

В.Н. Кузнецов

АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОНЫ ОХВАТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКА РЕГИОНАЛЬНОГО АЭРОПОРТА

Василий Николаевич Кузнецов – ассистент Института промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург.
✉ vassk@bk.ru

Аннотация. В настоящее время значительная часть аэропортов нуждается в комплексной реконструкции, в отдельных случаях необходимо строительство новых аэропортов. Возникает актуальная потребность в точном определении зоны охвата аэропорта, а также в проведении мониторинга пассажиропотока через него. Это важно для определения необходимых ресурсов, выделяемых на реконструкцию и строительство аэропортов, а также оптимального их использования. В данной статье предлагаются специальные алгоритмы для решения данных задач.

Ключевые слова: воздушный транспорт; региональный аэропорт; региональная авиация; экономическое развитие; пассажирские перевозки; прогнозирование; нейронные сети.

V.N. Kuznetsov

REGIONAL AIRPORT COVERAGE AREA DEFINITION AND PASSENGER FLOW FORECASTING ALGORITHMS

Vasiliy Kuznetsov – Assistant, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg. ✉ vassk@bk.ru

Annotation. A significant part of the airport currently needs comprehensive reconstruction and in some cases it is necessary to construct new ones. There is thus an urgent need with regard to precise definition of the airport coverage area as well as to monitoring related passenger traffic. It is important for determining required resources to be allocated for both reconstruction and construction of the airports and for the optimal use thereof. The article presents special algorithms for solving these tasks.

Keywords: air transport; regional airport; regional aviation; economic development; forecasting; neural networks.

Согласно утвержденному Комплексному плану модернизации и расширения магистральной инфраструктуры¹ до конца 2024 года планируется реконструировать

почти 40 аэропортов. В их число входят Большое Савино, Вилкойск, Воронеж, Домодедово, Елизово, Зея, Киров, Орел, Певек, Сеймчан, Томск, Усть-Камчатск,

¹ Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года: утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2018 г. № 2101-р.

URL: <http://static.government.ru/media/files/MUNhgWFddP3Uff9RJASDW9VxP8zwcB4Y.pdf> (дата обращения 11.07.2024).

Усть-Нера, Чара, Черский, Шереметьево, Якутск. Кроме того, планируется построить новый международный аэропорт в Карачаево-Черкессии (Архыз) и увеличить благодаря этому поток туристов в регионе к 2030-му году в два раза.

Для привлечения инвесторов необходимо обосновать востребованность нового или реконструируемого аэропорта, а это в свою очередь требует разработки уточненных алгоритмов определения зоны охвата аэропорта и прогностического анализа пассажиропотока. На сегодняшний момент прогнозы пассажиропотока нового аэропорта в районе горнолыжного курорта Архыз являются весьма приблизительными и колеблются от одного до четырех миллионов пассажиров в год. Учитывая, что в России нуждаются в ремонте 116 из 228 действующих аэропортов, встает задача точного определения зоны охвата и пассажи-

ропотока аэропорта для принятия решения о выделении ресурсов на его строительство, ремонт или реконструкцию.

Предлагаемые алгоритмы определения зоны охвата аэропорта и пассажиропотока через него показаны на рис. 1 и 2. Зона охвата зависит от очень многих факторов [4]. В первом приближении можно считать, что потенциальные пассажиры проживают в радиусе 600 километров от аэропорта (если в данном направлении нет других аэропортов подобного класса) или до условной границы, проходящей посередине между соседними аэропортами аналогичной категории. В зону охвата могут попасть аэродромы местных авиалиний, с которых выполняются или могут выполняться рейсы в областной центр региона, чтобы пассажиры могли выполнять пересадку на магистральные рейсы.



Рис. 1. Алгоритм определения зоны охвата аэропорта

Источник: сост. автором.

Аэродромы местных авиалиний не способны принимать и обслуживать магистральные самолеты как из-за состояния взлетно-посадочных полос (которые часто являются грунтовыми), так и из-за малой пропускной способности аэровокзальных комплексов. То есть аэродромы местных авиалиний, находящиеся в зоне охвата конкретного регионального аэропорта, являются элементом его транспортной инфраструктуры. Это означает, что возможна организация «всерной» схемы движения, при которой перевозка осуществляется из крупного узлового аэропорта отправления в несколько местных аэропортов.

На следующем этапе алгоритма необходимо провести учет вертикальных экономических связей районов и областей исследуемого региона с его центром, а также горизонтальных связей округов и районов с соседними регионами, имеющими крупные (международные) аэропорты. Затем происходит определение уровня развития наземной транспортной структуры региона, которая включает в себя железнодорожное сообщение, водный транспорт, наличие и состояние автомобильных дорог, то есть факторы, характеризующие возможность пассажира прибыть в тот или иной аэропорт за разумное время.

Если транспортное сообщение с одним из нескольких аэропортов, находящихся в близости от исследуемого аэропорта, развито хуже или отсутствует, следует расширить первично определенную зону охвата, включив в нее районы, связанные транспортным сообщением с исследуемым аэропортом и не связанных с остальными. Если наземный транспорт развит слишком хорошо, эту зону следует уменьшить (возможна «утечка», то есть отток пассажиров). Кроме наземного транспорта, необходимо учесть географию полетов аэродромов местных авиалиний на предмет выполнения регулярных рейсов в аэропорты, участвующие в проводимом анализе. Обычно из аэродромов местных воздушных линий (МВЛ) выполняются регулярные рейсы в центральный аэропорт региона. Если, помимо регулярных рейсов в районный аэропорт, выполняются рейсы и

в соседние аэропорты, то это может повлиять на размер зоны охвата.

После этого происходит уточнение численности, социально-демографического состава и доли трудоспособного населения, а также определяется уровень дохода, платежеспособности и потенциального спроса на авиаперевозки со стороны населения населенных пунктов, входящих в зону охвата аэропорта. Результатом реализации алгоритма является более точное определение зоны охвата с учетом вышеперечисленных факторов. При получении дополнительной информации или изменении факторов, учитываемых при определении зоны охвата, необходимо провести повторный анализ. На основе четкого описания зоны охвата аэропорта становятся возможным определение маршрутов перелетов, а также расчет необходимого количества и видов воздушных транспортных средств.

После определения зоны охвата можно перейти к определению пассажиропотока через аэропорт. Для решения этой задачи предлагается алгоритм, показанный на рис. 2. На первом этапе данного алгоритма необходимо проанализировать макроэкономические показатели региона (например, валовый региональный продукт, уровень доходов населения, темпы роста инвестиций и т.д.) и его социально-экономические связи с соседними регионами. Это позволит определить необходимый размер субсидий и их источники [3]. На втором этапе алгоритма важно проанализировать информацию о планируемом развитии региона (строительство новых производств, развитие культуры и туризма и пр.) и соседних с ним.

На третьем этапе алгоритма необходимо собрать и проанализировать данные о перевозках наземным транспортом в зоне охвата аэропорта, сделав упор на количество перевозимых пассажиров. Наземный транспорт может играть как положительную роль (доставка пассажиров из удаленных населенных пунктов в аэропорт), так и отрицательную для развития авиаперевозок роль – в случае значительной разницы в цене пассажиры смогут отправиться в

другие регионы страны наземным транспортом. В любом случае объемы наземных перевозок необходимо учитывать. Вид транспорта и его доля в общем объеме прогнозируются с учетом следующих факторов:

- состояние транспортной инфраструктуры региона;
- доступность конкретного вида транспорта в исследуемом регионе;
- принадлежность групп пассажиров к гражданам России, ближнего зарубежья и дальнего зарубежья.

Туристы из ближнего зарубежья вероятнее всего воспользуются железнодорожным и автомобильным транспортом, тогда как граждане стран дальнего зарубежья выберут авиационный. Впрочем, здесь необходимо учитывать и политическую

ситуацию. Так, например, до закрытия российско-финской границы Санкт-Петербург в определенном смысле входил в зону охвата аэропорта Вантаа (г. Хельсинки). Пассажиры добирались туда на автобусах LuxExpress и Ecolines. Количество пассажиров можно было достаточно точно определить, умножив количество ежедневных автобусных рейсов (4) на количество мест в автобусе (50) и на долю пассажиров, следующих в аэропорт (примерно 80%).

На четвертом этапе алгоритма нужно определить количество пассажиров различных категорий (бизнес / туризм / частные поездки), которые будут пользоваться услугами аэропорта. На следующем этапе определяются целевые группы авиаперевозок (например, бизнес / туризм / посещение родственников и друзей).

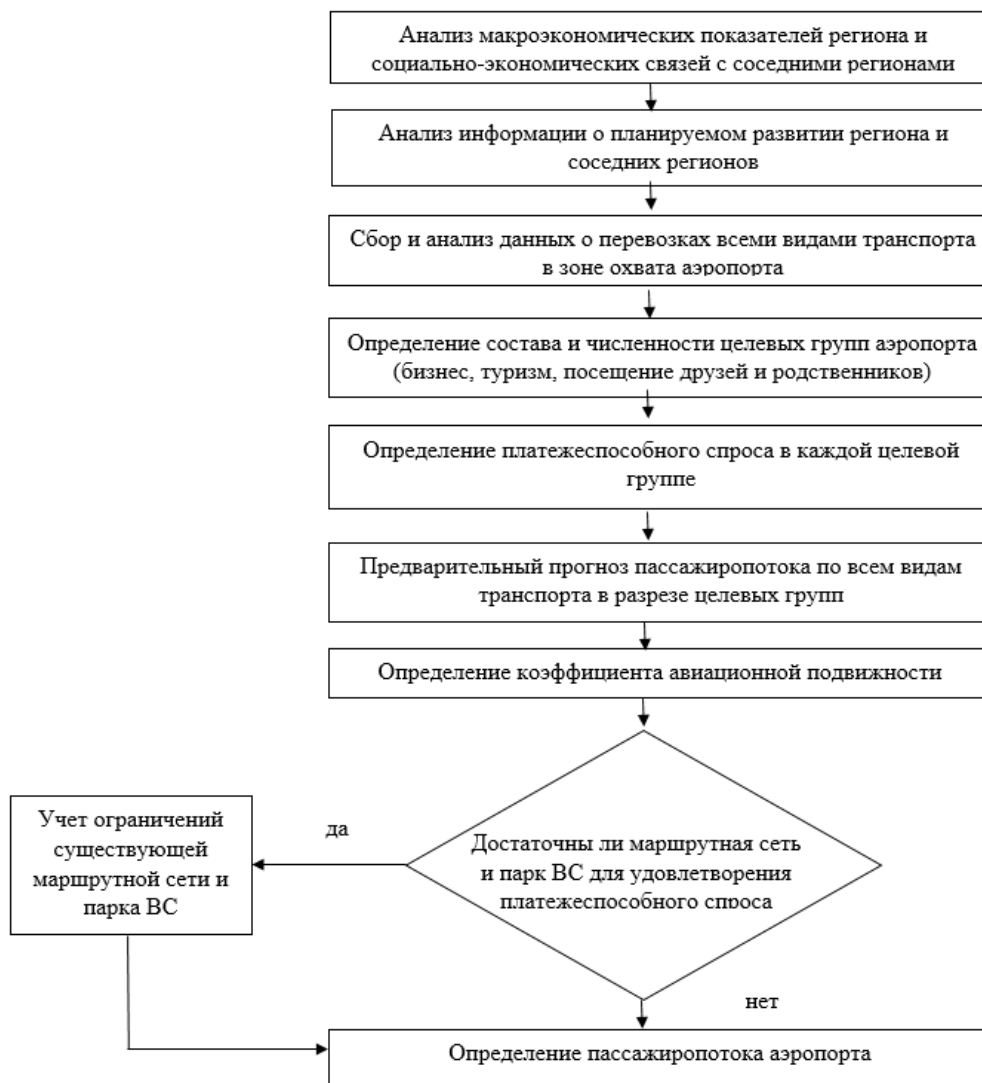


Рис. 2. Алгоритм определения пассажиропотока через аэропорт

Источник: сост. автором.

При определении целевых групп необходимо учитывать туристическую активность в регионе. Данный показатель является вспомогательным и характеризует количество нерезидентов региона, которые воспользуются услугами транспортной инфраструктуры региона в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном периоде. Для деловых людей важна регулярность и своевременность выполнения рейсов, а также время прилета и вылета. На пятом этапе алгоритма определяется платежеспособный спрос в каждой из выделенных целевых групп.

После анализа социально-экономической ситуации зоны охвата аэропорта, формируется ряд данных в табличной или графической форме (по оси X откладывается временной период прогноза, по оси Y – количественные показатели, тыс. чел.). Необходимо построить как пессимистичный, так и оптимистичный прогноз. Кривая нормального сценария прогноза пройдет между этими значениями. При прогнозировании спроса на пассажирские авиаперевозки не осуществляется прогнозирование экономических показателей, тем не менее при составлении прогноза делается поправка на экономические колебания. Если известны планы по строительству новых заводов или освоению новых месторождений в регионе (или соседних), необходимо включить в план вахтовые перевозки.

Далее определяется коэффициент авиационной подвижности населения, то есть количество полетов на одного жителя в год. Он является важным показателем при прогнозировании спроса на пассажирские авиаперевозки. На текущий момент в среднем по России он составляет примерно 0,75. Для составления более долгосрочного прогноза вычисляется ежегодный прирост объемов пассажирских авиаперевозок, определяемый на основании этого коэффициента.

После составления прогноза определяется необходимый парк воздушных судов, как новых, подлежащих приобретению, так и учет существующих, подлежащих модернизации. Доступное количество мо-

жет значительно отличаться от запланированного (ограниченные возможности заводов, проблемы привлечения инвестиций и т.д.). Прогноз пассажиропотока уточняется после определения наличного состава воздушного флота и существующих ограничений маршрутной сети. На основе составленного прогноза при необходимости и возможности могут разрабатываться меры по увеличению пассажиропотока.

Следует отметить, что зону охвата целесообразно определять не только для аэропорта в целом, но и для отдельных рейсов и направлений и с учетом политической обстановки. При повышении дальности перелета, а также снижения цены авиабилета зона охвата расширяется. Пассажир соотносит время в пути до аэропорта и общее время в пути до пункта назначения. В качестве примера можно привести аэропорт Вантаа (Хельсинки), о котором речь шла выше: до полного закрытия границ гражданам России был разрешен въезд по туристической визе, если у них был билет на вылет из этого аэропорта за пределы зоны шенгенского соглашения.

Другим примером можно назвать турецкий город Чорлу, который находится в паре часов езды от Стамбула и через который проходят маршруты автобусов, следующих в Болгарию. Разумеется, этот город находится в зоне охвата нового аэропорта Стамбула, если только речь не идет о рейсах в Тель-Авив. Авиасообщение между Турцией и Израилем было прервано в октябре 2023 г. после начала военных действий в секторе Газа, так что ближайшим аэропортом, из которого можно улететь в Израиль, является болгарский Бургас, то есть организатор авиарейса Бургас – Тель-Авив может включить в зону охвата западную Турцию.

Последний пример имеет еще одну интересную особенность. Многие рейсовые автобусы из Стамбула следуют через Бургас дальше до г. Варна (расстояние 110 км), который также имеет международный аэропорт, откуда выполняются регулярные рейсы в Тель-Авив. В подобном случае имеет смысл учесть дополнительное

время, которое человек потратит на то, чтобы добраться до более отдаленного аэропорта, и оценить целесообразность включения такого человека в число потенциальных клиентов аэропорта и перевозчика.

Уравнение для расчета дополнительного времени выглядит достаточно очевидно, и в рассматриваемом примере составит примерно 2,5 часа: $t_{\text{доп}} = t_d - t_6$; где t_6 – время, за которое можно добраться от населенного пункта до ближайшего аэропорта, t_d – до более отдаленного. Если это время не слишком велико, у отдаленного аэропорта есть шансы побороться за клиента путем снижения аэропортовых сборов или разработки программ лояльности для частолетающих пассажиров (бонусные карты, право пользования бизнес-залом, priority pass), подобных, тем что используют авиаперевозчики.

При этом интересы аэропортов (точнее, их управляющих компаний) могут вступать в некоторое противоречие с интересами регионов. Например, оба вышеупомянутых аэропорта Варны и Бургаса входят в холдинг Fraport AG. Находящиеся на не очень большом расстоянии друг от друга аэропорты Томска и Новосибирска входят в холдинг Новпорт. Оптимальное с точки зрения холдингов распределение рейсов и пассажиропотоков может не совпадать с интересами регионов и областей, в которых эти аэропорты находятся.

Еще один фактор, влияющий на зону охвата, – это общий уровень аэропортовых сборов. Очевидно, чем он выше, тем выше будет цена билетов, меньше география полетов и зона охвата. И здесь интересы региона и его аэропорта (точнее, его управляющей компании) могут разойтись. Аэропорты, находящиеся на небольшом расстоянии друг от друга, могут установить завышенные сборы, которые приведут к прекращению полетов в регион. Если бы аэропорты были независимыми, можно было бы проверить их на сговор; в случае же когда они входят в один холдинг, это сделать труднее.

Как средство борьбы с завышением цен на услуги, можно зафиксировать некий

минимальный набор услуг (по аналогии с потребительской корзиной или набором социальных услуг) и передать контроль за ценой на него властям региона. В этот набор должны входить такие услуги как подача трапа, автобус для доставки пассажиров, заправка водой, уборка салона, буксировка, наземное электропитание. Наглядная визуализация стоимости такого набора на карте региона и страны позволит легко выявить аэропорт с завышенными тарифами. Если конкретному воздушному судну та или иная услуга не нужна, перевозчик за нее не платит (например, самолету местных линий не нужны трап и вода); цены за услуги сверх набора назначаются аэропортом (например, приоритетное обслуживание).

Алгоритм определения пассажиропотока, показанный на рис. 2, лучше подойдет для строительства нового аэропорта, подобного планируемому у курорта Архыз. Если же речь идет о реконструкции действующего аэропорта, для которого собран большой массив исторических данных, можно использовать методы прогнозирования на основе современных технологий. Перспективность использования различных цифровых технологий для решения логистических задач подчеркивается многими экспертами [1; 5]. Для решения задачи прогнозирования спроса перспективно применение нейросетей, основанное на алгоритме Левенберга-Маквардта, который ранее предлагался для определения потребностей перевозчиков в воздушных судах [2]. Так, можно использовать большинство предложенных там параметров: валовой региональный продукт (ВРП), медианная зарплата в регионе, численность населения, уровень безработицы, индекс промышленного производства, доля трудоспособного населения, доля вахтовых перевозок, время года и уровень субсидирования.

Следует также учесть и дополнительные факторы: маршрутная сеть (чем она шире, тем больше пассажиров используют аэропорт); затраты на маркетинг и рекламу как аэропорта, так и региона в целом (активные рекламные кампании могут при-

влечь пассажиров из более широкой географической зоны); качество обслуживания, безопасность, комфорт и уровень сервиса. Например, в упоминавшемся аэропорту Вантаа установлено более совершенное (по сравнению с Пулково) досмотровое оборудование, позволяющее пассажирам проносить жидкости на борт и не вынимать электронику из ручной клади. Это ускоряет процесс досмотра, избавляет пассажиров от неудобств и является дополнительным фактором привлечения пассажиров (и их утечки из Пулково).

При прогнозировании с использованием нейросетей основной проблемой является сбор входных параметров в достаточном объеме. Последний параметр – качество обслуживания, безопасность, комфорт и уровень сервиса – трудно объективно описать в числовом выражении. Но если решить эту задачу (например, с использованием экспертных оценок), можно получить достаточно точный прогноз пассажиропотока и использовать его для принятия решения о реконструкции, расширении или модернизации аэропорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Барыкин С.Е., Егерев Ю.Б., Корчагина Е.В., Калинина О.В., Федорова Е.С.* Крупнейшие международные цифровые логистические платформы: сравнительный анализ // Омский научный вестник. Серия Общество. История. Современность. 2022. Т. 7. № 1. С. 97–103. <https://doi.org/10.25206/2542-0488-2022-7-1-97-103>.
2. *Кузнецов В.Н.* Прогнозирование объема региональных авиаперевозок и необходимого количества воздушных судов // Журнал правовых и экономических исследований. 2024. № 2. С. 204–208. <https://doi.org/10.26163/GIEF.2024.72.71.029>.
3. *Матюха С.В.* Развитие модели рынка региональных авиаперевозок: регуляторное воздействие государства // Креативная экономика. 2023. Т. 17. № 1. С. 257–276. <https://doi.org/10.18334/ce.17.1.117016>.
4. *Рослякова Н.А., Релецкая К.Н.* Внутренние авиационные перевозки: Исследование динамики и прогнозы развития региональной авиации // Друкеровский вестник. 2019. № 3 (30). С. 211–219. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41105678> (дата обращения 10.07.2024).
5. *Teodorescu M., Korchagina E.* Applying blockchain in the modern supply chain management: Its implication on open innovation // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2021. Vol. 7. № 1. <https://doi.org/10.3390/JOITMC7010080>.