

УДК 656.7.025

Өтеген Н. А.

*Магистрант Академии гражданской авиации***МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ
АВИАПЕРЕВОЗОК****ЖОЛАУШЫЛАР АВИАТАСЫМАЛДАРЫН БОЛЖАУ ӘДІСТЕРІ МЕН
МОДЕЛЬДЕРІ****METHODS AND MODELS OF PASSENGER AIR TRANSPORTATION
FORECASTING**

Аңдатпа. Коронавирусқа қатысты жағдайдың дамуы 2020 жылы оның адамдарға ғана емес, бүкіл салаларға да әсер еткендігін көрсетті. Қазақстан Республикасының көлік саласы да осыдан тыс қалмады, ең көп зардап шеккендердің бірі әуе тасымалы болды, бұл авиакомпаниялар мен әуежайлардың пайдалану көрсеткіштерінің айтарлықтай нашарлауына әкелді. Қазақстандық әуежай үшін қиын сәттен шығу үшін мүмкіндігінше дәл жолаушылар трафигін болжау - бұл әуежай басшылығы үшін де, авиакомпаниялар үшін де маңызды аспект. Мақалада жолаушыларды әуе тасымалының болжауында іске асырылатын негізгі әдістер мен модельдер талқыланады. Әр әдістің негізгі әсер етуші факторлары, артықшылықтары мен кемшіліктері ашылды.

Түйін сөздер: жолаушыларды әуе тасымалдау, болжау, параметрлік модельдер, параметрлік емес модельдер, эвристикалық болжау.

Аннотация. Развитие ситуации с коронавирусом в 2020 году показало, что он поразил не только людей, но и целые отрасли. Индустрия транспорта Республики Казахстана не стала исключением, а одними из наиболее пострадавших стали авиационные перевозки, это привело к значительному ухудшению операционных показателей авиакомпаний и аэропортов. Чтобы выйти из трудного момента, прогнозирование как можно более точного пассажиропотока для Казахстанского аэропорта является аспектом, имеющим большое значение как для руководства аэропорта, так и для авиакомпаний. В статье рассматриваются основные методы и модели, реализуемые при прогнозировании пассажирских авиаперевозок. Выявлены основные влияющие факторы, преимущества и недостатки каждого метода.

Ключевые слова: пассажирские авиаперевозки, прогноз, параметрические модели, непараметрические модели, эвристическое прогнозирование.

Abstract. Developing situations with the corona virus in 2020 showed that it won not only people, but also entire industries. The transport industry of the Republic of Kazakhstan did not stop with an exception, and one of the most affected ones stopped air transportation, which led to a significant deterioration in the operational performance of airlines and airports. Predicting as accurate passenger traffic as possible to get out of a difficult moment for both the Kazakhstan Airport is an aspect that is of great importance for both the airport management and the airlines. The article discusses the basic methods and models implemented in the forecasting of passenger air transportation. The main influencing factors, advantages and disadvantages of each method are identified.

Keywords: passenger air transportation, forecast, parametric models, nonparametric models, heuristic forecasting.

Введение. Введенные Казахстаном ограничения на выполнение авиарейсов в связи с пандемией коронавируса привели к сокращению пассажироперевозок. За девять месяцев текущего года отечественные авиакомпании перевезли 3,8 миллиона человек – это на 40% меньше, чем за аналогичный период прошлого года. А пассажирооборот в этом году составил 5,9 миллиардов пассажиро-километров, сократившись в 2,2 раза. К примеру, в сентябре услугами авиаперевозок воспользовались 608,5 тысячи пассажиров, что почти на 20% меньше, чем в первом месяце осени прошлого года. Между тем пассажирооборот в сентябре составил 941,8 миллиона пассажиро-километров – этот показатель снизился на 35,5% в сравнении с прошлым годом.

Несмотря на ограничения, вызванные пандемией, в Казахстане имеет место тенденция развития рынка воздушного транспорта. Расширяется география перевозок.

Прогнозирование как можно более точного пассажиропотока для определенного аэропорта является аспектом, имеющим большое значение, как для руководства аэропорта, так и для авиакомпаний. Руководство аэропорта должно иметь качественные прогнозы относительно будущего пассажиропотока, чтобы иметь возможность правильно принимать решения относительно будущих инвестиций в инфраструктуру аэропорта, кадровой политики и тарифной политики аэропорта. Кроме того, авиакомпании используют прогнозирование трафика для разработки своей стратегии эксплуатации новых маршрутов на определенных направлениях, адаптации своих частот полетов к эксплуатируемым направлениям и установления своей ценовой политики. Таким образом, очень важно, чтобы модель, используемая для прогнозирования пассажиропотока, давала точные результаты, поскольку они в дальнейшем используются для оптимального распределения финансовых ресурсов в различных инвестициях аэропорта.

Основная часть. Теоретическое качество моделей прогнозирования пассажиропотока является основополагающим для получения наиболее точных прогнозов. Существующие модели прогнозирования пассажирских авиаперевозок делятся на несколько категорий:

- **Параметрические модели** (эконометрические модели). Интенсивно используются модели множественной регрессии, построенные на взаимосвязи между пассажиропотоком и экономическими, социальными, демографическими переменными, а также гравитационные модели.

Во многих зарубежных исследованиях использовалась **гравитационная модель**:

$$A_{ij} = \frac{kH_i H_j}{L_{ij}^\alpha} \quad (1)$$

где A_{ij} - объем пассажиропотока на линии между точками i и j ; k - эмпирический коэффициент; H_i , H_j - население в городах i и j ; L_{ij} - расстояние между городами i и j ; α - фактор, отражающий зависимость количества поездок от расстояния;

Предпосылка гравитационных моделей состоит в том, что пассажир информирован и действует рационально с экономической точки зрения. В связи с этим факторами, влияющими на поведение пассажира при выборе конкретного аэропорта, являются: время прибытия в аэропорт, частота полетов по конкретным направлениям и стоимость авиабилета.

Гравитационные модели позволяют достичь определенного уровня точности только в конкретных условиях и за короткий промежуток времени. Хотя относительная простота получения исходных данных о населенности и расстоянии является положительной чертой таких моделей, но сложность определения поправочного коэффициента, который должен учитывать многие факторы и индивидуальные особенности соответствующих точек, не позволяет широко использовать гравитационные модели в прогнозировании. Если

перевозка между пунктами осуществляется несколькими видами транспорта, то возникает проблема распределения пассажиропотока между ними, что еще больше усложняет реализацию гравитационных моделей.

Прогнозирование на основе методов **регрессионного анализа** сводится к нахождению регрессионного уравнения (парного или множественного), в котором объем перевозок или пассажирооборот (зависимая переменная) находится в зависимости от одного или группы факторов. Регрессионная модель строится путем обработки отчетных данных о перевозках (пассажирообороте), представленных в виде временных рядов и соответствующих значений пассажирообразующих факторов (население, его денежные доходы, уровень тарифов и др.).

В общем случае объем перевозок или пассажирооборот могут быть выражены в зависимости от ряда факторов следующим образом:

$$A_n = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

(2)

где A_n -объем перевозок (или спрос на перевозки); x_1, x_2, \dots, x_n -факторы, влияющие на объем авиаперевозок

Регрессионный анализ предполагает решение следующих задач: анализ и отбор факторов, оказывающих существенное влияние на зависимую переменную; выбор формы регрессионного уравнения; нахождение эмпирических параметров уравнения; статистическая оценка и корректировка параметров модели.

Построению математической модели предшествует логический анализ и обработка статистических данных. Нехарактерные значения показателей не всегда следует исключать из временных рядов, так как они могут быть приняты как пороговые (или поворотные) точки в развитии перевозок.

После того как с помощью качественного анализа выявлены наиболее значимые факторы, необходимо выяснить, есть ли среди них линейно зависимые, то есть проверить факторы на мультиколлинеарность.

Аналогичной множественной регрессионной моделью является модель АРИМА, которые могут повысить точность прогноза, рассматривая автокорреляцию, которая может существовать внутри остатков регрессии.

- **Непараметрические модели**, а именно анализ временных рядов, устраняют недостатки параметрических методов выявления и прогнозирования всех переменных, влияющих на пассажиропоток.

Одномерные модели временных рядов используют только прошлые данные о пассажиропотоке без учета учитывая другие экзогенные переменные. Эти модели временной последовательности дают лучшие прогнозные результаты, согласно исследованию Я-Лин Хуан и Чин-Цай Лин, которые использовали Модель прогнозирования серой конвертации (МПСК) для ежемесячных, сезонных и годовых прогнозов пассажиропотока. Серая модель прогнозирования подходит для краткосрочных прогнозов, которые не имеют высокой степени неопределенности. Серая Марковская модель была применена Чжан Вэем и Чжу Цзиньфу в 2009 году для оценки пассажиропотока путем интеграции серой модели (используемой для коротких периодов с низкой неопределенностью) в марковскую цепную модель, применимую в динамических условиях. Авторегрессионная модель АРИМА подходит для краткосрочных прогнозов и когда трафик фиксирует регулярные колебания, циклическую сезонность, но генерирует значительные ошибки, когда колебания трафика нерегулярны.

Модель САРИМА представляет собой комбинацию стохастической сезонной модели и модели АРИМА и наилучшим образом может описать колебания пассажиропотока

терминала аэропорта, которые представляют собой периодические колебания. Исследование, проведенное Цю Ли с использованием САРИМА, сгенерировало прогнозы пассажиропотока, очень близкие к фактическим значениям, причем частота ошибок модели составляла от 1% до 3. Другое исследование, разработанное Вэй Гонг для прогнозирования пассажиропотока в аэропорту Гонконга с использованием моделей САРИМА и АРИМА, привело к высокой точности с очень малыми ошибками прогнозирования.

Для временных рядов, характеризующихся нелинейностью с нерегулярными флуктуациями и эволюциями, рекомендуется использовать искусственные нейронные сети, машины опорных векторов, генетическое программирование и ансамблевую эмпирическую модовую декомпозицию.

Сетевая модель LSTM (long short-term memory), модель прогнозирования нейронной сети, подходит для краткосрочного прогнозирования трафика. Нейросетевые модели прогнозирования используются также при наличии нелинейной связи между переменными моделей.

Эвристические методы прогнозирования (ЭМП) имеют большое значение для прогнозирования воздушных перевозок. Их суть заключается в обработке прогнозных оценок, полученных от высококвалифицированных специалистов в области организации и планирования воздушных перевозок. Прогнозные оценки отражают индивидуальные суждения специалистов по развитию транспорта и основаны на их опыте и интуиции.

В эвристическом прогнозировании (экспертных оценках) используются:

- методы индивидуальной оценки;
- методы коллективной оценки.

Экспертные оценки необходимы, если:

- отсутствуют отчетные (статистические) данные или они недостаточные;
- отсутствуют достаточно надежные статистические методы оценки, основанные на данных предыдущих периодов;
- в развитии процесса происходят кардинальные изменения, характеристики которых малоизвестны;
- необходимо оценивать прогнозы, полученные другими методами.

К положительным качествам метода можно отнести его универсальность: возможность использования в любых временных интервалах и для оценки развития различных объектов прогнозирования; применение при трудностях с применением других методов; использование в качестве автономный метод и в сочетании с другим.

Недостатки метода: более сложное, чем другие методы, организационное обеспечение; влияние уровня компетентности специалистов-экспертов; наличие субъективного фактора.

Положительные свойства метода экстраполяции (анализ временных рядов) в том числе: наличие статистической и иной информации об объеме перевозок требуемой детализации, развитый математический аппарат и программное обеспечение для прогнозирования операций.

Основные недостатки: перенос в будущее прошлых тенденций, которые могут быть недостаточно подтверждены, и отсутствие связи с пассажирообразующими факторами.

Преимущества методов, основанных на регрессионном анализе, заключаются в учете в прогнозных моделях пассажирообразующих факторов, достаточном методическом обеспечении (математическом), достоверности результатов с правильно подобранными факторами, возможности использования в любой момент прогнозирования.

Основным недостатком метода является трудность получения информации о численных значениях пассажирообразующих факторов и снижение достоверности результатов при формальном подходе к выбору пассажирообразующих факторов.

Заключение. Для планирования воздушных перевозок целесообразно использовать различные методы прогнозирования. Чтобы быть наиболее эффективным, предпочтение следует отдавать регрессионным моделям и методам эвристического прогнозирования, так как они учитывают влияние реальных факторов на процессы формирования пассажиропотоков. Пассажиропоток является одним из важнейших факторов, определяющих стратегические и тактические решения как руководства аэропорта, так и авиакомпании. В связи с этим точная оценка пассажиропотока позволит оптимизировать финансовое планирование аэропорта на предстоящие периоды.

Список использованной литературы

1. Пассажирские авиаперевозки в Казахстане сократились на 43% из-за пандемии – мининдустрии, Доступен на сайте: <https://inbusiness.kz/ru/last/passazhirskie-aviaperevozki-v-kazahstane-sokratilis-na-43-iz-za-pandemii-minindustrii>
2. Яценко Л.А., Шаповал Н.С., Мерзвинская А.М. Техничко-экономические изыскания и прогнозирование развития отрасли: Учебное пособие. –К.: Центр учебной литературы, 2009. -240с.
3. Прогнозирование авиационной деятельности аэропорта. Антонио Данези, Лука Мантеккини и Филиппо Паганелли, (2017). Долгосрочные и краткосрочные методы прогнозирования, Журнал инженерных и прикладных наук ARPН, ТОМ.12, № 3 ФЕВРАЛЯ 2017 Г., ISSN 1819-6608.
4. Мао-Шэн Ляо, Гин-Шу Лян, Чин-Юань Чен, (2012). Метод нечетких серых отношений для задач принятия решений с несколькими критериями, DOI 10.1007 / s11135-012-9704-5.
5. Мурат Шухадар, (2014). Построение надлежащей модели прогноза для ежедневного спроса на авиапассажиров: исследование международного аэропорта Анталии, материалы конференции “Международная конференция по гостиничному туризму и исследованиям в области путешествий” в Анталии, проходившая в Анталии с 9 по 12 декабря 2014 года.
6. Чжэн Чжао, Вэйхай Чен, Синмин Ву, Питер С.Я. Чен, Цзинмэн Лю, (2017). Сеть LSTM: подход глубокого обучения для краткосрочного прогнозирования трафика, IET Intell. Трансп. Сист., 2017, т. 11 вып. 2, стр. 68-75, © Институт инженерии и технологий, 2017 г.
7. Цзыю Ли, Цзюнь Би, Чжиинь Ли, (2017). Исследование прогнозирования пассажиропотока для терминала аэропорта на основе модели временных рядов SARIMA, 1-я Международная конференция по возобновляемым источникам энергии и развитию, Серия: Наука о Земле и окружающей среде 100 (2017) 012146 doi:10.1088/1755-1315/100/1/012146.
8. Кулаев Ю. Ф. Экономическая оценка инвестиционных проектов технического и для воздушного транспорта. Краткое руководство - К.: КМУХА, 2006 - 16 с.