

Кристина Александровна МОЗГОВАЯ — аспирантка кафедры экономической кибернетики и экономико-математических методов СПбГУЭФ

В 2009 г. окончила Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, специальность «Прикладная математика и математическое моделирование»

Автор 4 публикаций.

Область научной специализации — математическое моделирование в экономике

РАСЧЕТ КОМПЕНСАЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ПРИ ПРОДАЖЕ АВИАБИЛЕТОВ С УЧЕТОМ ВИРТУАЛЬНОЙ ВМЕСТИМОСТИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Принятие Закона об отмене госконтроля над авиакомпаниями на американском рынке воздушных перевозок 1978 года внесло существенные изменения в методы управления доходами перевозчиков, именно данный год - дата «рождения» автоматизированных систем управления доходами. [9]

Основная задача авиаперевозчика состоит в повышении доходности и максимальном сокращении издержек путем снижения затрат на рейс и увеличения объемов производимых услуг. Возможность получить оптимальный доход от рейса при оптимальной загрузке заставляет перевозчиков внедрять в процесс управления доходами такие тонкие и востребованные инструменты, как автоматизированные системы управления доходами.

Их преимущества перед «ручными» методами позволяют составлять оптимальный нестинг (вложенность классов бронирования) для конкретной воздушной линии, а также анализировать финансовый результат будущих продаж, одновременно отслеживая статистические данные предыдущих бронирований, факторы сезонности и календарные особенности рейса. [1]

Идея управления доходами базируется на индивидуальной возможности приобретения услуг пассажирами, вследствие чего на рейсе выделяют квоты мест различных ценовых классов и соответствующие им тарифы. Прогноз пассажирского спроса и пределов бронирования регулярно отслеживается и корректируется в течение периода бронирования билетов до начала рейса.

Автоматизированные системы управления дают возможность моделировать оптимальное, с точки зрения дохода, распределение мест по ценовым классам, а также снизить риски недозагрузки воздушного судна и заранее спрогнозировать эффективность продаж.

Одновременно с прогнозированием пассажирского спроса на рейсе возникает необходимость учета неявок пассажиров к регистрации и отказов от бронирования, что приводит к внедрению авиакомпаниями практики сверхлимитных продаж, для того чтобы не упустить дополнительную прибыль и не возить незанятые места. Сверхлимитные продажи (Overbooking) – продажа большего, чем вместимость самолета, количества билетов для того, чтобы компенсировать потери в связи с неявкой пассажиров к регистрации на рейс. Метод сверхлимитного бронирования как одна из важнейших стратегий управления доходами, позволяет получать дополнительный доход от 4% - 6% по сравнению с продажей билетов, исходя из физической емкости воздушного судна. [2]

Использование метода сверхлимитного бронирования началось задолго до его внедрения в систему управления доходами авиакомпаний. Первые упоминания относятся к 1960-м годам, что впоследствии послужило основанием для исследований влияния сверхлимитного бронирования на риск возникновения «лишних» пассажиров, а также государственного регулирования требований тех пассажиров, кому был продан билет, но не хватило мест в самолете. [5]

Однако в настоящее время ведущие американские и европейские перевозчики широко применяют практику сверхлимитного бронирования. Lufthansa German Airlines после внедрения метода продажи билетов с учетом

виртуальной вместимости в 2004 г. увеличила свои доходы на 126 млн евро и перевезла более чем 640 000 дополнительных пассажиров. [3]

Основными исходными данными для определения сверхлимитной емкости воздушного судна являются: прогнозы общего пассажирского спроса, неявок пассажиров к регистрации и возвратов авиабилетов. Размер ожидаемой дополнительной прибыли зависит как от способа пересчета виртуальной емкости, так и от точности прогноза спроса. Использование виртуальной вместимости вызывает дополнительные расходы перевозчика на компенсации для «лишних» пассажиров, в случае задержки выполнения перевозки.

Описанные в данной статье способы расчета компенсационной функции реализованы в работе компьютерного симулятора деятельности авиакомпании, созданном в компьютерной математической среде *Mathematica*. Симулятор не только позволяет определить стратегию продаж билетов в зависимости от выбранной оптимизационной модели, но и моделирует процесс регистрации пассажиров на рейс, оценивает эффективность продаж с учетом возможных отказов от бронирований или неявок пассажиров.

Первый вариант учета затрат на компенсации представлен через компенсационную функцию, параметрами которой являются: заранее неизвестное количество пассажиров, прибывших сверх емкости, физическая вместимость воздушного судна, а также вероятность того, что пассажир, купивший билет на данный рейс, прибудет к регистрации. [4]

В этом случае задается некоторый постоянный параметр (DBC). Его значение зависит от цены билета и представляет собой сумму, возвращаемую пассажиру перевозчиком в случае неявки пассажира на рейс. Случайная величина, характеризующая количество пришедших к регистрации пассажиров, распределена по биномиальному закону с параметрами (B, p) , где B – виртуальная вместимость рейса, для которого рассчитываются ожидаемые расходы на компенсацию, p – вероятность того, что человек,

купивший билет на данный рейс, пребудет к регистрации (*ShowRate*). В этом случае компенсационная функция будет иметь вид:

$$F(B, Cap) = DBC \times \sum_{i=Cap}^B (i - Cap) \times p^i \times (1 - p)^{B-i} \times \frac{B!}{i!(B-i)!} \quad (1)$$

где *Cap* – физическая вместимость самолета, назначенного на рейс.

В выражении (1) последовательно складываются ожидаемые расходы на компенсации при появлении одного человека сверх вместимости воздушного судна, двух, трех, и т.д. до значения виртуальной вместимости.

В представленном варианте расчета модельного примера (рис. 1) возможна превосходная продажа билетов, повышенный спрос на рейс, однако, число «лишних» пассажиров может быть слишком велико, что влечет за собой рост компенсационной функции, следовательно, рост расходов перевозчика.

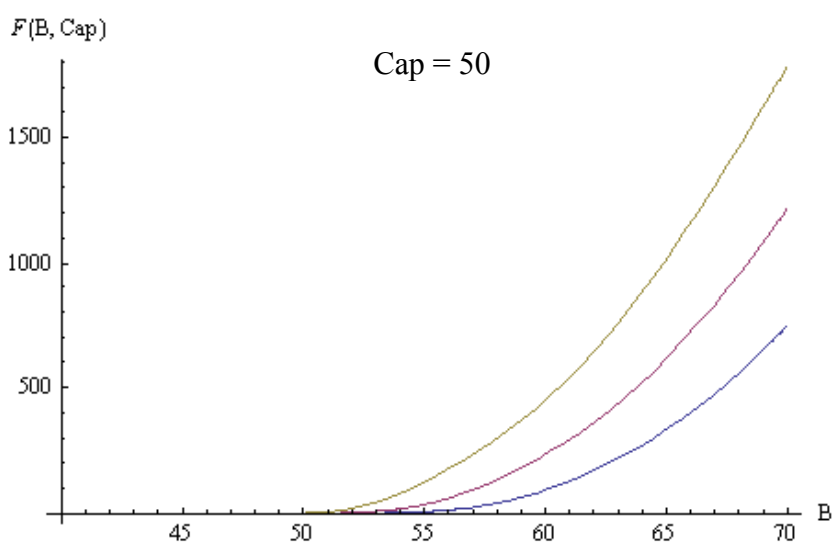


Рис 1. Зависимость компенсационной функции $F(B, Cap)$ от значений виртуальной емкости B при различном задании параметра p .

Рассмотрим другой способ расчета компенсаций – составление функции, в которую входят дополнительные коэффициенты, учитывающие различные варианты поведения пассажиров и соответствующие им затраты, такие как перемещение на рейс другого перевозчика, добровольный отказ от рейса и иные.

В данном случае используется аппроксимация биномиального распределения нормальным с соответствующим математическим ожиданием и СКВО (теорема Муавра – Лапласа).

Выражение для $F(B, Cap)$ имеет вид:

$$F(B, Cap) = C_{illwill} \int_{Cap}^{+\infty} f(x, \mu_1, \sigma_1)(x - Cap) dx + (C_{hm} + (C_{others} - C_{carry})(1 - P_{own})) \times \int_{Cap}^{+\infty} f(x, \mu_s, \sigma_s)(x - Cap) dx, \quad (2)$$

где $f(x, \mu_1, \sigma_1)$ и $f(x, \mu_s, \sigma_s)$ - плотности вероятности нормального закона распределения с параметрами μ и σ : $f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$,

$$\mu_1 = B \times ShowRate(1 - P_{vr}), \quad \sigma_1 = \sqrt{IGE \times (1 - ShowRate(1 - P_{vr})) \times \mu_1},$$

$$\mu_s = B \times ShowRate, \quad \sigma_s = \sqrt{GE \times (1 - ShowRate) \times \mu_s}.$$

Используются следующие обозначения: P_{vr} – вероятность добровольного ухода пассажира с данного рейса в случае, если количество пришедших к регистрации превышает вместимость самолета (эта величина задается по продуктам), P_{own} – вероятность того, что при нехватке мест авиакомпания будет иметь возможность предоставить «лишним» пассажирам места на своих же рейсах данного направления, $C_{illwill}$ – коэффициент потери репутации авиакомпании, связанной с отказом предоставить уже оплаченную услугу пассажиру, не желающему добровольно переместиться на другой рейс, C_{hm} – затраты на предоставление дополнительных услуг пассажиру, удаленному с рейса, C_{others} – затраты на перемещение пассажира на рейс другой авиакомпании, C_{carry} – затраты по перевозке одного пассажира данного рейса. При расчете компенсаций необходимо учитывать групповой эффект неявки (GE) и различие в реакции на просьбу переместиться на другой рейс пассажира, находящегося в составе группы, и отдельного пассажира (IGE). [10]

Каждый из указанных коэффициентов: $C_{illwill}$, C_{hm} , C_{others} , C_{carry} – отображает размер денежных расходов перевозчика, рост которых влечет возрастание общей компенсации пассажиру, отказанному в посадке на рейс.

Любой перевозчик дорожит своей репутацией, дать однозначное значение параметру $C_{illwill}$ невозможно, так как данный коэффициент, как правило, учитывается при стратегическом планировании деятельности конкретного эксплуатанта. Риск снижения репутации может обернуться недостаточной конкурентоспособностью для авиакомпании, таким образом, перевозчик сам определяет значимость коэффициента и его влияние на размер компенсаций.

C_{hm} - затраты, связанные с предоставлением услуг со стороны перевозчика пассажирам, имеющим право в случае, если рейс задержан, на бесплатный обед, гостиницу, а так же компенсации и штрафы (если рейс задержан не по форс-мажорным причинам). В США отказ пассажиру в перевозке в случае сверхлимитного бронирования на рейс является вообще единственным случаем, в котором права пассажира охраняются законом; размер компенсации зависит от длительности итоговой задержки и варьируется от стоимости самого билета до \$300 максимум. В Евросоюзе в таких случаях действуют те же правила, что и в случае отмены рейсов.

Величина данного коэффициента зависит от аэропорта отправления пассажира и соответствующих региону базирования аэродрома продовольственным ценам. Для точного расчета C_{hm} необходимо рассмотреть возможность составления комплексных баз данных, в которых будет содержаться информация по стоимостям возможных дополнительных услуг: питание, телефонные переговоры, остановка в гостинице, привязанных к географическому расположению аэродромов.

Данный коэффициент может также выражаться в денежном эквиваленте ваучера или полиса, который перевозчик обязан выплатить пассажиру в случае отказа пассажира за ожидание ближайшего рейса. [6]

Затраты на перемещение пассажира на рейс другой авиакомпанияи C_{others} зависят от маркетинговой политики авиакомпании. Перевозчик заключает код-шеринговые соглашения с операторами-партнерами по эксплуатации одной воздушной линии, в которых оговорены специальные тарифы в случае вынужденной пересадки пассажиров на рейс партнера.

Для получения большей эффективности от совместной работы, перевозчики разных континентов объединяются в группы, альянсы, рассчитывая получить экономическую выгоду от новой формы работы, что подразумевает общее управление, составление единого расписания и тарифной политики, систему бронирования и продажи перевозок, обслуживания парка ВС. [8]

Устойчивость партнерских отношений внутри альянсов говорит о перспективном развитии таких отношений не только среди перевозчиков одной отрасли, но и о партнерстве с лоукост - авиакомпаниями и железнодорожными операторами. Развитие интерлайн - соглашений с железными дорогами позволяет пассажиру по единому электронному авиабилету пользоваться услугами железнодорожных операторов.

Таким образом, значение коэффициента C_{others} зависит от выбора альтернативных условий перевозки пассажира. Он может быть выражен в денежном эквиваленте согласно тарифам, установленным по договорным соглашениям с операторами-партнерами, в противном случае может быть выражен в денежном размере тарифа, свободного для бронирования на рейсе любого иного перевозчика.

Детальный анализ влияния каждого из рассматриваемых коэффициентов на компенсационную функцию необходим для оценки эффективности проведения сверхлимитного бронирования на конкретном рейсе конкретного перевозчика.

Моделирование ожидаемого дохода от рейса с учетом виртуального бронирования и оценка эффективности предлагаемой стратегии по сравнению с продажами, исходя только из физической вместимости самолета, реализуется в созданном математическом симуляторе. Работа

симулятора анализирует оптимальность распределения мест по классам бронирования и будущую прибыль в зависимости от стратегии продажи билетов с учетом компенсаций «лишним пассажирам».

Расчеты, выполненные для модельного примера, показывают, что эффективность использования стратегии сверхлимитных продаж может достигать до 20% по сравнению с продажами, реализованными с учетом только физической вместимости воздушного судна. [7]

Таким образом, управление доходами воздушного перевозчика с учетом сверхлимитного бронирования – это, прежде всего, сильный математический метод, позволяющий произвести оптимальную дозагрузку воздушного судна пассажирами. Внедрение обозначенной стратегии не влечет за собой трудовых, технических затрат, а построено исключительно на экономико-математических и управленческих методах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Barnhart C., Belobaba P.* Applications of Operations Research in the Air Transport Industry// Transportation Sciens, Vol. 37, №4, 2003
2. *Belobaba P.* Optimal vs. heuristic methods for nested seat allocation// AGIFORS Reservation Control Study Group Meeting, 1992
3. *Klophaus R., Polt St.* Overbooking: A sacred Cow ripe for slaughter?// Airline Magazine, Issue 32, 2005
4. *Leder K., Spagniole S.* Probabilistically Optimized Airline overbooking strategies or “Anyone willing to take a later flight” // UMAP Journal 23.3, p.317-338, 2002
5. *Rothstein M.* O.R. and the airline overbooking problem// Operation Research Vol.33, p. 237-248, 1985
6. The Wall Street Journal / Bumped passengers learn cruel flying lesson. URL:<http://online.wsj.com/article/SB10001424052970203278404574416813210135226.html> , 2009
7. *Мозговая К.А., Фридман Г.М., Яблочкина М.В.* Численный анализ влияния точности прогноза пассажирского спроса на эффективность продаж авиабилетов с учетом сверхлимитного бронирования// Научно-технический Вестник СПбГУ ИТМО №6, 2011.
8. *Рожко М.* Мировые авиационные альянсы: вчера и сегодня глобального партнерства. URL: www.air-agent.ru, 2011
9. *Синицкий А.* Продавать дороже . URL: <http://www.ato.ru/content>, 2007
10. *Яблочкина М. В.* Определение оптимального уровня сверхлимитного бронирования авиабилетов с использованием компенсационной функции// В мире научных открытий №8, 2011.