

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К ЦЕНТРОИДАМ И КОННЕКТОРАМ:
ВНУТРИЗОНАЛЬНОЕ ВРЕМЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ**

Lebedeva O.A.

**OPEN SOURCE TOOLS FOR GEOGRAPHICAL ANALYSIS
IN TRANSPORT PLANNING**

Аннотация. В традиционной процедуре распределения потока каждая зона анализа представлена одной точкой в ее геометрическом центре, которая соединена с сетью несколькими коннекторами. Результаты исследований показывают, что различные схемы соединений могут привести к изменению расчетного объема и общему времени в пути. Кроме того, различные схемы коннекторов могут влиять на приоритет проектов развития сети. Из-за многочисленных возможных сценариев для схем коннекторов поиск оптимальной схемы очень сложен. Основная цель этого исследования – предложить альтернативный подход и правильные алгоритмы решения для повышения точности результатов распределения потока.

Ключевые слова: центроид, коннектор, время случайного доступа, функция плотности вероятности внутризонального времени перемещения, модель.

Abstract. In the traditional flow allocation procedure, each analysis zone is represented by a single point at its geometric center, which is connected to the network by multiple connectors. The research results show that different connection schemes can lead to changes in the estimated volume and total travel time. In addition, different connector schemes can change the priority of network development projects. Due to the numerous possible scenarios for connector schemes, finding the optimal scheme is very difficult. The main objective of this study is to propose an alternative approach and proper solution algorithms to improve the accuracy of the flow allocation results.

Keywords: centroid, connector, random access time, probability density function of intrazonal travel time, model.

Назначение потока означает оценку объемов связей на основе выбора маршрута пассажирами. Процедура назначения спроса применяется в различных моделях и методах. Назначение спроса в потоке выполняется путем оценки объемов потоков (производительность сети). Эта процедура является последним шагом исследований городского транспорта. В результате выбор лучшей модели, представление более адекватных процедур и реалистичных результатов всегда привлекательно для исследований.

В процедуре назначения (в любых методах) необходимо установить соответствующую связь между характеристиками предложения (транспортной сети) и спроса (точек генерации поездок). В традиционной процедуре назначения потока зоны превращаются в точки (центроиды) в геометрическом центре и связаны с основными узлами виртуальными связями (коннекторами). Такой подход может привести к серьезной ошибке в результатах назначения потока. Основная цель этого исследования – повышение точности результатов назна-

чения потока путем устранения центроидов и коннекторов и предложение альтернативного подхода.

Исследование решает задачу учета времени в пути в зонах движения вместо простых коннекторов. Эта часть времени в пути представляет продолжительность поездки, начиная от реального пункта отправления до основной сети (либо обратная последовательность). В классических подходах к назначению потока точка внутри зоны (обычно ее геометрический центр) известна как представление всех точек производства и притяжения этой зоны, и ее коннекторов с основной сетью на основе различных вариантов. Факторы, которые изменяют результаты назначения: методы соединения центроидов с основной сетью, количество коннекторов, расчет времени в пути по связям и зависимости времени в пути от их объема. Следовательно, случайные переменные времени в пути в пределах зоны применяются вместо использования центроидов и коннекторов в качестве альтернативного подхода.

Алгоритм не требует изменения структуры зон и размеров матрицы спроса на поездки. Таким образом, для устранения ошибки, возникающей из-за предположения о существовании центра для каждой зоны, поездка от первоначального пункта назначения до основного пункта делится на три основные части: внутренняя поездка в исходной зоне до главной дороги; поездка по главным дорогам между исходной и целевой зонами; внутренняя поездка в целевой зоне до конечного пункта назначения.

Основное внимание уделяется доступности пассажиров в исходной и целевой зонах, чтобы их можно было рассмотреть более тщательно, чем традиционную процедуру (с использованием коннекторов) в модели назначения. Для внутренней сети каждой зоны ряд узлов рассматривается как соединение, а поездки между зонами – соединительные узлы этих зон. Используя это разложение, общее время в пути от зоны отправления (r) до зоны назначения (s) можно переписать через i -й узел соединения в точке отправления к j -му узлу соединения в точке назначения (T_{ij}^{rs}):

$$T_{ij}^{rs} = t_{ri} + t_{risj} + t_{sj} \quad (1)$$

где t_{ri} – случайная величина для пояснения времени доступа от реального пункта отправления до i -го узла соединения в зоне r (аналогично t_{sj} – случайная величина для пояснения времени поездки от j -го узла соединения в зоне s до конечного пункта назначения), t_{risj} – минимальное время в пути между узлами соединения i и j в основной сети (рассчитывается с использованием методов определения кратчайшего пути и функций стоимости сетевых связей).

«Случайные переменные» – внутризональные времена перемещения представлены в качестве альтернатив для коннекторов. Рассматривая эту переменную и используя дискретные модели выбора, можно определить долю возможных маршрутов для каждого спроса матрицы корреспонденций. Хотя

для достижения этой цели необходим список всех возможных маршрутов (между каждой парой пунктов). Определение возможных маршрутов между парами пунктов является основной проблемой методов назначения на основе пути. В качестве решения без генерации всех маршрутов между парами пунктов [1-4] выбираются несколько возможных узлов из основной сети в каждой зоне, и решается задача кратчайшего пути между узлами в разных зонах.

В классических методах назначения потока для моделирования поездки между определенными корреспондирующими парами используются два виртуальных соединения (коннектора) как внутризональные поездки и несколько основных. В альтернативном подходе, исключая соединители, процесс решения задачи назначения изменяется. При таком исключении центроиды изменяются на несколько узлов, которые могут быть подключены к основной сети. В предлагаемом подходе, если рассматриваются n узлов в зоне отправления и m узлов в зоне назначения, возможные способы совершить поездку между этой парой пунктов – $m \times n$. В процессе назначения альтернативного подхода среди каждой пары узлов представлен кратчайший путь. Таким образом, между каждой парой OD будет определен кратчайший путь $m \times n$.

В заключение на этом этапе происходит определение кратчайшего пути. Используя концепцию моделей дискретного выбора и распределение случайной величины времени внутризональной поездки, будет рассчитана доля каждого кратчайшего пути $m \times n$ и спрос от отправной точки до пункта назначения.

Основываясь на теории моделей дискретного выбора для определения доли каждой альтернативы, необходима функция полезности. Функция полезности в теории выбора состоит из известной и определенной части (V_i), в то время как она имеет неизвестную и неопределенную составляющую (ε_i). Известная часть функции полезности в задаче выборе маршрута при назначении потока равна кратчайшему времени перемещения выбранных путей между парами узлов, а неизвестная часть – случайной величине времени перемещения внутри зоны. Таким образом, долю каждой альтернативы можно рассчитать, как уравнение (2). Это уравнение приводится с использованием времени перемещения внутри зоны и между зонами (уравнение (3)).

$$Pr_i = Pr(U_i > U_j) = Pr(V_i - V_j > \varepsilon_i - \varepsilon_j) \quad \forall j \neq i \quad (2)$$

$$Pr_{r_i s_j} = Pr(U_{r_i s_j} > U_{r_p s_q}) = Pr(T_{ij}^{rs} < T_{pq}^{rs}) = Pr(tr_{r_i s_j} - t_{r_p s_q} < t_{r_p} - t_{s_q} - t_{r_t} - t_{s_j}) \quad (3)$$

$$\forall i \neq p, \forall j \neq q$$

где $Pr_{r_i s_j}$ – доля кратчайшего пути между i -м узлом коннектора в исходной точке (r) и j -м узлом коннектора в конечной точке (s) от общего спроса из r в s ; $U_{r_i s_j}$ – функция полезности кратчайшего пути между i -м узлом коннектора в исходной точке (r) и j -м узлом коннектора в конечной точке (s).

Зная распределение времени внутризональной поездки как случайную величину и его параметры (такие как среднее значение и дисперсия) и исполь-

зую дискретные модели выбора, возможно рассчитать вероятность выбора каждого кратчайшего пути и его долю в спросе матрицы корреспонденций.

Альтернативный подход и его процесс назначения выражены как следующий алгоритм (рисунок 1).

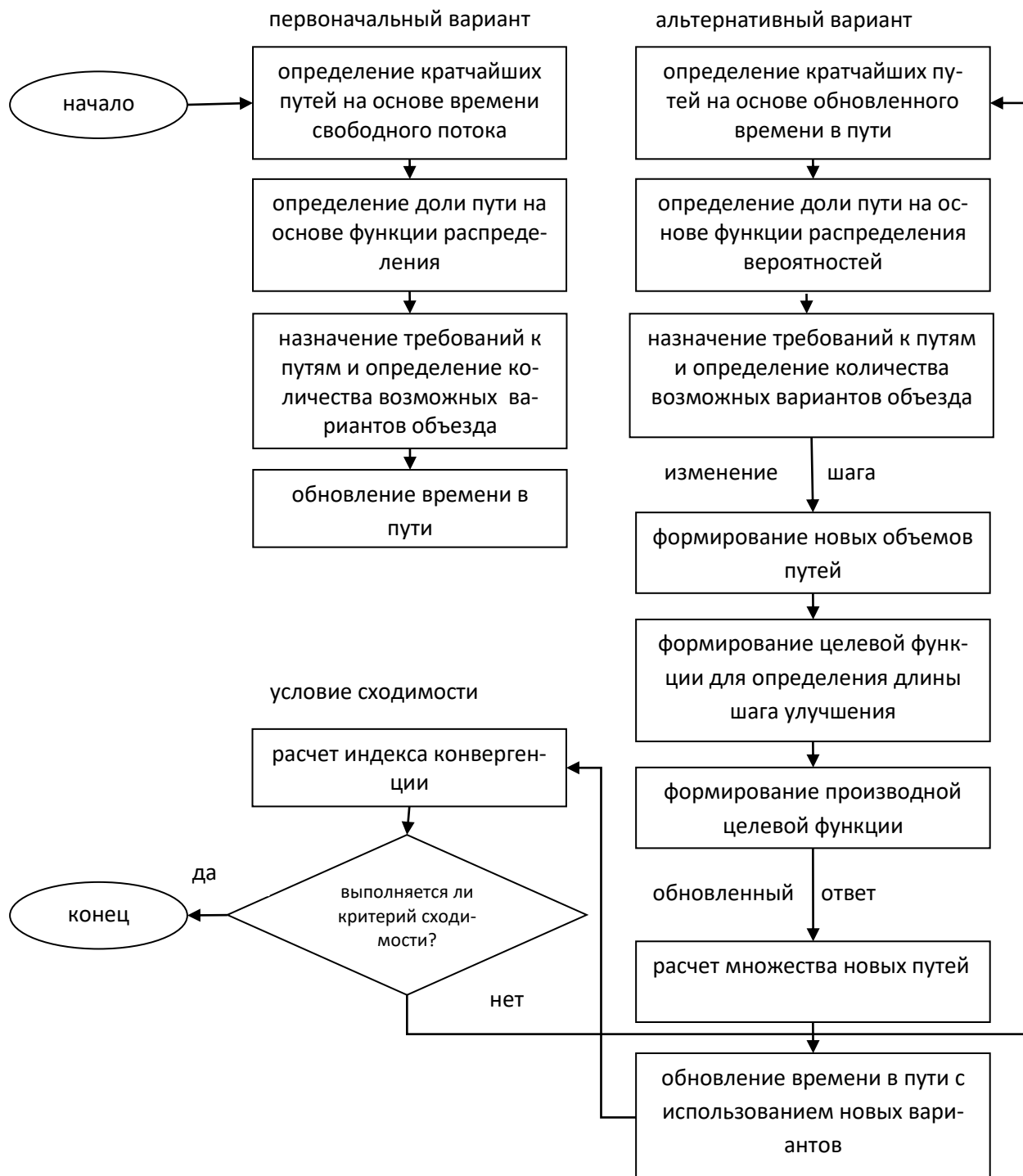


Рисунок 1 – Алгоритм распределения потока [5]

Рассмотрим алгоритм назначения альтернативного подхода, который состоит из определения: первоначальных значений; альтернативного варианта; шага; обновленного решения; условий сходимости. Представим алгоритм пошагово.

1. Определение первоначальных значений.

1. Определение кратчайшего пути между всеми парами назначенных узлов на основе времени свободного перемещения потока (T_0).

2. Установление доли каждого кратчайшего пути в общем спросе матрицы корреспонденций на основе времени перемещения и функции распределения вероятностей (P_0).

3. Присвоение определенных требований путям и определение объема сетевых связей (X_0).

4. Обновление времени перемещения связей с использованием функции задержки и текущих данных по объему потоков (T_1).

2. Определение альтернативного варианта.

1. Определение кратчайшего пути между всеми узлами на основе обновленного времени перемещения.

2. Установление доли кратчайших путей в общем спросе на основе обновленного времени перемещения и функции распределения вероятностей.

3. Присвоение определенного спроса путям и определение объема сетевых связей (Y).

3. Определение шага.

1. Формирование нового объема связей

$$X_{new} = X_{previous} + \alpha(Y - X_{previous}) \quad (4)$$

2. Формирование целевой функции для определения длины шага улучшения

$$Z(\alpha) = \sum_i \int_0^{i,new} T_i(w_i)dw \quad (5)$$

3. Формирование производной вышеуказанной целевой функции.

4. Вычисление маршрута указанной производной функции (α).

4. Определение обновленного ответа

1. Вычисление обновленных объемов связей.

2. Обновление времени прохождения связей с использованием функции задержки объема и новых данных объема.

5. Управление условием сходимости

1. Вычисление индекса сходимости (разница в объеме связей или времени в пути).

2. Сравнение рассчитанного индекса сходимости с желаемым значением.

3. В случае достижения условия – остановка, завершение алгоритма и вывод результатов.

Результаты предыдущих исследований показали, что изменение схем соединений может оказывать влияние на предполагаемый объем связей, время в пути и пройденное расстояние. Кроме того, различные схемы соединений могут вносить существенные изменения в приоритетность и оценку различных проектов развития сети. Согласно количеству возможных сценариев для коннекторов в сети и количеству параметров, мер и индексов для сравнения, создание оптимальной схемы коннекторов очень сложно. Поэтому в исследовании были изучены альтернативные подходы, и эта проблема была решена путем рассмотрения случайной величины для внутризонального времени в пути и предложения альтернативного подхода вместо обычного варианта центроидов и коннекторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лебедева, О.А.** Проблемы и перспективы интеграции моделей планирования перевозок с применением геоинформационной системы / О.А. Лебедева // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2019. № 13. С. 166-172.
2. **Лебедева, О.А.** Моделирование транспортных потоков с учетом анализа надежности и времени в пути / О.А. Лебедева // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2020. Т. 1. № 7. С. 161-162.
3. **Лебедева, О.А.** Сравнительный анализ существующих методик разработки матриц корреспонденций / О.А. Лебедева // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. С. 181-182.
4. **Лебедева, О.А.** Оценка матриц корреспонденций с учетом ограничений на транспортный поток / О.А. Лебедева // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. С. 183-184.
5. **Bashirinia, M.** Alternative approach to centroids and connectors pattern: random intra-zonal travel time / Bashirinia, M., Mamdoohi, A. // International Journal of Transportation Engineering, Vol.7. No.3 (27). p. 249 -265, 2020.