



МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖАГЛОМЕРАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК

Анджей Журковски

Научно-технический центр железнодорожного транспорта, Варшава
ПОЛША

Резюме: В докладе представлены основные элементы, составляющие транспортную модель, копирующую перевозки между агломерациями. Это оказывается наиболее удобно рассматривать в отношении транспортного коридора.

Ключевые слова: транспортная модель, транспортны коридор, транспортная сеть.

1. ВВЕДЕНИЕ

Транспорт является частью нашей действительности. Трудно представить себе функционирование современного государства, области или города без перемещения людей и перевозки грузов. Развитие современных техник сообщения людей, таких как клеточная телефония или электронная почта значительно облегчило не только обмен информацией, а также текущее сотрудничество, независимо от расстояния заинтересованных лиц. Парадоксально эти новые технические возможности не вызвали однако уменьшения числа поездок, совершаемых например по профессиональным причинам.

Статистики перевозок, ведущиеся в отдельных странах, а также Евростатом для целого Европейского Союза показывают, что число перевозок растёт пропорционально в рост отечественного продукта брутто. Итак, такая зависимость обозначает постоянный рост перевозочных потребностей, как отечественных, так и международных.

Общественные ожидания относительно средств транспорта, особенно публичного, касаются по мере возможности его широкой доступности, безотказности, безопасности (личной и коммуникационной), срочности и быстроты перевозки, а всё это в возможно

комфортельных условиях и за доступную цену. Как будто вопреки усилиям профессиональных перевозчиков, в этом главным образом железной дороги, эти ожидания в значительной мере исполняет сегодня индивидуальная моторизация. Итак, перед публичным транспортом, которого достоинства очевидны, возникает вопрос, каким образом следует формировать перевозочное предложение, чтобы вызвать у клиентов заинтересованность в использовании его услуг.

Вышеуказанный вопрос наиболее удобно рассмотреть на основе моделирования перевозок, в котором используются инструменты, применяемые как в области операционных исследований, так и в особенности эконометрические инструменты [2]. Такое моделирование является инструментом, а собственно целым классом инструментов, общеприменяемых уже много лет во многих странах, помогающим в процессах планирования транспорта. Это касается также европейских условий, что в последние годы нашло своё выражение в виде проекта MOTOS [6].

В докладе представлены основные элементы, составляющие транспортную модель, копирующую перевозки между

агломерациями, что, как оказывается, наиболее удобно рассматривать в отношении транспортного коридора. Это условное понятие обозначает собрание всех возможных трасс перемещения потоков разными средствами транспорта (напр. железная дорога, самолёт, автобус, индивидуальная моторизация) между двумя рассматриваемыми местами на транспортной сети. Тем самым это типичная ситуация для современных, развитых транспортных систем.

2. СИСТЕМАТИКА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

В принятой в Польше классификации транспортных систем по критерию предмета транспорта выделены два рода систем: пассажирская и грузовая [3]. Их дальнейшее разделение на подсистемы немного разное по отношению к разным видам транспорта: железнодорожного, автобусного и авиационного.

Железнодорожный транспорт

По разработанной в гг. 1970 - 1985 и постоянно актуальной т. наз. системной организации пассажирских перевозок выделены четыре подсистемы:

- межагломерационные (т. наз. *Квалифицированные*),
- межрегиональные,
- агломерационные,
- региональные.

Основным критерием вышеуказанной классификации является т. наз. (географическая) доступность поездов, т. е. определение величины и родов центров поселенческой сети, обслуживаемых отдельными категориями поездов. Доступность межагломерационных соединений ограничивается к агломерациям и самым большим городам, зато поезда межрегиональные останавливаются тоже в меньших центрах. Агломерационные и региональные соединения обслуживают все станции и остановки, итак доступность поездов полна.

В основном существуют два исключения (касающиеся правила доступности) в пределах вышеуказанной квалификации. Межагломерационные поезда обслуживают также сезонные перевозки во многие

курортные местности в горах или на взморье, которые с точки зрения статистики насчитывают релятивно немного постоянных жителей. Итак, в агломерационных перевозках применяется иногда т. наз. зональное обслуживание, обозначающее, что часть поездов не останавливается на избранных станциях и остановках, благодаря чему сокращается время проезда поездов и ускоряется проезд в центр города из далее расположенных местностей.

Функции, реализованные в пределах отдельных подсистем, взаимно дополняются, что благодаря сообщениям и пересадкам на узловых станциях делает осуществимыми проезды между всеми станциями и остановками на железнодорожной сети и в международных сообщениях.

Полагается обратить внимание, что с точки зрения вышеуказанной классификации не имеет значения в каком сообщении движется поезд, отечественном или международном. Оба типа соединений могут появиться в каждой из подсистем, даже в агломерационных перевозках. Так же отнесение поезда к данной подсистеме не имеет отношения к длине сообщения.

С каждой из упомянутых подсистем связаны определённые продукты, то есть типы услуг, предлагаемые потребителям услуг (пассажирам). Полагается подчеркнуть, что насколько сама структура системной организации перевозок остаётся неизменной с многих лет, то типы, названия и характер отдельных предложений подвергаются изменениям. Это происходит особенно в настоящее время, то есть время либерализации на рынке транспортных услуг и конкурирования разных перевозчиков.

Описанная структура предложения, предъявляемого железной дорогой (сторона предложения), вытекает из типичной для пассажирских перевозок зависимости между величиной центра поселенческой системы а генерированными потоками (сторона спроса). Моделирование перевозок (транспорта) доставляет инструменты, разрешающие объяснить эти связи, а также прогнозировать величины перевозок в будущем, определить модальное деление и т. п.

Автобусный транспорт

Сегментация пассажирского рынка, применяемая в отношении автобусных

перевозок, в основном идентична как на железнодорожном транспорте. Подтверждение найти можно в структуре ведущейся ЦСУ транспортной статистики, в которой выделены тоже четыре рода перевозок:

- дальнего следования,
- региональные,
- городские,
- пригородные.

Принимая, что вышеуказанное разделение возникло тоже на основе критерия доступности, в дальнейшей части доклада главным образом будут рассматриваться перевозки дальнего следования и региональные, которые делают возможной непосредственную поездку между агломерациями в рассматриваемом транспортном коридоре.

Авиационный транспорт

В авиационных перевозках в основном выделены два рода поездок, связанных с расстоянием перелёта. Поездки ниже 1000 км названы по-английски *short-haul*, а свыше – *long-haul travel*. До сих пор их эквиваленты не вошли в польскую транспортную терминологию. Критерий расстояния теоретически немного другого характера чем критерий доступности, но на практике перелёты расстоянием свыше 1000 км осуществляются между самыми большими городами, так как только они составляют соответствующие потоки пассажиров. Разделяя затем аэропорты на „центральные”, т.е. локализованные в окрестностях агломераций, и региональные, связанные с меньшими центрами, можно принять, что вышеуказанное разделение отвечает перевозкам на большие расстояния (свыше 1000 км) и региональным перевозкам, ниже этого предела.

Подытоживая представленную систематику в отношении перевозок между агломерациями следует констатировать, что в пределах рассматриваемого избранного транспортного коридора возможна разработка транспортной модели, связанной с:

- функционирующими в ней средствами транспорта и связанными с ними вопросами, такими как анализ прежних величин перевозок и прогнозирование перспективных, объяснение модального деления и т. п.;
- проектированными, новыми транспортными соединениями и изменениями на транспортном рынке, вызванными их

введением: скачкообразным (обычно) ростом величины перевозок, изменениями в модальном делении и т. п.

Хотя пассажирские железнодорожные и автобусные перевозки выделены в четыре подсистемы, то методы их моделирования разделить можно на два типа: моделирование перевозок в пределах агломерации и между агломерациями. Несмотря на многие сходства, также в сфере применяемых инструментов – математических моделей, подход к обоим вопросам немного разный, что вытекает из другого характера поселенческой системы. В случае агломераций пространства отношения становятся (обычно определённые произвольно, хотя опираясь на рациональные предпосылки) зоны в городах. В моделировании перевозок между городами условно принимается, что потоки перемещаются между их центрами.

Как раньше намечено, особый случай моделирования перевозок между самыми большими агломерациями становятся вопросы, связанные с т. наз. транспортными коридорами.

3. ТРАНСПОРТНАЯ МОДЕЛЬ И ДРУГИЕ ПОНЯТИЯ

Многолетний исследовательский опыт, связанный с конструированием, проверкой правильности и с применением транспортных моделей, привёл в 60-ые годы XX века к сформулированию основной структуры т. наз. классической транспортной модели [1] [2], охватывающей четыре основных этапа:

- **генерирование потоков**, определяющее частоту путешествия на основании демографических и социальноэкономических данных,
- **распределение потоков**, соединяющее (составляющее) начала (источники) и концы (устья) этих **потоков**, напр. в виде матрицы,
- **распределение перевозных заданий** по видам (или средствам) транспорта, заключающееся в моделировании выбора средства транспорта, а затем ведущее к возникновению матрицы источник-устье для каждого из средств транспорта,
- **назначение к дорогам перевозок** с целью установления трасс перемещения отдельных частей потока, распределённых прежде по определённым средствам транспорта.

Итак, при таком подходе полная транспортная модель является секвенцией четырёх суб-моделей (называемых тоже модулями), отсюда она названа тоже секвенционной моделью. В настоящее время считается, что эта модель составляет основной канон процесса моделирования перевозок, а одновременно удобный контрапункт для обработки ряда альтернативных методов, заключающихся например в постройке общих моделей для нескольких шагов процесса (т. наз. синтетические модели). Секвенционная модель главным образом применяется при перевозках в пределах агломераций, но она может быть также использована в перевозках между городами (агломерациями).

Во втором случае, что становится основной предмет доклад, определить можно два следующих, основных вопроса моделирования, относящихся к транспортной сети, рассматриваемой как целое или приведённой к виду множества транспортных коридоров:

- (1) определение перспективной величины перевозок, описанной пассажирскими потоками, какие будут перемещаться с использованием существующей, модернизированной или полностью новой транспортной инфраструктуры (прогноз перевозочной работы),
- (2) исследование влияния параметров перевозочного предложения отдельных средств транспорта на распределение потока в этом коридоре (распределение перевозочных заданий).

Вышеуказанные вопросы будут подробно рассматриваться в следующей главе.

Бывает, что приведённое здесь понятие „пассажирских потоков” понимается по-разному, поэтому требует оно нескольких замечаний. В отношении железнодорожных

перевозок. Основная, минимальная информация о потоках пассажиров должна содержать определение:

- рассматриваемого объекта, связанного с потоком (станция, поезд, железнодорожная линия или её участок, перевозочное сообщение или т. п.),
- направления „протекания” потока; в транспортной терминологии применяется понятие „в одном направлении” или „в обоих направлениях”,
- периода (времени) протекания потока, которым может быть минута (напр. минута пик), час, сутки, неделя, месяц, а даже год.

Подытоживая вышесказанное, принять можно следующую дефиницию. **Пассажирский поток** это число пассажиров, перемещающихся в данный период между двумя рассматриваемыми местами (началом — источником и концом — устьем) в одном или (вместе) в обоих направлениях поездки.

Понимание потоков расширяется, конечно, на все средства транспорта.

Очередное понятие, требующее комментария это **преференции пассажиров**. Пассажиры, совершая выбор трассы проезда или средства транспорта, принимают во внимание несколько предпосылок, которые определяются как преференции. Этот термин в общем языке обозначает „привилегии, предпочтение чего-то чему-то”. К самым важным из них принадлежат длина трассы, время проезда, издержки перемещения, безопасность, комфортабельность, и т.п. Подробный анализ преференций вместе с их списком, установленным с учетом польских условий представлен и применён в работе [6]. Сокращённое описание расширенного списка потенциальных преференций представлено в нижеследующей таблице.

П. н.	Название предпочтения (фактора выбора)	Значение (описание)
1.	цена	издержки поездки пассажира
2.	время проезда	время поездки пассажира
3.	непосредственность	возможность совершения поездки без пересадки
4.	географическая доступность	расстояние до самого близкого терминала (вокзал, остановка, аэропорт)
5.	временная доступность	соответствие часов курсирования с ожиданиями пассажиров
6.	коммуникационная безопасность	правдоподобие счастливого осуществления поездки
7.	личная безопасность	оценка угроз преступного типа
8.	комфорт	удобство путешествия
9.	плановость	соответствие поездки с расписанием движения или с предвидением (машина)
10.	ненадёжность	правдоподобие останова транспортного средства
11.	эластичность	возможность модифицирования трассы поездки

Последним понятием, требующим определения, является **модальное деление** (структура по видам транспорта). По дефиниции [2] такое деление обозначает пропорцию (участие) в полном числе поездок (перевозок), приходящую на отдельные средства транспорта (дорожные, железнодорожные, авиационные, водные, морские), выраженную величиной перевозок (млн пассажиров) или перевозочной работы (млн пассажирокилометров, тонокилометров, поездоккилометров). Итак, модальное деление (структура по видам транспорта) может быть в сокращении определено как участие в рынке разных средств транспорта или распределение работ по средствам транспорта.

С модальным делением связан ряд теоретических вопросов, касающихся в особенности выбора пассажиром средства транспорта (например в транспортном коридоре), что будет предметом дальнейших рассуждений.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖАГЛОМЕРАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК

Рассудим затем избранный транспортный коридор, в котором функционирует (или будет функционировать в заданной перспективе времени) определённое собрание средств транспорта. Рассуждаемая транспортная модель должна дать возможность в частности проанализирования определённых прежде двух вопросов.

Вопрос (1) - прогноз перевозочной работы

Самым простым и самым очевидным способом прогнозирования величины потоков является

т. наз. показательный прогноз, заключающийся в использовании линейной модели в виде [2]:

$$x_d = \delta \cdot x_c \quad (1)$$

где x_d и x_c это соответственно будущие и настоящие перевозки в транспортном коридоре (буквы c и d обозначают соответственно период, являющийся пунктом отношения, и перспективный период). Одновременно δ это коэффициент роста, который зависит от величины населения p , его доходов b и других параметров, напр. коэффициента моторизации m :

$$\delta = \frac{f(p_d, b_d, m_d)}{f(p_c, b_c, m_c)} \quad (2)$$

Полный обзор методов прогнозирования перевозок на основании моделей временных рядов, эконометрических моделей и эвристических методов содержит работа [7].

В случае прогнозов, связанных например со строительством совсем новой железнодорожной линии (напр. линии скоростного движения), т. е. когда $x_c = 0$ подход должен быть совсем другой. Самые популярные модели, служащие для определения величины потоков между двумя городами – применяемые современно во многих случаях – это гравитационные модели,

связанные с правом всеобщего тяготения Ньютона. Интуитивная аналогия этого права при применении к (отражённому потоками пассажиров) „взаимному тяготению” между городами (поселенческими системами) ведёт к построению модели, в которой величина таких потоков прямо пропорциональна населению этих городов, а обратно пропорциональна расстоянию между ними.

Опыт по развитию гравитационной модели с конца XX века показал, что более точные результаты моделирования (по отношению к действительным величинам) получаются, характеризуя рассматриваемые агломерации не только числом их жителей, но включая также уровень доходов населения. Подобно тому расстояние, выраженное непосредственно (напр. в километрах), заменено обобщёнными издержками. Таким образом получается уравнение:

$$x_{ij} = \frac{K * (P_i + P_j)^\alpha * (R_i + R_j)^\beta}{G_{ij}^\gamma} \quad (3)$$

где:

x_{ij} – величина потока между городами i и j ,
 P_i и P_j – населения этих городов,
 R_i и R_j – доходы,
 G_{ij} – обобщённые издержки проезда между i и j ,
 K – постоянная,
 α, β, γ – коэффициенты эластичности, связанные соответственно с величиной населения ($\alpha \approx 1$), доходами и обобщёнными издержками.

$$G_{ij} = t_p + \left[\frac{18 - t_p}{f - 1} \right] \cdot \alpha_1 + \left[\frac{f}{l_p} \right]^\beta \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \quad (5)$$

$$G_{ij} = t_p + \left[\frac{18 - t_p}{f - 1} \right] \cdot \gamma_1 + t_d \cdot \gamma_2 + t_o \cdot \gamma_3$$

где:

t_p – время проезда поездом,
 t_d – среднее время для проезда до вокзала,
 t_o – среднее время для проезда с вокзала до цели поездки,
 f – число соединений в сутки в рассматриваемом сообщении,
 l_p – число пересадок в случае, когда нет непосредственных соединений,
 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta, \gamma_1, \gamma_2$ и γ_3 – соответственные коэффициенты в моделях.

Стоит здесь отметить, что величины, данные в выражении, записанном в числителе гравитационной модели, такие как величина

Стоимость обобщённых издержек G_{ij} определяется формулой:

$$G = \sum_{i=1}^M c_i + \left(\sum_{j=1}^N \beta_j \cdot t_j \right) \cdot h_r \quad (4)$$

где:

c_{ij} – компоненты издержек поездки (цена билета, издержки топлива, оплаты за автостраду),
 M – число компонентов издержек поездки, $i = 1, 2, \dots, M$,
 β_j – коэффициенты,
 t_{ij} – компонент времени поездки,
 N – число компонентов времени поездки, $i = 1, 2, \dots, N$,
 h_r – единичные издержки времени пассажира g .

Примером современного применения гравитационной модели может быть модель, использованная SNCF (Французскими железными дорогами) в проекте *Intercités à Grande Vitesse*, которого целью было исследование результатов возможного введения нового предложения в пассажирских перевозках в районе Средиземного моря. Две модели прогнозирования перевозок, которые базировали на гравитационной модели вида (3), названы поочерёдно PIANO (5) и INTERCITÉS (6). Применяли их соответственно для прогнозирования величины перевозок на более длинные и короткие расстояния, а отличались они записью обобщённых издержек:

городов или их доходы вызывают рост перевозок. И так, в ньютоновском понимании свидетельствуют они о „тяготении” этих городов, зато рост величины обобщённых издержек из знаменателя вызывает их „отталкивание”, а тем самым уменьшает перевозки.

Располагая прогнозированной величиной потоков, можно перейти к очередному вопросу.

Вопрос (2) – распределение перевозочных заданий

По одинаковому мнению многих авторов [1] [2] выбор средства транспорта является

вероятно одной из самых важных, классических проблем в области планировки транспорта. Связано это с ключевой ролью, какую в транспортной политике играет публичный транспорт. Превосходство этого транспорта – в общественно-экономических категориях – над индивидуальной моторизацией очевидно, как для перемещений в области агломерации, так и между ними.

Существует ряд методов, служащих моделированию распределения перевозочных заданий. Могут они пользоваться инструментами операционных исследований или например эконометрическими моделями, опирающимися на основное положение, что поведения отдельных людей стремятся к максимизации полезности средств портебности и услуг, что составляет фундаментальный тезис неоклассической микроэкономической теории потребительских выборов [1].

Итак, совершая выбор трассы проезда или средства транспорта пассажиры руководствуются несколькими факторами, прежде определённым понятием „преференции”. Список потенциальных преференций может быть очень длинный. На практике пассажиры принимают решение о выборе средства транспорта, руководствуясь ценой и продолжительностью проезда, комфортабельностью, коммуникационной и личной безопасностью, пунктуальностью и мини-мизацией числа возможных пересадок [6]. Разработка списка преференций для конкретных условий должна ссылаться на актуальные маркетинговые исследования.

В обобщении участие q -данного средства транспорта в перевозках, реализованных в исследуемом транспортном коридоре, имеет вид модели:

$$U_q = \frac{e^{-\gamma \cdot G_q}}{\sum_{i=1}^Q e^{-\gamma \cdot G_i}} \quad (7)$$

где:

U_q – участие в перевозках q – данного средства транспорта,

Q – число средств транспорта, функционирующих в исследуемом коридоре: $I = 1, \dots, K$,

G_i – обобщённые издержки,

γ – параметр, установленный на основании наблюдений.

Продолжая пример, приведённый из опыта SNCF [4], модель распределения потоков по родам поездов (TGV, TER, Corail, ICGV), применённая в рассматриваемом случае была записана в виде:

$$x_i = \frac{Y_i}{\sum_j Y_j} \quad (8)$$

где:

x_i – участие потока, реализованного поездами рода i ,

Y_i, Y_j – полезность, отнесённая поездам типа i и j .

Полезность каждого рода поезда описана рядом физических и тарифных переменных, характеризующих данное предложение. Итак, необходимо было повторное использование функции обобщённых издержек, аналогично как в случае прогнозирования величины перевозок. Вид этой функции дифференцирован как для отдельных сообщений, так и в общем – для проездов на длинные (модель PIANO) или более короткие расстояния (модель INTERCITÉS).

В упрощении полезность Y_i поезда типа i записана в виде:

$$Y_i = \frac{F(i)}{(G_i)^\eta} \quad (9)$$

где:

Y_i – полезность, отнесённая поезду типа i ,

$F(i)$ – функция, копирующая размещение поездов рода i на графике движения,

G_i – обобщённые издержки поезда рода i ,

η – параметр модели.

Применение описанных моделей дало SNCF возможность в частности оценить предусматриваемые доходы от введения нового перевозочного предложения.

Особый случай моделирования выбора средства транспорта в транспортном коридоре представляет собой т. наз. модель *цена – время*. Обычно предназначена она для моделирования распределения перевозочных заданий между железные дороги скоростного движения а авиационный транспорт и находит многочисленное применение на практике [1].

Модель эта опирается на гипотезу [1] [2], что при выборе средства транспорта потребители услуг принимают во внимание только два основных фактора (преференции), содержащиеся в его названии, и что

совершают выбор среди двух альтернативных средств транспорта. Эта модель не предназначена непосредственно для решения оптимизационного вопроса, но для предвидения влияния изменений объясняющих переменных т. е. цены и времени на участие в рынке средств транспорта.

Оптимизационное задание, использующее эту модель, должно дополнительно учитывать включение функции, выполняющей заданную цель. Принимая во внимание то, что в транспортной деятельности важный тоже экономический эффект, задание такое сформулировать можно с точки зрения поставщика услуг, заинтересованного максимизацией своей прибыли [6].

В случае инвестиции инфраструктуральной, которой целью является увеличение дорожной скорости на железнодорожной линии, можно таким образом точно определить оптимальную скорость (напр. 186 км/ч). На практике результат такой неприменимый, потому что на железнодорожном транспорте по техническим причинам применяются определённые пределы скорости, являющиеся многократностью числа 20 (напр. 120, 160, 180 или 200 км/ч). Поиск оптимального решения заключается в сравнении нескольких вариантов, связанных с допустимыми решениями, т. е. имеющими действительное применение на практике.

Другим способом моделирования распределения перевозочных заданий в транспортном коридоре является метод, разработанный автором доклада. Принимается в нем, что выбор пассажирами средства транспорта осуществляется посредством сопоставления **преференций** потребителей услуг, которые можно описать как модель потребителя услуг, и **предложений** поставщиков услуг в виде моделей, которые характеризуют оказываемые ими услуги (модель поставщика услуг). Моделирование распределения перевозочных заданий заключается в исследовании взаимодействия обеих моделей и в последствии в описании распределения потоков.

Итак, принимается, что в рассматриваемом (мультимодальном) транспортном коридоре, которого характеризуют измеримые и объективные параметры, функционируют поставщики услуг (перевозчики) известные

характеристиками качества услуг. Известны также параметры предпочтений потребителей услуг (пользователей, клиентов). Разработанный метод т. наз. взаимодействия между видами транспорта дает возможность:

- моделирования распределения перевозочных заданий по поставщикам услуг в функции установленных параметров предпочтений пользователя,
- исследования отношений потребитель - поставщик перевозочных услуг, копирующих действительные условия транспортной системы, объяснения настоящего и определения будущего (прогнозируемого) распределения заданий.

Для исследования вышеуказанного взаимодействия использованы две модели: поставщика и потребителя транспортных услуг. Построение моделей требует определения множества факторов (названных предпочтениями), влияющих на выбор пассажиром средства транспорта. Каждый индивидуальный пассажир сопоставляется с множеством Ω вариантов ω ($\omega \in \Omega$) возможных выборов. Каждый вариант описан функцией выбора $\pi(\omega)$ – в самом очевидном случае линейной – содержащей все (существенные) переменные, связанные с предложением и спросом. Выбор варианта ω^* имеет место тогда, когда $\pi(\omega^*)$ получает экстремум.

Применяя описанную выше функцию выбора в некоторому населению, из которого каждое лицо совершает выбор среди множества Ω вариантов, построенную модель можно перенести на уровень агрегированной рыночной модели. В разработанном методе индивидуализация отношений агрегирована в виде четырёх выделенных условно сегментов потребителей услуг: бизнесменов, студентов, пожилых людей и семей.

Объективным способом выбора переменных, имеющих особенное значение - с точки зрения пассажиров - при выборе транспортного предложения, являются маркетинговые исследования (смотри таблица в главе 3). На основании исследований, проведённых в Польше в последние годы, выделить можно пять наиболее часто упоминаемых качественных черт перевозочного предложения:

- продолжительность поездки,

- личная и коммуникационная безопасность,
- издержки поездки,
- удобство путешествия,
- регулярность и пунктуальность.

Здесь необходимо предположить, что для данного транспортного коридора потенциальным пассажирам известны все действующие пассажирские перевозчики, характеристики их перевозочных предложений и категории потребителей перевозочных услуг вместе с отвечающими им предпочтениями.

В методе предположено тоже, что всех потребителей в функции предпочтений ожиданий можно сгруппировать, получая таким образом конечное множество групп потребителей услуг с определёнными предпочтениями. Примерное расделение на группы, проведённое на основании результатов маркетинговых исследований, устанавливает четыре т. наз. категории: бизнесмены, студенты, пожилые люди и семьи.

Проблема **распределения потока движения** заключается в установлении сколько потребителей услуг отдельных категорий воспользуется предложением очередных поставщиков услуг. С этой целью поочерёдно определяются:

- т. наз. коэффициенты конкурентности (линейная функция, описанная на множестве перевозочных предложений с учётом предпочтений пассажиров),
- участие очередных поставщиков в выполнении спроса,

- цифровое распределение покупателей перевозочных услуг по поставщикам.

Пассажир совершает выбор на основании сравнительной оценки предложений перевозчиков, придавая отдельным чертам качества услуг вес, выраженный положительными числами в пределах от 0 (несущественный вес) до 5 (самый существенный вес). Для достижения сравнимости оценок проводится их нормирование.

Нормализованная модель поставщика, касающаяся действительной (первоначальной) ситуации, названа **базовой моделью** для отличия от очередных **вариантных моделей**.

Исследование влияния изменений выбора поставщика услуг потенциальным потребителем услуг заключается в модификации предпочтений потребителей или предложения (избранных) поставщиков услуг. Итак, с методологической точки зрения изменению подвергаются отношения между качественными чертами отдельных предложений поставщиков услуг. Следует затем определить новые коэффициенты конкурентности и совершить повторное распределение потока движения.

На практике вышеуказанный метод применяется в виде его компьютерной имплементации - программы „Преференции”, написанной на языке DELPHI и действующей в операционной системе Windows (рис. 1).



Рис. 1. Заглавный лист программы „Преференции”

Функции, выполняемые программой „Преференции” охватывают:

1. Введение, запись, прочтение, печатание и редактирование данных.
2. Установление распределения потока пассажирского движения для определённых вариантов стоимости качественных

черт предложений поставщиков перевозочных услуг.

3. Исследование влияния изменений стоимости качественных черт предложений поставщиков перевозочных услуг на распределение потока движения. В

пределах этой функции возможно получение, запись в файл и напечатание:

- сводок для отдельных поставщиков услуг и стоимостей качественных черт, позволяющих определить влияние изменений стоимостей качественных черт предложений поставщиков на распределение потока движения,
 - графиков распределения потока движения в целом и пассажиров избранной категории для очередных поставщиков перевозочных услуг в функции изменений стоимостей отдельных качественных черт их предложений,
 - графиков чувствительности потребителей перевозочных услуг к изменениям стоимости качественных черт предложений отдельных поставщиков.
4. Оптимизацию цен перевозочных услуг с точки зрения избранного поставщика. После вычислений представляется результат в текстовой форме, который может быть записан в файл и напечатан. Возможно также графическое представление функции цели (доходов данного поставщика услуг) и графическое представление величины потока движения в функции цены за услугу. Графические представления могут быть также записаны в файл и напечатаны.

Программа „Преференции” может также иметь собственную, функциональную редактирующую программу, предназначенную для введения, записания, прочтения и редактирования данных.

В результате вычислений, проведённых программой „Преференции”, получают множества результатов в трёх основных сферах, т. е.:

- распределения потока движения,
- исследования влияния изменений стоимостей качественных черт предложений поставщиков перевозочных услуг на распределение потока движения,
- оптимизации цен перевозочных услуг с точки зрения избранного поставщика.

Результаты, получаемые в пределах отдельных сфер, могут быть представлены в виде подробного или упрощённого рапорта.

В аналитической части программа „Преференции” даёт возможность:

- исследования влияния изменений стоимости качественных черт предло-

жений поставщиков перевозочных услуг на распределение потока пассажирского движения.

- оптимизации цен перевозочных услуг с точки зрения избранного поставщика,
- анализа чувствительности.

5. ВЫВОДЫ

Моделирование пассажирских перевозок в транспортном коридоре между агломерациями рассматривать можно примерно с двух следующих точек зрения:

- транспортной политики (отечественной или региональной), которая должна сосредоточиваться в частности на формировании рационального - в зависимости от избранного критерия (или критериев) - распределения транспортных заданий по отдельным видам транспорта,
- положения отдельных перевозчиков, которые - в зависимости от предполагаемого участия в рынке - могут по разному формировать свои перевозочные предложения.

В докладе в общих чертах представлены методы моделирования пассажирских перевозок с особым учётом обсуждения классической четырёхэтапной модели и самых важных вопросов, связанных с моделированием межагломерационных перевозок.

В вышеуказанном контексте представлен также авторский метод, дающий возможность исследования влияния преференций потребителей пассажирских транспортных услуг на распределение потока движения в транспортном коридоре. Предложенный подход составляет творческое развитие методологических предложений, происходящих из приведённых литературных источников. Он относится в особенности к польским условиям и учитывает техническую и организационную специфику отечественной транспортной системы.

Предложенный метод имеет универсальный характер, заключающийся в том, что можно его применять для исследования влияния перевозочного предложения поставщиков в аспекте преференций потребителей для :

- избранного участка транспортной сети,
- одного или многих перевозочных соединений,

- многих вариантов перевозочных предложений.

Вычисления, проведённые с использованием программы „Преференции”, проводят положительную проверку правильности представленного исследовательского метода. Подтверждают они в особенности тезис, что на величину коэффициентов распределения перевозочных заданий существенное влияние имеет стоимость т. наз. *коэффициента конкурентности* данного поставщика транспортных услуг с точки зрения определённого потребителя услуг. Способ его вычисления является основным элементом и представляет собой новаторский подход.

Предложенный подход может применяться для исследования рыночных поведений, а в особенности и для дальнейшего формирования транспортной системы, напр. в сфере вариантирования инвестиционных решений, связанных как с модернизациями, так и с совсем новой транспортной инфраструктурой (строительством железнодорожных линий скоростного движения, автострад, аэропортов и т. п.).

.БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Bonnel P.: Prévoir la demande de transport. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paryż 2004.
- [2] Hensher D.A., Button K.J.: Handbook of transport modeling. Pergamon, Elsevier 2000.
- [3] Jacyna M.: Modelowanie i ocena systemów transportowych. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2009.
- [4] Pradayrol J-P., Champeaux J.: Études de dessertes „Intercités à Grande Vitesse”, Revue Générale des Chemins de Fer, 11/2007.
- [5] MOTOS – Transport Modelling: Towards Operational Standards in Europe: www.motosproject.eu.
- [6] Żurkowski A.: Badanie wpływu preferencji nabywców usług na rozłożenie potoku ruchu pasażerskiego w korytarzu transportowym. III Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna WT PW: Systemy logistyczne – systemy logistyczne, teoria i praktyka. Spała 2008.
- [7] Żurowska J.: Prognozowanie przewozów, modele, metody, przykłady. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005.

MODELLING OF TRANSPORTATION BETWEEN AGGLOMERATIONS

Andjei Jurkovski

POLAND

Key words: *transportation model, transport corridor, transport network.*

Abstract: *The paper presents main elements constituting the transport model coping transportation between agglomerations. It is most convenient to examine it related to transport corridors.*