ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ СЕТИ АВИАПЕРЕВОЗОК

Аллан Нымmик

Тартуский Авиационный Колледж
Крейцвальди 58А, Тарту, 51014, Эстония
Тел/Факс: + (372) 7 422 277, е-почта: anymmik@tac.ee

Ключевые слова: География воздушного транспорта, гравитационная модель

Из практики известно, что география, это наука, изучающая три различные сферы явлений - природу, население и формы экономической деятельности, их расположение на земной поверхности и взаимосвязь между ними. Такая многогранность создает сложности, с одной стороны, при точном определении географии, как науки, и с другой стороны, при выделении из общего контекста отдельных отраслевых направлении исследований [3].

В отличие от логистики, географическая наука к началу прошлого века имела сугубо академический характер. На таком фоне появление понятия “география транспорта” было обусловлено тем, что географы на рубеже конца XIX века обратили внимание на роль транспорта, как инструмента географических изменений [1]. Наличие транспортной сети и расходы на транспортировку (передвижение) являлись основой большинства теорий размещения [2] (принцып относительного приемущества Рикардо, теория центра мест Кристайлера и др). В то время географию транспорта называли географией циркуляций (*geography of circulation*), которая изучала не только обьекты на земной поверхности, но и движение товаров и населения [13].

Начиная с 50-тых годов прошлого века географию транспорта рассматривают в качестве независимой научной дисциплины. Ее определяют как науку о роли транспорта в географии, которая включает в себе структуру транспортных систем, использование этих систем для передвижения товаров и населения, а также связи между транспортом и другими объектами географии.

Модели в географии

Разрабатывая модель, мы создаем отображение реальной действительности, чтобы продемонстрировать определенные ее свойства. Особый расцвет моделирования в географии, как и применения географических моделей в планировании и составлении прогнозов произошел в середине прошлого века. Большинство первых моделей в географии было создано еще в Германии начала прошлого века, но наиболее широкое применение они нашли в СССР, чему способствовали известные особенности командной системы экономики [4].

Среди разнообразных моделей особое место в географии приобрела т.н. модель гравитационного взаимодействия, позаимствованная из физики:

$$M_i = k \frac{m_i m_j}{d_{ij}^2} \tag{1}$$

где m — людность населенного пункта, под которой подразумевается способность населенных пунктов i и j служить источником миграции, а d — расстояние между этими населенными пунктами, k — эмпирический коэффициент.

Понятие “гравитация” подразумевает некую силу притяжения. Между тем, в аналогии физического и демографического взаимодействий имеется несколько существенных логических неточностей. Так в приложениях модели применительно к отдельному виду транспорта возникают следующие несоответствия [5]:

1. Сущность демографического взаимодействия состоит в том, что вычисляется объем поездок между населенными местами (точнее их населением). В этой связи сложным вопросом является определение пассажира. В случае же, если пассажиром является турист, предполагается наличие не населения как такового, а мощность инфраструктуры обслуживания туристов. С этой точки зрения альтернативным параметром количеству населения явилось бы количество мест в отелях.
2. Города как места расселения редко имеют четкие границы. Расширяющиеся зоны пригородов иной раз “сращивали” города в единую урбанизированную зону, что усложняло определение расположения центров притяжения, и измерение расстояния между ними.
3. Показатель степени расстояния в гравитационной модели в случае физического взаимодействия $n = 2$, что обусловлено трехмерностью пространства, в котором происходит взаимодействие. При моделировании географических явлений, где пространство двухмерно, показатель степени расстояния по формальной логике должно было бы быть $n = 1$. На практике же, показатель n обычно варьируется в пределах от 1 до 2 и даже более.

Центрированная (*hub and spoke*) сеть перевозок на воздушном транспорте предполагает более высокое место в иерархической сети авиаперевозок для аэропорта — узла перевозок (*hub*). Наглядным примером тому может служить пассажиропоток между аэропортами Таллин–Юлемисте и Хельсинки–Ванта (табл. 1) [16]. Объяснение закономерностей, присущих этому потоку, с точки зрения демографического взаимодействия утопично. С одной стороны, временные издержки пассажира воздушного транспорта между городами Таллин–Хельсинки равны соответствующему показателю морского транспорта (без учета частоты движения транспортных средств). С другой стороны, экономические затраты пассажира воздушного транспорта в сравнении оказываются в 2–3 раза выше соответствующего показателя морского транспорта. Отсюда следует, что высокий показатель авиаперевозок на этой линии обусловлен высоким транзитным потенциалом аэропорта Хельсинки. Отметим, что пассажиропоток на вышеупомянутой авиалинии убывает, по мере развития других конкурирующих с Хельсинки направлений авиаперевозок, предусматривающих пересадки в аэропортах назначения.

Таблица 1. **Пассажиропоток на линии Таллин–Хельсинки**

Год	Пассажиропоток в год на линии Таллин–Хельсинки	Доля пассажиропотока на линии Таллин–Хельсинки в суммарном пассажиропотоке через Таллинский аэропорт
1997	164 072	35.3%
1998	190 964	36.2%
1999	162 520	31.5%
2000	155 547	29.7%

В результате здесь демографический потенциал как сила, определяющая направление и интенсивность движения пассажиров, не нашел существенного подтверждения. Да и сам демократический фактор влияния, без прямого учета расстояния, не подтвердил свою высокую значимость. При анализе системы авиалиний Венесуэлы, например, был использован факторный анализ с четырьмя различными демографическими факторами влияния, что дало возможность объяснить в совокупности всего 38 % вариаций [6].

География и воздушный транспорт

Формализация — как отражение содержания модели и интерпретация — как перенос результатов моделирования на объект исследования имеют решающее значение для успеха моделирования. Метод прогнозирования перевозок на основе его зависимости от людности городов и обратной пропорциональностью расстоянию между ними встречается в настоящее время как часть учебных программ для менеджеров предприятий авиационного транспорта [7].

В последние три десятилетия все больше географических работ, в особенности географической школы США, посвящены исследованиям сети авиаперевозок. Причиной тому либерализация рынка внутренних и международных перевозок и обусловленные этим новыми тенденциями в развитии этой отрасли [8]. Объектом исследования при этом является пространственный рисунок расположения аэропортов, взаимосвязь между тенденциями их развития и изменениями в рыночной политике авиакомпаний [14]. Основное отличие нового направления исследований состоит в том, что воздушный транспорт все чаще становится независимым объектом исследований, оторванным от общего фона экономической деятельности.

Развитие модели гравитационного взаимодействия для анализа сети авиаперевозок

Как уже указывалось ранее, применение демографического потенциала городов не является наилучшей формой формализации модели гравитационного взаимодействия для анализа сети авиаперевозок. С точки зрения нового направления исследований воздушного транспорта за потенциал целесообразно принять параметр, который характеризовал бы не количество населения, связанного с аэропортом центра, а привлекательность аэропортов назначения для потенциального пассажира. Мерой такой привлекательности в этом случае может служить общий пассажиропоток авиапорта назначения Q:

$$F = k \cdot \frac{Q^{\alpha}}{d^{\gamma}} \tag{2}$$

Нами был проведен анализ пассажиропотока через аэропорт Таллин–Юлемлисте за 1998-1999 годы [15]. Использованы расстояния между аэропортами (d), существующие пассажиропотоки между аэропортом Таллина и аэропортами назначения (F), а также параметр, характеризующий потенциал аэропортов назначения под которым подразумевается притягательность аэропорта. В качестве последнего используется объем пассажиропотока — количество пассажиров регулярных линий (Q), обслуженного в аэропорту назначения за месяц (см. формулу 2). Были использованы данные следующих аэропортов, с которыми аэропорт Таллин соединяет регулярное воздушное движение: Хельсинки (HEL, 100 км), Рига (RIX, 272 км), Стокгольм (ARN, 300 км), Вильнюс (VNO, 533 км), Гамбург (HAM, 1116 км), Вена (VIE, 1367 км), Франкфурт (FRA, 1469 км), Лондон (LGW, 1807 км), Копенгаген (CPH, 839 км), Киев (KBP, 1064 км) и Москва (SVO, 839 км) [9–12]. Для уменьшения влияния сезонных колебаний и кратковременных факторов, таких как рекламные компании, забастовки авиационного персонала и др, в анализе использован средний параметр — количество обслуженных пассажиров в месяц — рассчитанный на основе двухгодичного периода исследований.

При помощи метода Монте–Карло, были вычислены наилучшие величины параметров, при которых теоретически рассчитанные пассажиропотоки имеют минимальное стандартное

отклонение от реальных пассажиропотоков. Наилучшей комбинацией параметров оказалась: $k = 34$, $\gamma = 0.88$ ja $\alpha = 0.44$, при которой величина относительного стандартного разброса оказалась равной 0.044. Контрольный расчет модели с помощью регрессионного анализа дал сходные результаты при показателе корреляции в 65% вариаций.

Имея в виду вышеприведенную критику применения модели в двухмерном пространстве, а также обстоятельство, что при учете каждого нового аэропорта назначения возможна коррекция величин найденных выше параметров, мы округлили величины показателей степени Q и d в формуле (2): $\gamma = 1.0$ ja $\alpha = 0.5$ и вычисляли с помощью метода Монте–Карло только величину коэффициента k. Полученный результат дан формулой (3).

$$F = 18.7 \cdot \frac{\sqrt{Q}}{d} \tag{3}$$

В этом случае стандартный разброс был равен 0.047, что на 5% больше, чем при использовании точной наилучшей комбинации.

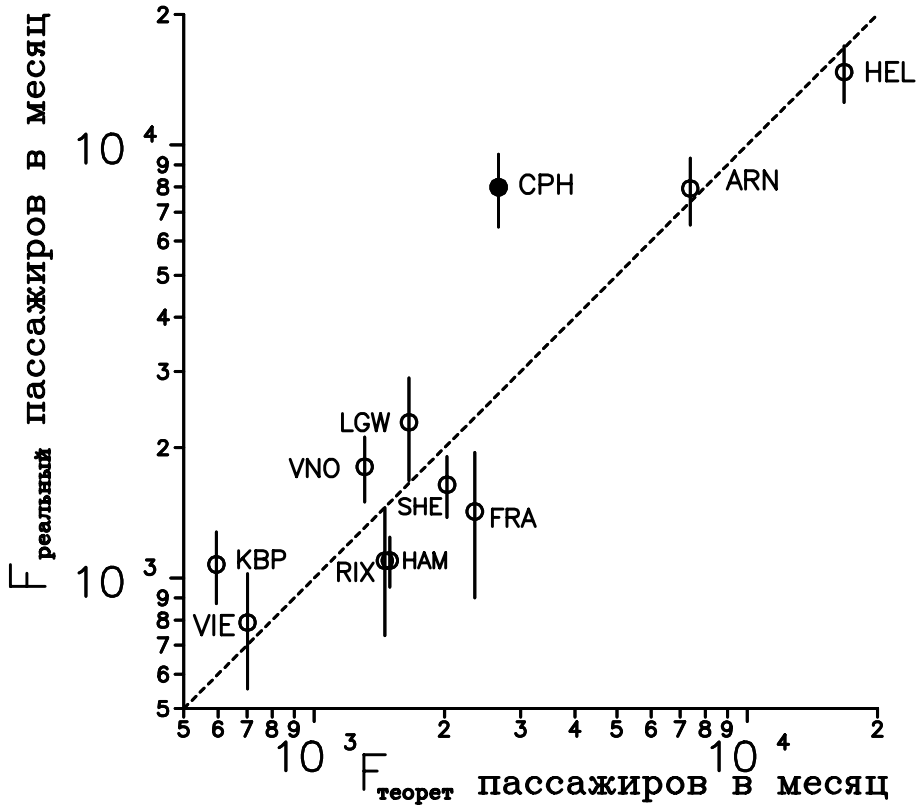

Рис. 1. *Теоретические и реальные пассажиропотоки*

В результате мы приходим к выводу, что величина пассажиропотока, направленного из аэропорта Таллин, пропорциональна корню квадратному от общего пассажиропотока аэропорта назначения и обратно пропорциональна расстоянию до него.

Таблица 2. **Реальный и теоритический пассажиропотоки через аэропорт Таллин–Юлемлисте на основе данных за 1998 и 1999 годы**

Аэропорт назначения	Реальный пассажиропоток	Теоретический пассажиропоток
Хельсинки (HEL)	.147E+05	.144E+05
Рига (RIX)	.110E+04	.154E+04
Стокгольм (ARN)	.796E+04	.728E+04
Вильнюс (VIE)	.790E+03	.790E+03
Гамбург (HAM)	.120E+04	.174E+04
Вена (VNO)	.181E+04	.158E+04
Франкфурт (FRA)	.157E+04	.293E+04
Лондон (LGW)	.229E+04	.203E+04
Москва (SVO)	.164E+04	.230E+04
Киев (KBP)	.108E+04	.719E+03
Копенгаген (CPH)	.799E+04	.300E+04

Отклонения реальных пассажиропотоков от теоретических (табл. 2, рис. 1) в каждом случае может явиться предметом отдельного исследования, призванного выявить скрытые причины расхождений, в том числе и не до конца использованные потенциальные возможности авиалиний. Сразу отметим, что реальный пассажиропоток в Копенгаген, более двух раз превышающий теоретический, можно объяснит более высоким иерархическим положением этого аэропорта (*gateway*) по сравнению с другими аэропортами в се*т*и авиаперевозок Скандинавии и Балтии.

Заключение

Широко известная в географии “гравитационная” модель пространственного взаимодействия на основе демографического потенциала является эмпирической моделью, опирающейся на весьма обобщенную формализацию системы пространственных отношений. Это предопределило неудачи при её применении как при прогнозе миграции или экономических связей, так и при анализе перевозок на воздушном транспорте.

Для улучшения связи между формальной и содержательной сторонами вышеуказанной модели целесообразно использовать в роли потенциала параметр, характеризующий деятельность конкретного сектора взаимодействия. При анализе или прогнозе перевозок на воздушном транспорте, целесообразно использовать в роли потенциала в гравитационной модели параметр, характеризующий работу существующих или планируемых аэропортов назначения — общее количество обслуживаемых там пассажиров.

Литература

1. Джонстон Р. Дж. География и географы: Пер. с англ. / Под ред. Э. Б. Алаева. — Москва: Прогресс, 1987.
2. Чорли Дж. Р., Хаггет П. Модели в географии: сокр. пер. с англ. / В. Я. Барласа. — Москва: Прогресс, 1971.
3. Мересте У. И., Нымmик С. Я. Современная география: вопросы теории. — Москва: Мысль, 1984

4. Праги У. Общие основы формализации интерпретации моделей в географии / Сборник очерков: Теоретическая и математическая география — Таллин: Валгус, 1978. — С. 123–148.
5. Праги У. Вопросы формализации и интерпретации некоторых моделей в географии / Сборник очерков: Теоретическая и математическая география. — Таллин: Валгус, 1978. — С. 99–121.
6. Хаггет П. Пространственный анализ в экономической географии: Пер. с англ. / Ю. Г. Липец, С. Н. Тагер. — Москва: Прогресс, 1968.
7. Anker R., Airport Forecasting, Airport Management Course 28April — 02Mai 1997, College of Aeronautics, Crandfield University.
8. Goetz A. R., Sutton C. J.,The Geography of Deregulation in the U:S: Airline Industry, Annals of the Association of American Geographers, 87 (2), 1997, pp 238-263.
9. ICAO, Airport Traffic — 1998, Digest No. 473
10. ICAO, Airport Traffic — 1999, Digest No. 484.
11. ICAO, Traffic by flight stage — 1998, Digest No. 474.
12. ICAO, Traffic by flight stage — 1999, Digest No. 485.
13. Jonhston R.J. 1994, Dictionary of Human Geography, 3-ed, Blachwell Publishers Ltd.
14. Graham B, 1995, Geography and Air Transport, 1995, Wiley.
15. Tallinn Airport, Traffic report 1997–2000.