

Определение границ Пермской городской агломерации: методика и результаты



М. Р. Якимов,
д-р техн. наук,
директор Института
транспортного
планирования Российской
академии транспорта

Городские агломерации представляют собой сложные территориальные образования, характеризующиеся высокой степенью интеграции между центром и окружающими населенными пунктами. Определение их границ имеет важное значение для транспортного планирования, градостроительства и разработки стратегий социально-экономического развития.

Одним из наиболее информативных способов исследования пространственной организации территории является анализ транспортной подвижности населения, поскольку именно он формирует суточные колебания интенсивности транспортных потоков.

Проведенное исследование базировалось на натурных данных, собранных на восьми контрольных точках вдоль четырех автомагистралей, связывающих г. Пермь с соседними населенными пунктами. В основе подхода — расчет коэффициентов неравномерности интенсивности транспортных потоков, позволяющих количественно оценить вовлеченность территории в агломерационные процессы.

Предлагаемые общие подходы к определению границ городских агломераций

Городская агломерация — это территория, включающая один или несколько

центров, представляющих собой крупные городские поселения, а также прилегающие территории, на которых расположены иные поселения, более половины трудоспособного населения которых реализует устойчивые ежедневные транспортные корреспонденции с центром городской агломерации [1].

Сформулированное определение обуславливает следующие методологические принципы и подходы к идентификации городской агломерации:

- пространственные границы городской агломерации не устанавливаются путем геодезической фиксации или картографического обозначения, а определяются через перечень муниципальных образований, удовлетворяющих критериям включения в ее состав;
- каждое поселение, входящее в городскую агломерацию, в рамках собственных административных границ формирует часть общего контура агломерационного пространства.

Основным принципом включения

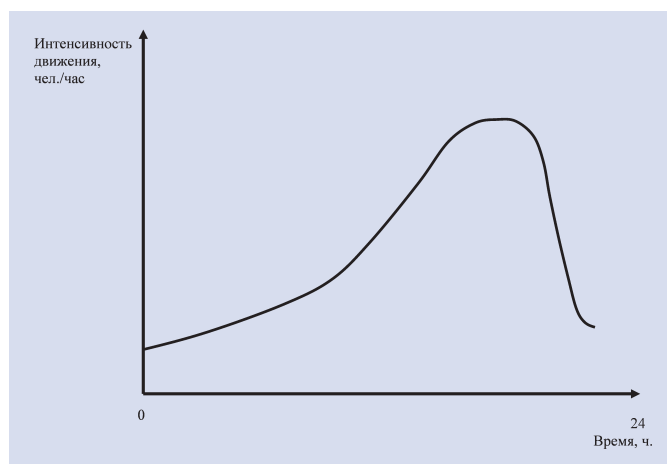
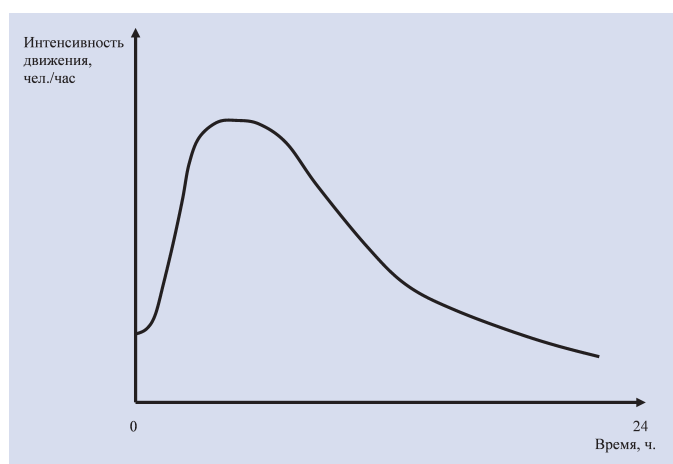


Рис. 1. Схематическое изображение характерного графика суточной неравномерности интенсивности транспортных потоков в направлении движения к центру и из центра городской агломерации

территорий в состав городской агломерации является анализ маятниковой трудовой миграции в направлении ее центра, наблюдаемой как в часы пик, так и в межпиковые периоды. В утренние часы фиксируется выраженный поток населения, направляющегося из периферийных зон в центр городской агломерации, тогда как в вечернее время наблюдается обратное перераспределение [2–4].

Маятниковая трудовая миграция представляет собой регулярное, циклическое перемещение трудоспособного населения между местами проживания и приложения труда. Пиковое увеличение количества транспортных корреспонденций, в первую очередь с трудовыми целями, приводит к росту пассажирских потоков, которые реализуются на всех видах транспорта. В населенных пунктах, тесно связанных с центром агломерации, наблюдаются ярко выраженные утренние и вечерние часы пик. Утром (примерно с 7 до 9 ч) транспортные потоки направлены к центру, вечером (с 17 до 19 ч) — в обратную сторону. За пределами городской агломерации эти часы пик постепенно сглаживаются (рис. 1).

Для оценки принадлежности населенного пункта к городской агломерации необходимо оценить неравномерность интенсивности транспортных потоков в пиковое и межпиковое время. Для этого в обозначения интенсивности транспортных потоков добавим дополнительный индекс k , соответствующий часу, за который измерено значение интенсивности.

Таким образом, для интенсивности транспортных потоков в направлении центра городской агломерации за определенный час суток итоговое обозначение будет иметь вид:

$$Qin_{ij}^k,$$

где i — номер направления (автомобильной дороги);

j — порядковый номер населенного пункта, считая от центра городской агломерации;

k — час суток, за который измерено значение интенсивности. Индекс k принимает значения от 1 до 24 в соответствии с часом суток, в который проводился замер интенсивности транспортных потоков.

Для интенсивности транспортных потоков в направлении из центра городской агломерации за определенный час суток итоговое обозначение будет иметь вид:

$$Qout_{ij}^k.$$

Для оценки неравномерности интенсивности потоков в пиковое и межпиковое время необходимо рассчитать отношение межпиковой интенсивности потоков к пиковой. Именно значение данного отношения будет определять принадлежность населенного пункта к границам городской агломерации.

Как отмечалось, максимальная интенсивность потоков, следующих в центр агломерации, наблюдается в утренний час пик, максимальная интенсивность потоков, следующих из центра, — в вечерний час пик. В связи с этим при определении коэффициента отношения межпиковой интенсивности к пиковой интенсивности для направления в центр следует использовать значения для утреннего часа пик, для направления из центра — вечернего часа пик [5, 6].

Для дальнейшего анализа под населенным пунктом будем понимать территориальную единицу (город, поселок или село), находящуюся на близлежащем участке автомобильной дороги, связывающей данный населенный пункт с центром агломерации. При определении границ агломерации будет оцениваться каждый населенный пункт по отдельности и его транспортная связь с центром.

Для этого будет измеряться интенсивность потоков на транспортных связях автомобильных и железных дорог между этим населенным пунктом и центром агломерации. В связи с этим предлагается проанализировать среднее часовое значение натурной интенсивности в межпиковое время, наблюдаемое в период с 10 до 15 ч, а затем найти отношение найденного значения к пиковой интенсивности в утренний и вечерний час пик.

Таким образом, критерий принадлежности населенного пункта к городской агломерации, выраженный через интенсивность транспортных потоков на близлежащем участке дороги, будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{\sum_{k=10}^{15} Qin_{ij}^k / 6}{Qin_{ij}^8} \leq 0,8 \\ \frac{\sum_{k=10}^{15} Qout_{ij}^k / 6}{Qout_{ij}^{18}} \leq 0,8 \end{cases} \quad (1)$$

В случае выполнения системы неравенств (1) населенный пункт входит в границы городской агломерации.

В результате проведенных расчетов в [7] установлено, что условие принадлежности населенного пункта к город-

ской агломерации выполняется для транспортных потоков, движущихся в утренний час пик в направлении центра агломерации. Этот же критерий автоматически выполняется и для обратного направления в вечерний час пик. В связи с этим требование о выполнении двух неравенств, входящих в систему (1), является избыточным, так как не повышает точность результатов, но требует сбора в два раза большего объема натурных данных.

Таким образом, для оценки принадлежности населенного пункта к городской агломерации предлагается анализировать дневную неравномерность интенсивности транспортных потоков только в одном направлении — в центр агломерации. В качестве пикового периода при расчете критерия принадлежности населенного пункта к городской агломерации следует рассматривать утренний час пик.

Итоговый критерий принадлежности населенного пункта к городской агломерации имеет следующий вид:

$$\frac{\sum_{k=10}^{15} Qin_{ij}^k / 6}{Qin_{ij}^8} \leq 0,8. \quad (2)$$

С учетом выраженной дневной неравномерности транспортных потоков для данного графика отношение интенсивности транспортных потоков в межпик и пик в границах агломерации имеет диапазон значений от 0 до 0,8. Он определен эмпирическим путем на основе массива данных, накопленных для разных городских агломераций на территории Российской Федерации.

В центре агломерации количество транспортных корреспонденций, реализуемых при помощи всех видов транспорта, не меняется с течением времени: в утренние часы преобладают трудовые поездки, в дневное время — деловые, культурно-бытовые и досуговые [1, 8, 9]. Аналогичная ситуация наблюдается и за пределами городской агломерации: на значительном удалении от ее границ суточная неравномерность интенсивности транспортных потоков также сглаживается, и отношение межпиковой и пиковой интенсивности приближается к единице для населенных пунктов и территорий, не связанных тесными транспортными потоками с центром. Поэтому в этих населенных пунктах отношение интенсивности транспортных потоков в межпик и пик оказывается близким к единице и не позволяет таким пунктам войти в состав городской агломерации.

Таблица 1. Натурные часовые интенсивности транспортных потоков для точки 1 (автомобильная дорога г. Пермь – г. Ижевск в границах Краснокамского района)

Время, ч	Интенсивность транспортных потоков из г. Перми, авт./ч	Интенсивность транспортных потоков в г. Пермь, авт./ч
1	72	51
2	37	42
3	24	27
4	25	40
5	21	44
6	37	90
7	80	187
8	243	461
9	301	330
10	326	322
11	348	371
12	302	367
13	313	367
14	345	353
15	316	360
16	353	340
17	438	290
18	486	285
19	425	275
20	311	194
21	323	166
22	248	161
23	120	94
24	78	62

Практическое применение рассматриваемой методики

Рассмотрим методику определения границ городской агломерации на примере Пермской агломерации. Для этого проведем анализ дневной неравномерности интенсивности транспортных потоков на четырех участках автомобильных дорог: г. Пермь – г. Ижевск, г. Пермь – г. Екатеринбург, г. Пермь – п. Юго-Камский, г. Пермь – г. Березники (рис. 2).

На первом этапе необходимо оценить режим функционирования выбранных автомобильных дорог с точки зрения дневной неравномерности интенсивности транспортных потоков. Для проведения такого анализа использовались натурные данные интенсивности потоков за каждый час буднего дня.

Для каждой выбранной дороги получены данные в двух точках: в границах прилегающего к г. Перми (центру агломерации) муниципалитета и за его пределами. Для дороги г. Пермь – г. Ижевск выбрана точка в границах Краснокамского муниципального района и за его пределами; для г. Пермь – п. Юго-Камский – в границах Пермского муниципального

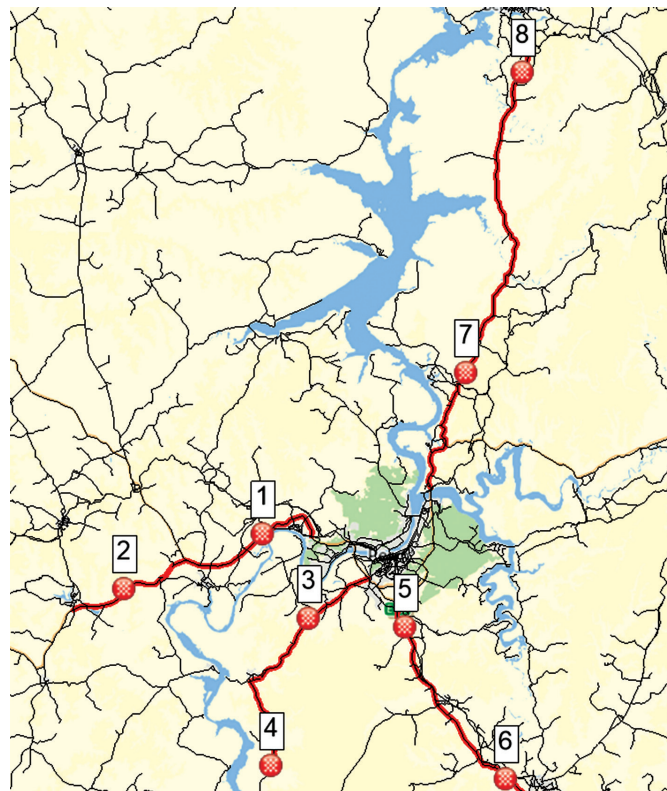


Рис. 2. Выбор точек для сбора натуральных данных об интенсивности транспортных потоков

района и за его пределами; для г. Пермь – г. Екатеринбург – в границах Пермского муниципального района и за его пределами; для г. Пермь – г. Березники – в границах Добрянского муниципального района и за его пределами (рис. 2).

Собранные натурные данные об интенсивности транспортных потоков на примере первой точки представлены в табл. 1. График дневной неравномерности транспортных потоков на примере первой точки представлен на рис. 3.

Для определения принадлежности рассматриваемых точек к городской агломерации подставим собранные натурные данные в формулу (2). Полученные неравенства представим в формулах. Расчет по формуле (2) для точек 1–8:

$$\frac{(348+302+313+345+316+353)/6}{486} = 0,67 > 0,8 \quad (3)$$

$$\frac{(24+34+30+29+28+18+)/6}{27} = 1,08 > 0,8, \quad (4)$$

$$\frac{(197+199+206+205+252+244)/6}{398} = 0,53 < 0,8, \quad (5)$$

$$\frac{(12+15+14+15+16+13)/6}{11} = 1,31 > 0,8, \quad (6)$$

$$\frac{(690+681+713+684+735+749)/6}{1041} = 0,67 < 0,8, \quad (7)$$

$$\frac{(201+249+234+230+265+226)/6}{190} = 1,24 > 0,8, \quad (8)$$

$$\frac{(231+225+220+211+209+217)/6}{335} = 0,65 < 0,8, \quad (9)$$

$$\frac{(41+44+49+42+51+39)/6}{32} = 1,41 > 0,8. \quad (10)$$

Таблица 2. Значения критерия принадлежности к городской агломерации для выбранных точек

Номер точки	Значение критерия принадлежности к городской агломерации для направления к центру городской агломерации	Вывод о принадлежности к Пермской городской агломерации
1	0,67	Принадлежит
2	1,08	Не принадлежит
3	0,53	Принадлежит
4	1,32	Не принадлежит
5	0,67	Принадлежит
6	1,24	Не принадлежит
7	0,65	Принадлежит
8	1,41	Не принадлежит

Рассчитанные в соответствии с формулой (2) значения критерия принадлежности к городской агломерации для выбранных точек представлены в табл. 2.

Точки 1, 3, 5, 7 находятся в границах Пермской городской агломерации; 2, 4, 6, 8 — вне границ. С учетом полученных результатов в состав Пермской городской агломерации входят следующие муниципальные образования: г. Пермь, Краснокамский муниципальный район, Пермский муниципальный район, Добрянский муниципальный район.

Заключение

Проведенное исследование показало, что использование данных об интенсивности транспортных пото-

ков является действенным методом определения границ городской агломерации. Предложенный подход позволяет с высокой степенью достоверности выделить территории, устойчиво взаимодействующие с центром агломерации.

Реализация методики на примере Пермской агломерации показала ее прикладную значимость: на основе расчетов определены муниципальные образования, входящие в состав городской агломерации. Полученные результаты могут быть использованы при разработке транспортных схем, территориального планирования, а также при формировании комплексных программ развития городской инфраструктуры.



Рис. 3. График дневной неравномерности интенсивности транспортных потоков для точки 1, авт./ч

Универсальность методики позволяет рекомендовать ее для применения в других регионах Российской Федерации при разработке концепции пространственного развития и оптимизации маршрутной сети транспорта общего пользования. Т

Литература

1. Трофименко Ю. В., Якимов М. Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов: монография. 2-е изд., перераб. и доп. Пермь: Агентство РАДАР, 2022. 536 с.
2. Baaj M. H., Mahmassani H. S. Hybrid route generation heuristic algorithm for the design of transit networks // Transportation Research. 1995. Vol. 3. № 1. P. 31–50.
3. Buslaev A. P., Yashina M. V., Volkov M. Algorithmic and Software Aspects of Information System Implementation for Road Maintenance Management // Theory and Engineering of Complex Systems and Dependability: Proceedings of the Tenth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX, June 29 — July 3 2015, Brunów, Poland. 2015. P. 65–74.
4. Guan J. F., Yang H., Wirasinghe S. C. Simultaneous optimization of transit line configuration and passenger line assignment // Transportation Research Part B: Methodological. 2003. Vol. 40. № 10. P. 885–902.
5. Murray A. T. A coverage model for improving public transit system accessibility and expanding access // Annals of Operations Research. 2003. Vol. 123. P. 143–156.
6. Zhao F., Ubaka I. Transit network optimization — minimizing transfers and optimizing route directness // Journal of Public Transportation. 2004. № 7(1). P. 67–82.
7. Определение границ городской агломерации / сост. М. Р. Якимов. М.: Институт транспортного планирования общероссийской общественной организации Российская академия транспорта, 2025. 34 с.
8. Якимов М. Р. Транспортное планирование: терминологический словарь. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агентство РАДАР, 2025. 90 с.
9. Якимов М. Р., Нестерова А. С., Попов Ю. А. Транспортное планирование: транспорт общего пользования: монография. М.: Агентство РАДАР, 2024. 458 с.