

**В.Н. Кузнецов**

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМА РЕГИОНАЛЬНЫХ АВИАПЕРЕВОЗОК И НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

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

***Аннотация.** В настоящее время нагрузка на производственные мощности авиа-предприятий значительно возросла. Это объясняется в первую очередь невозможностью удовлетворения потребностей авиаперевозчиков в воздушных судах с помощью лизинга или закупки зарубежной авиатехники. Возникает потребность в точном прогнозировании необходимого количества авиатехники для планирования деятельности производства, что обуславливает актуальность исследования. Данная потребность определяется многими факторами, влияние которых не всегда очевидно, что требует новых методов прогнозирования на основе нейронных сетей.*

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

**V.N. Kuznetsov**

## **FORECASTING VOLUME OF AIR TRANSPORT SERVICE AND NECESSARY AMOUNT OF AIRCRAFT**

**Vasily Kuznetsov** – assistant, the Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg; e-mail: vassk@bk.ru.

***Annotation.** Currently, the airline facilities are being increasingly loaded due to the failure to meet the needs of air carriers in aircraft via leasing or purchasing from foreign manufacturers. The need to accurately forecast the necessary amount of aircraft to plan the business activity determines the relevance of the research. The need in question is affected by numerous factors. Some of them are not clearly manifested, which calls for new forecasting methods based on neural networks.*

***Keywords:** air transport; regional aviation; economic development; passenger transportation; forecasting; neural networks.*

30 марта 2024 г. совершил первый полёт полностью новый Ил-114-300 (заводской номер 01-10) производства Луховицкого авиазавода им. П.А. Воронина. Этот самолет должен прийти на смену давно устаревшим отечественным Ан-24 и импортным Dash 8-Q400, ATR-72, CRJ-100/200. Также продолжается разработка региональных самолетов меньшей вме-

стимости – ТВРС-44 «Ладога», ЛМС-901 «Байкал» и др. По мнению экспертов, для удовлетворения потребности в авиаперевозках необходимо выпускать не менее 50 самолетов в год и ежегодно увеличивать это число на 4–5%. При этом основные производственные и конструкторские мощности заняты созданием, восстановлением и импортозамещением маги-

стральных самолетов МС-21, Ту-214, Ил-96. На разработку и выпуск отечественных региональных самолетов выделяется недостаточно ресурсов. Также необходимо учитывать, что под эмбарго находятся и другие, дружественные России страны: Иран, Венесуэла, Куба, Боливия, Никарагуа, КНДР и, конечно же, Беларусь. Они удовлетворяют потребности в авиатехнике с помощью различных «серых» схем и тоже являются потенциальными клиентами российского авиапрома. Хотя в настоящее время выпускаемые в России воздушные суда не предназначены для реализации на внешних рынках и являются неторгуемым товаром [5], т.к. предназначены для внутреннего рынка. В условиях ожидающегося дефицита на этом рынке первую очередь будут удовлетворяться потребности авиаперевозчиков и регионов, которые смогут аргументированно обосновать свои потребности и точно их спрогнозировать.

В 2023 г. авиаотрасль России впервые за несколько лет показала прибыль<sup>1</sup>. Складывается благоприятная ситуация для дальнейшего развития отрасли главным образом на фоне восстановления рынка авиаперевозок. Наиболее активно развивается внутренний спрос в основном за счет перераспределения турпотока с международных направлений на внутренние. Загрузка самолетов достигла рекордных значений, в том числе благодаря механизму субсидирования на развитие межрегионального сообщения, на полеты на Дальний Восток<sup>2</sup>. При сохранении этих тенденций и без появления новых самолетов на рынке существует риск роста цен.

На авиационную мобильность населения влияет достаточно много факторов, и не всегда это влияние является прямым и очевидным. Тем не менее, имея достаточное количество исходных данных за дли-

тельный промежуток времени, можно проследить определенные закономерности и построить на их основе точный прогноз.

Для начала в модель можно включить следующие факторы:

**1. Валовой региональный продукт (ВРП)** – обобщающий показатель экономической деятельности региона, характеризующий процесс производства товаров и услуг для конечного использования и влияющий на устойчивость и конкурентоспособность предприятий и организаций региона [2; 3]. Рост авиаперевозок и ВРП неразрывно связаны. Если бы расчет проводился для страны в целом, следовало бы учесть паритет покупательской способности (ВВП по ППС – Россия по этому показателю занимает пятое место в мире). Покупательскую способность населения регионов также следует учесть, потому что разница средних зарплат превышает 4 раза<sup>3</sup>. На основе теории ППС базируется индекс Биг-Мака (впервые введен в журнале «The Economist» в 1986 г, рассчитывается для стран в целом) и более популярный в России индекс Оливье (впервые опубликован в газете «Труд» в 2009 г). Преимущество последнего заключается в том, что он рассчитывается для федеральных округов и отдельных областей и дает возможность оценить относительную покупательскую способность в регионах<sup>4</sup>. Снижение ППС в стране или регионе вполне может способствовать снижению международного туризма и росту внутреннего, обслуживаемого региональными перевозками.

**2. Медианная зарплата.** Упомянутый выше индекс Оливье публикуется один раз в год, что для нашей задачи неприемлемо. Поэтому для расчетов предпочтительнее использовать медианную зарплату.

**3. Население.** Зависимость между количеством жителей региона и количеством перевезенных пассажиров не является пропорциональной, а, скорее, корре-

<sup>1</sup> Деньги не с неба упали // Газета «Коммерсантъ». 2024. 9 апреля. № 62.

<sup>2</sup> Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил предоставления в 2023 году субсидий из на авиаперевозки». URL: <http://government.ru/docs/all/144739/> (дата обращения: 10.04.2024).

<sup>3</sup> Росстат показал размеры зарплатного неравенства // Газета «Коммерсантъ». 2024. 8 апреля. № 61/П. С. 2.

<sup>4</sup> Индекс Оливье. URL: <https://www.csr.ru/ru/indexes/indeks-olive/> (дата обращения: 10.04.2024).

ляционной, четкую математическую зависимость построить невозможно и применение нейронных сетей здесь вполне целесообразно.

**4. Уровень безработицы.** Очевидно, региональным авиатранспортом в первую очередь пользуется работающее население, и снижение этого уровня благотворно влияет на рост перевозок.

**5. Индекс промышленного производства,** показывающий динамику объёма производства, его подъёма или спада. Более высокий уровень производства способствует увеличению роста спроса на деловые поездки (служебные командировки) и грузоперевозки.

**6. Количество (доля) трудоспособного населения.** Сюда входят как занятые (в том числе самозанятые), так и т.н. временно неработающие. По статистике, в России это наиболее путешествующая часть населения. Люди пенсионного возраста в регионах пользуются авиатранспортом достаточно редко.

**7. Доля вахтовых перевозок.** Многие региональные рейсы выполняются в интересах крупных компаний, самолеты фрахтуются ими целиком. Необходимая численность сотрудников, в том числе работающих вахтовым методом, входит в план развития производства, а значит можно спрогнозировать и необходимый объем перевозок.

**8. Переменные расходы авиаперевозчиков.** Сюда входят аэропортовые и аэронавигационные сборы, оплата топлива, зарплата экипажей, поддержание летной годности. Затраты на топливо составляют 30–40% общих затрат авиакомпаний и находятся легче всего, так что в расчетах можно ориентироваться на них.

**9. Время года.** Авиаперевозки во многом имеют сезонный характер, поэтому прогноз имеет смысл делать на кон-

кретный месяц, а для этого данные целесообразно собирать по месяцам.

**10. Субсидирование перевозок.** Многие региональные маршруты не могут существовать без субсидий. Субсидии предоставляются в зависимости от объема перевезенных пассажиров. В 2024 г. субсидирование региональных перевозок осуществляется согласно Постановлению Правительства РФ № 1242<sup>5</sup>. Каждый год уровень субсидирования меняется, и для аргументированного запроса субсидий на следующий период необходимо его обосновать точным прогнозом объема перевозок.

Вышеупомянутые факторы сводятся в таблицу и загружаются в пакет MATLAB. Таблица содержит фрагмент данных, использовавшихся для проверки методики. Эти данные сгенерированы «синтетическим» путем, но примерно соответствуют параметрам Сибирского федерального округа по данным Росстата<sup>6</sup>. При этом 10 столбцов (матрица) представляют собой исходные данные и могут быть присвоены переменной под названием, например, XTrain. Последний столбец (вектор) загружается в переменную под названием YTrain. Затем запускается инструмент Neural Network Fitting (команда «nftool») и выполняется обучение сети.

После окончания создания сети можно посмотреть различные параметры для оценки её качества и спрогнозировать объем перевозок на следующий период

<sup>5</sup> Перечень субсидируемых в 2024 году маршрутов в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 25.12.2013 г. № 1242. URL: <https://favt.gov.ru/deyatelnost-vozdushnye-perevozki-subsidirovanie-regiony/> (дата обращения: 10.04.2024).

<sup>6</sup> Социально-экономическое положение Сибирского федерального округа в I квартале 2023 года. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/sibirfo\\_1k-2023.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/sibirfo_1k-2023.pdf) (дата обращения: 13.04.2024).

**Исходные данные для прогнозирования количества пассажиров (фрагмент)**

ВРП млрд руб.	Медианная зарплата, руб.	Трудоспособное население, млн чел.	Население, млн чел.	Индекс промпрома	Цена топлива, руб./тонна	Уровень безработицы, %	% вахтовых перевозок	Объем субсидирования, млн руб	Период	Кол-во перевезенных пассажиров, сотен тысяч
11287	59045	6,97	16,60	7,40	64472	18,90	5,48	84,90	Дек. 2019	7,60
11093	58910	7,03	16,56	4,26	63448	19,40	5,50	84,67	Ноя. 2019	7,46
11007	58723	7,09	16,57	10,89	64131	18,90	5,53	84,50	Окт. 2019	7,24
10914	58450	7,11	16,55	4,31	61402	18,72	5,52	84,50	Сен. 2019	7,18

(команда Prediction = sim (net, XTest). Синтаксис команд может изменяться в зависимости от используемой версии пакета MATLAB.

О качестве полученной модели и точности прогноза можно сделать вывод на основе значения средней абсолютной ошибки (далее – MAPE). В наших условиях модель можно считать качественной, если MAPE не превышает 5%. Для увеличения точности можно увеличить количество учитываемых факторов, количество временных периодов или попробовать разные алгоритмы (Левенберга-Маквардта

[6] или Байесовскую регуляризацию [1], которая больше подходит для задач большой размерности).

Примеры успешного применения нейронных сетей для прогнозирования существуют [4] и показывают возможность их использования на имеющейся вычислительной технике. Основной проблемой является сбор входных параметров в достаточном объеме. Но если удастся их собрать, то полученный прогноз будет точнее, чем при использовании традиционных методик на основе исторических данных (например, [7]).

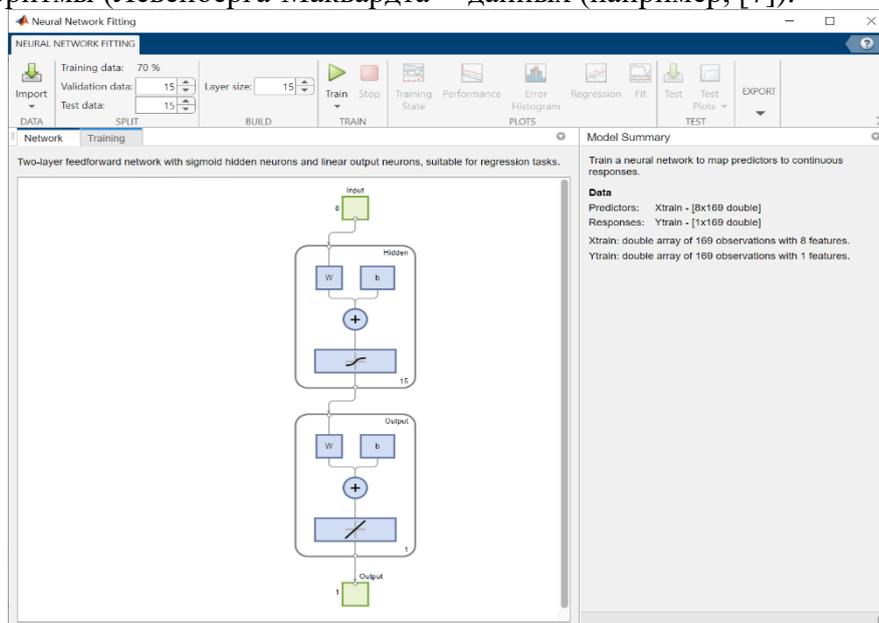


Рис. 1. Neuralfittingtool – окно задания параметров нейросети пакета MATLAB  
 Источник: разработано автором.

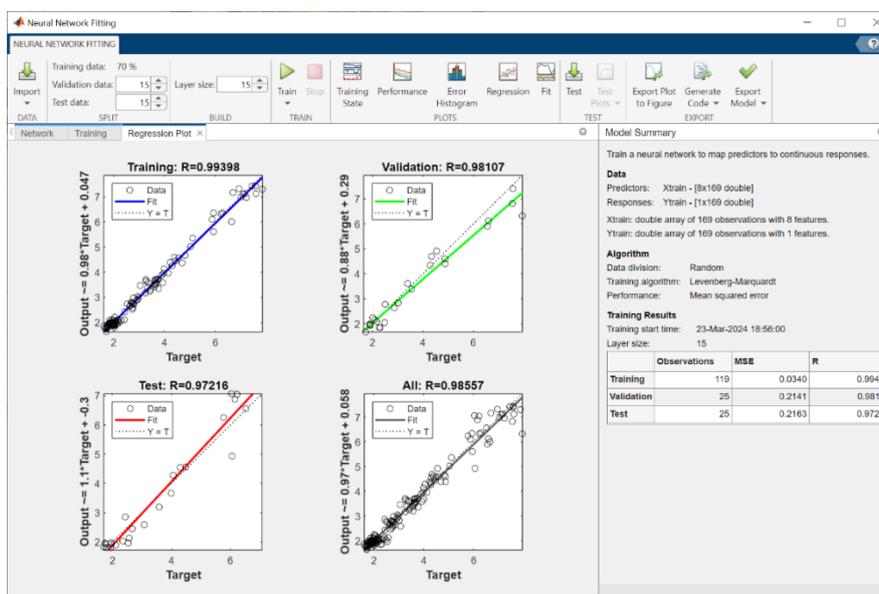


Рис. 2. Окно с результатами построения сети (коэффициент корреляции)  
 Источник: разработано автором.

Учета указанных в таблице факторов может быть достаточно для прогнозирования потребностей в авиаперевозках внутри региона (или федерального округа) на расстояние до 800 км. Ожидается, что большая часть таких перевозок будет выполняться на самолетах ТВРС-44 «Ладога», идущих на смену иностранным L-410 и ДНС-6 Twin Otter, а также самолетах малой вместимости типа «Байкал». Что касается упоминавшегося Ил-114-300, который уже летает, то он имеет большую вместимость и будет в основном использоваться для полетов между регионами, для прогнозирования объемов которых, очевидно, следует учесть дополнительные данные и факторы. В любом случае, количество типов используемых воздушных судов будет снижаться по сравнению с «досанкционным» периодом во всех сегментах [8], что облегчит задачу прогнозирования потребности в них. Предложенную модель можно использовать для прогнозирования перевозок на каждом типе воздушного судна в каждом регионе и федеральном округе, то есть для аргументированного определения потребности региональных перевозчиков в авиатехнике.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Бирюков А.Н.* Байесовский подход к регуляризации нейросетевых моделей кластеризации экономических объектов (на примере модели поддержки принятия решений по налоговому регулированию) // Вестник УрФУ. Серия экономика и

управление. 2011. № 6. С. 109–125.

2. *Корчагина Е.В.* Анализ и оценка экономической устойчивости в структурах предпринимательства: дис. ... канд. экон. наук. СПб., 2000. 200 с.

3. *Корчагина Е.В.* Социально-экономическая устойчивость и конкурентоспособность организаций (Россия, Санкт-Петербург) // Проблемы современной экономики. 2006. № 1-2(17-18). С. 149–151.

4. *Кулбараков М.А.* К задаче прогнозирования энергопотребления с помощью нейронных сетей // Молодой ученый. 2014. № 11 (70). С. 22–25.

5. *Матюха С.В.* Развитие модели рынка региональных авиаперевозок: регуляторное воздействие государства // Креативная экономика. 2023. Т. 17. № 1. С. 257–276. DOI 10.18334/ce.17.1.117016.

6. *Пархоменко С.С., Леденёва Т.М.* Обучение нейронных сетей методом Левенберга-Марквардта в условиях большого количества данных // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2014. № 2. С. 98–106.

7. *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: 10.04.2024).

8. *Соболев Л.Б.* Региональная авиация России // Экономический анализ: теория и практика. 2018. Т. 17. № 1. С. 99–115.