tau_b + 1/\lambda$. Отже, при $\lambda < \mu$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\tau_b}{\tau_b + 1/\lambda}, \quad \text{або} \quad \tau_b = \frac{1}{\mu - \lambda}.$$

Оскільки середній час обслуговування одного пасажера дорівнює $1/\mu$, кількість пасажирів, обслужених протягом середнього інтервала зайнятості, рівна $\frac{\mu}{\mu - \lambda} = \frac{1}{1 - \rho}$. Коли λ наближається до μ тобто інтенсивність прибуття пасажирів наближається до інтенсивності обслуговування, тривалість інтервалу зайнятості швидко зростає.

Середнє число пасажирів L в системі рівно усередненому числу прибувань λT , яке у свою чергу обчислюється як добуток доли часу, коли система зайнята, на число пасажирів, обслужених протягом середнього інтервалу зайнятості. Таким чином,

$$L = \lambda T = \rho \cdot \frac{1}{1 - \rho}.$$

Аналогічно середня довжина черги L_q дорівнює різниці середньої кількості пасажирів в системі і завантаження ρ (відношенню інтенсивності прибуття пасажирів до інтенсивності обслуговування),

$$L_q = \lambda T_q = L - \rho = \frac{\rho^2}{1 - \rho}.$$

У разі, коли усі пасажери стоять в черзі, поки не будуть обслужені, і $R = \lambda$, ми отримуємо наступні вирази для середньої довжини черги L_q і середнього часу очікування T_q :

$$L_q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{\lambda^2}{\mu^2(1 - \lambda/\mu)} = \frac{R^2}{\mu(\mu - R)},$$

$$T_q = \frac{L_q}{R} = \frac{R}{\mu(\mu - R)}.$$

Моделі звернення з урахуванням перешкод, включаючи відмови ставати в чергу і відходи з черги, складніші [2].

Проведемо порівняльний аналіз отриманих результатів досліджень. Для систем як з обмеженням на довжину черги, так і без, при збільшенні інтенсивності входжень вимог λ довжина черги m_s збільшується при постійній інтенсивності обслуговування μ . Якщо ж збільшується

інтенсивність обслуговування вимог μ при постійній інтенсивності входжень λ , то довжина черги зменшується.

При плануванні можливих черг, що виникають в системі обслуговування пасажирів, треба виходити з того, що бажано передбачити граничні випадки (наприклад, максимальна довжина черги і можливість переповнення буферної пам'яті). З аналізу різних моделей (рис. 1) можна зробити висновок про наступне. Для пуасонівських входних потоків довжини черги і час перебування в черзі найбільші, тобто використання пуасонівських розподілів в розрахунках систем дає підставу проводити розрахунки, орієнтовані на більш "гірші" випадки.

Мінімальною довжиною черги характеризуються системи з ерланговськими входними потоками, показовим часом обслуговування і з детермінованими входними потоками і ерланговським часом обслуговування. На графіку (рис. 1) характеризуються точкою перетину з координатою $\mu = 1,4$, причому при $0 < \mu \leq 1,4$ більш вигідною виявляється система з ерланговськими входними потоками (рис.1 (2)), а при $\mu \geq 1,4$ - система з детермінованими входними потоками (рис.1 (5)). Частіше $\mu > 1,4$ тому якщо є можливість - доцільно формування входних потоків за детермінованими законами.

Якщо розглянути інтенсивність обслуговування, то можна відмітити наступне: при збільшенні μ величини час очікування $t_{оч}$ і m_s відповідно зменшуються. При збільшенні λ і μ спостерігається непоганий збіг характеристик, відповідних ерланговським потокам з ерланговським і показовим часом обслуговування. Отже, апроксимація часу обслуговування показовими або ерланговськими законами не є принциповим питанням. Оскільки результати відрізняються незначною мірою, то можна приймати при аналізі обслуговування в системі продажів авіаквитків по одному з цих законів.

Потоки заявок з найнижчим пріоритетом при невеликій інтенсивності μ чинять слабкий вплив на основні показники

ефективності функціонування системи, пов'язані з пріоритетнішими потоками.

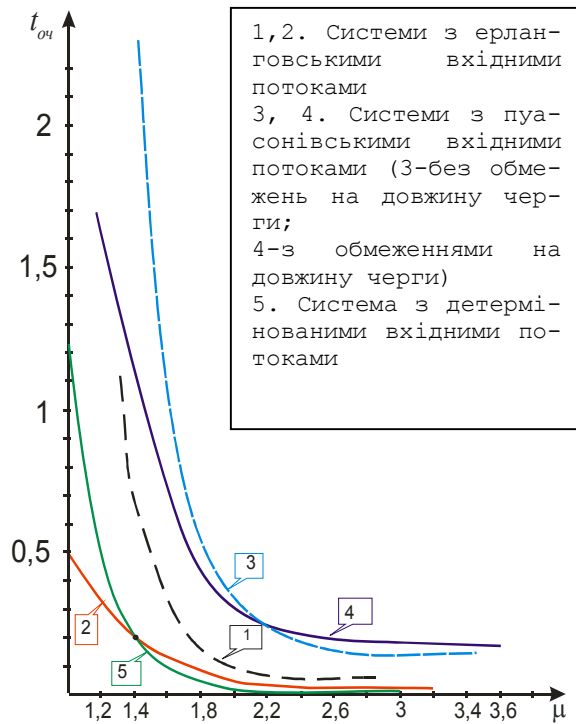


Рис. 1 Характеристики систем (залежність $t_{оч}$ від μ для різних видів моделей)

Висновок

Виконано порівняльний аналіз моделей. При плануванні можливих черг, що виникають в системі продажу авіаквітків треба виходити з того, що бажано пе-

редбачити граничні випадки (наприклад, максимальна довжина черги і можливість переповнення буферної пам'яті). Доцільність застосування багатьох з них ускладнена із-за надмірних складнощів або значних невизначеностей початкових даних про характеристики системи, входні потоки від пасажирів та вирішуваних завдань.

Список літератури

1. Бочаров П. П., Печенкин А. В. Теория массового обслуживания: Учебник. – М.: Изд-во РУДН, 1995. – 529 с.
2. Броди С.М., Погосян Н.А. Вложенные стохастические процессы в теории массового обслуживания – К.: Наукова Думка 1973. – 126 с.
3. Воронов А.А., Кондратьев Г.А., Чистяков Ю.В. Теоретические основы построения автоматизированных систем управления. – М.: Наука, 1977. – 208 с.
4. Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. Теория массового обслуживания. – М.: Высшая школа, 1982. – 256 с.

Статтю подано до редакції 17.09.2013