



Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Томской области (код проекта 16-41-700400 p\_a).

### Литература

1. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
2. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
3. Меженин А.В. Методы и средства распознавания образов и визуализации. // [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / А. В. Меженин. –СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 120 с. URL: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/8346.pdf/download/8346.pdf>
4. Sonka M., Hlavac V., Boyle R. Image Processing, Analysis and Machine Vision. – Thomson, 2008. – 866 p.
5. Harris affine region detector // [Электрон. ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Harris\\_affine\\_region\\_detector](https://en.wikipedia.org/wiki/Harris_affine_region_detector)
6. Tuytelaars T., Mikolajczyk K. Local Invariant Feature Detectors: A Survey // Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision. Vol. 3. No. 3 (2007), p. 177–280.
7. Gao G., Liu Y., Labate D. A two-stage shearlet-based approach for the removal of random-valued impulse noise in images // Journal of Visual Communication and Image Representation, vol. 32, pp. 83–94, 2015.
8. Проханов С.А., Шумилов Б.М., Кудуев А.Ж., Абдыкалыков К.А. Использование алгоритмов обработки данных мобильных видеоизмерений для распознавания и классификации повреждений дорожной поверхности // Девятая Сибирская конференция по параллельным и высоко-производительным вычислениям: сборник статей / под ред. А.В. Старченко. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017, с. 98-104. URL: <http://conference.tsu.ru/engine/download.php?id=542>

Е.А. Гладченко, О.Н. Сапрыкин

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

(Самарский университет)

В наши дни, когда ежедневно во всем мире по земле, воде и воздуху перевозятся сотни тысяч тонн груза, задача оптимизация логистических процессов является крайне актуальной. Это сложная, комплексная проблема, которая требует системного подхода. С одной стороны, это связано с тем, что в процесс перевозки вовлечено большое количество участников, а решения и выполняемые действия должны быть хорошо скоординированы, поэтому необходимо постоянное обеспечение высокого уровня коммуникаций. С другой стороны,



цепочка поставки состоит из множества взаимосвязанных шагов, таких как определение объема и характера спроса, выбор маршрута доставки и типа транспортного средства, консолидация и отслеживание заказов, организация перевалок и складирования, обеспечение выполнения мультимодальных перевозок, подготовка сопутствующей документации. Логистическая задача может быть решена с помощью математических методов, однако такое решение требует слишком большого количества времени, ресурсов и дает решение по ограниченному числу узлов, вследствие чего вместо формализованного метода применяют эвристический, к которому, в частности, принадлежит генетический анализ [1].

Модель, разработанная в данном исследовании, направлена на решение следующей задачи: расчет оптимальных замкнутых маршрутов доставки грузов от распределительного центра к местам назначения, учитывая неравномерность загруженности улично-дорожной сети, а также ограничения по грузопместимости автопарка. Целью является сокращение логистических затрат путем минимизации времени, затраченного в пути. Таким образом, модель объединяет решение двух отдельных задач: коммивояжера и задачу о ранце.

Для получения более точного решения, необходимо брать во внимание изменение интенсивности транспортного потока в разное время суток, в разных районах города, которое влияет на скорость движения транспортных средств. Однако статистические данные с городским автомобильным трафиком труднодоступны, в связи с чем был применен метод транспортного зонирования, основанный на гравитационном моделировании, где матрицы корреспонденции содержат информацию о характере перемещения населения, что дает возможность вычисления средней скорости движения [2]. Модель проиллюстрирована на Рисунке 1.

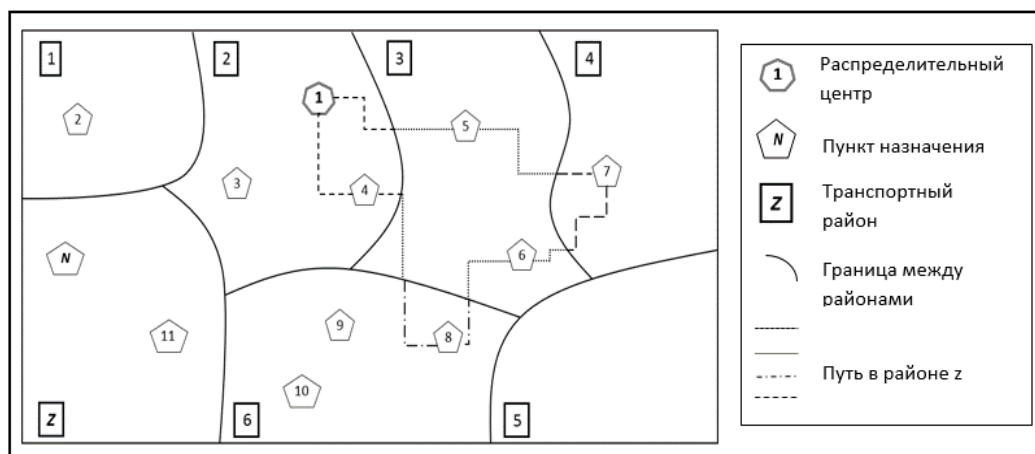


Рисунок 1 – Пример маршрута доставки груза, начало и конец которого лежит в распределительном центре (1-5-7-6-8-4-1)

Генетический анализ дает возможность обработать большой массив данных, закодированный двоичным кодом, выполняя последовательно заданные итерации до тех пор, пока оптимальное решение не будет найдено. Родительская хромосома генерируется случайным образом, а последующие поколения –



путем применения операторов скрещивания и/или мутации. Хромосома имеет вид ориентированной матрицы корреспонденции  $M_k$ , строки которой – пункты отправления ( $i$ ), а столбцы – назначения ( $j$ ) [3]. Пример приведен на Рисунке 2. Чтение матрицы начинается с верхней строчки  $i = 1$ . Если значение в таблице  $x_{ij} = 1$ , значит маршрут включает в себя сообщение между пунктами  $i$  и  $j$ , в остальных случаях  $x_{ij} = 0$ .

$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6	7	8	...	N-1	N
1	0	0	0	0	1	0	0	0		0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0
7	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0
8	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0
...											
N-1	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0

Рисунок 2 – Пример ориентированной матрицы с маршрутом (1-5-7-6-8-4-1)

На матрицу накладываются следующие ограничения:

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} \leq 1; \quad \forall j = 1 \dots N, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} \leq 1; \quad \forall i = 1 \dots N. \quad (2)$$

Из матрицы  $M_k$  формируется вектор  $P_k$ , для которого должно соблюдаться правило:  $p_1^P = p_n^P = 1$ , так как из условия задачи маршрут берет начало и заканчивается в распределительном центре.

В данной модели задано две целевых функции, что связано с комбинированием сразу двух задач – поиск оптимального маршрута и максимальной загрузки. Генетический алгоритм реализован с использованием пакета Dear, который содержит генетические операторы и средства для построения любой эволюционной модели. Первая целевая функция была реализована как пользовательская функция и зарегистрирована в Dear framework как параметр «оценить». Внутри основного цикла эволюции, который решает задачу коммивояжера, мы добавили вложенный цикл эволюции, который решает задачу ранца для каждой хромосомы, выбранной в качестве популяции для следующего поколения [4].

Первая целевая функция  $T_k$  – время затраченное на доставку груза по составленному маршруту.



$$T_k = \sum_{j=p_1}^{p_{n-2}} \sum_{z=1}^Z \left( \frac{2 \times l_{j,j+1}}{V_z^j + V_z^{j+1}} + d_{j+1} \times ts + te \right) + \frac{2 \times l_{p_{n-1},p_n}}{V_z^{p_{n-1}} + V_z^{p_n}} \rightarrow \min \quad (3)$$

где  $d_j$  – Объем спроса в пункте  $j$ , ( $j=2 \dots N$ );

$c$  – Грузовместимость машины;

$z$  – Транспортный район города, ( $z=1 \dots Z$ );

$l_{ij}$  – Расстояние между  $i$  и  $j$ , ( $i=1 \dots N$ ), ( $j=1 \dots N$ );

$\overline{V_z^i}$ ,  $\overline{V_z^j}$  – Средняя скорость в  $z$ -ом районе;

$ts$  – Средняя длительность отгрузки в пункте (задается);

$te$  – Дополнительное время обслуживания (задается);

$p_n^P$  – Ген хромосомы, означающий номер узла в маршруте, где  $n$  – порядковый номер гена в хромосоме  $P$ .

После чего решения проходят проверку на ограничение по грузоподъемности. Оно формируется, исходя из сравнения грузоподъемности машины и суммарного тоннажа груза в доставке (зависит от состава хромосомы).

$$\sum_{j=p_2}^{p_{n-1}} d_j \leq c \quad (4)$$

Затем отобранные хромосомы рассчитываются по второй целевой функции:

$$\sum_{j=p_2}^{p_{n-1}} d_j \rightarrow \max \quad (5)$$

Решение поставленной задачи реализовано на языке программирования Python, который позволяет работать с моделью итеративно, пошагово внося изменения. Для работы с пространственными данными в нашем проекте использовались следующие пакеты Python: Shapely; GeoPandas; NetworkX; OSMnx; Matplotlib.

В качестве среды выполнения был выбран Zerpelin, поскольку он предоставляет возможность создания масштабируемых ноутбуков с богатым пользовательским интерфейсом. Разработанное программное обеспечение реализовано в виде Docker контейнера, который содержит все настроенные модули и пакеты и может быть развернут в большинстве распространенных операционных систем. Скрипты и ноутбуки хранятся в git репозитории Vitbucket.

В данной работе генетический алгоритм используется как инструмент интеллектуальной поддержки принятия решений при решении задачи перевозки грузов в городской среде. Разработанное решение позволяет минимизировать время доставки и максимизировать загрузку грузовых транспортных средств. Дальнейшее развитие работы планируется в направлении включения ограничения на временные интервалы доставки и количество транспортных средств в парке компании.



### Литература

1. Speranza, M. G. Trends in transportation and logistics [Текст] / M.G.Speranza // European Journal of Operational Research, №264 – 2016. - С. 830–836.
2. Barthelemy, M. Spatial Networks [Текст] / M. Barthelemy // Physics Reports, №499 – 2011. – С.1-101.
3. Michalewicz, Z. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs [Текст] / Z. Michalewicz . – 3-е изд., перераб. и доп.- Нью Йорк: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996.
4. Saprykin, O.N., Saprykina, O.V. Validation of Transport Infrastructure Changes via Microscopic Simulation: A Case Study for the City of Samara, Russia [Текст] / O.N. Saprykin, O.V. Saprykina // In Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS 2017) in Naples, Italy, 26-28 June, 2017: 788-793.

О.К. Головнин, Д.О. Анашкова

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ КУЛЬТУРНО-МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

(Самарский университет)

С целью решения транспортных проблем, возникающих при проведении культурно-массовых мероприятий, разрабатываются планы управления перевозками (ПУП), предназначенные для координации деятельности объектов и субъектов транспортной инфраструктуры через последовательность мероприятий (рисунок 1) [1]. Видится актуальным разработать систему, которая позволит автоматизировать создание ПУП с контролем корректности и непротиворечивости мероприятий ПУП [2].

Разрабатываемая система предоставляет следующие функции пользователю [3]:

- формирует зоны проведения различных мероприятий с учетом их даты и времени;
- автоматически строит маршруты для разных групп лиц до места назначения;
- формирует порядок прибытия и отъезда особого транспорта;
- информирует об ограничениях движения и особых режимах движения на улично-дорожной сети города;
- формирует зоны посадки-высадки на дополнительные маршруты в районе места проведения мероприятия;
- находит зоны парковки транспорта в районе места проведения мероприятия.