



Улучшение маршрутизации коммерческих автобетоносмесителей с использованием генетического алгоритма с акцентом на экономические и экологические показатели

О.А. Дурницын

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Аннотация: Перевозка является одним из важнейших этапов в управлении доставкой цемента, на долю которой приходится 60 % от общих затрат. Таким образом, небольшое улучшение операций по сбору и обработке данных о работе автобетоносмесителей может оказать существенное влияние на общую экономию средств, затрачиваемых на работу компаний, осуществляющих перевозку. С другой стороны, движение большегрузных транспортных средств, перевозящих цементную смесь, приводит к распространению загрязнения воздуха и повреждению дорожного покрытия в случае чрезмерной загрузки. Поэтому вопрос определения маршрута транспортного средства для достижения этой цели очень важен. В этом исследовании моделировался процесс маршрутизации автобетоносмесителей с использованием случайных задач маршрутизации и генетических алгоритмов. Результаты моделирования показали, что генетический алгоритм сходится к оптимальному ответу. С другой стороны, объем функции затрат уменьшается с 1177500 руб. до 158900 руб. за счет оптимизации упомянутой модели, а результат производительности привел к появлению кратчайшего возможного пути. С помощью алгоритма достигаются все параметры управления устойчивым развитием, включая снижение загрязнения воздуха, снижение расхода топлива и уменьшение разрушения дорожного покрытия. Наконец, благодаря интеграции программного обеспечения ГЛОНАСС/GPS, выходные данные алгоритма были сопоставлены с картой.

Ключевые слова: Оптимизация маршрутов, топливная экономичность, снижение выбросов, сохранение целостности дорожного покрытия, оптимизация, логистика, моделирование, специальный автомобиль, городская эксплуатация.

Введение

Предоставление решений для маршрутизации автомобилей с целью улучшения маршрутов, используемых транспортными средствами для сбора и транспортировки бетона, может помочь коммерческим компаниям снизить затраты на управление. Правильное планирование надлежащего использования ресурсов позволит избежать создания дополнительных затрат и в конечном итоге повысить эффективность и результативность управления перевозками. До настоящего времени было проведено несколько крупных исследований и создано несколько исследовательских проектов для

определения и оптимизации маршрута движения машин по доставке тяжелых строительных смесей (с использованием различных методов). Внимание к типу дорожного покрытия транзитного пути является еще одним важным критерием при изучении и определении направления движения автобетоновозов, которое может привести к серьезному повреждению дорожного покрытия из-за перегрузки. Было проведено много исследований по проблеме движения тяжелых транспортных средств и его влиянию на дорожное покрытие; года, а также модель штрафов для перегруженных грузовиков. Настоящее исследование, учитывающее три критерия расхода топлива, загрязнения воздуха и повреждения дорожного покрытия, определяет и оптимизирует траекторию движения бетоновоза в определенном районе с помощью комбинации генетических алгоритмов и программных материалов и методов GPS/ГЛОНАСС.

Определение маршрута бетоновоза в назначенной ему зоне называется микро-маршрутизацией, а определение маршрута устройства для транспортировки бетона к месту разгрузки называется макро-маршрутизацией. Методы, ограничения и условия этих двух проблем различны. Цель маршрутизации состоит в том, чтобы найти кратчайший путь и фактически путь с нулевым повторением. Можно сказать, что все предлагаемые модели основаны на теории Эйлера.

В настоящем исследовании рассматриваются критерии расстояния (которое можно считать эквивалентным расходу топлива и, конечно, объему вызванного им загрязнения воздуха), типа устройства (влияющего на расход топлива и загрязнение) и дорожного покрытия обследованных районов, и предпринята попытка найти маршрут с минимальным расходом топлива, производством загрязнения воздуха и повреждением дорожного покрытия при обслуживании всех частей зоны. В данном исследовании мы используем генетический алгоритм для достижения этой цели.

Генетический алгоритм

Генетический алгоритм - это один из алгоритмов случайного поиска, идея которого заимствована из природы и имеет множество применений при решении задач оптимизации. Ежедневно большое количество транспортных средств большой грузоподъемности (превышающей разрешенную пропускную способность дорожного покрытия) на городских магистралях связано с транспортными средствами для доставки бетонной смеси. Эти внутригородские перемещения приводят к последствиям для городской среды. Каждый из этих эффектов формирует одну из функций модели и включает в себя следующее:

- 1 - Создание загрязнения воздуха из-за расхода топлива (функция расстояния) F_1
- 2 - Потребление энергетических ресурсов и, следовательно, снижение экономических затрат F_2
- 3 - Повреждения, вызванные нагрузкой автомобилей на покрытие улиц F_3 .

Данное исследование направлено на моделирование движения транспортных средств для доставки бетонной смеси и определение известных путей движения (определение пути движения) на основе типа автобетоновоза (вес грузовика W_{1i}), и собранного груза (W_{2i}) за ним для оптимизации пути движения. Определенные функции в алгоритме следующие: функция стоимости (1), которая является функцией веса и нагрузки автомобиля (F_1). В этой функции вес грузовика отображается в зависимости от его типа с помощью W_{1i} , и количества груза на автобетоносмесителе W_{2i} уравнение (1).

$$(W_{1i} + W_{2i}) \leq W_{alli} \rightarrow W_{Ti} \leq W_{alli} \quad (1)$$

Но мы должны отметить, что каждое покрытие имеет определенное допустимое сопротивление, которое должно быть меньше этого. В соответствии с уравнением (2) мы имеем:

$$\rightarrow W_{Ti} - W_{alli} \leq 0 \rightarrow \min(W_{Ti} - W_{alli})^2 = costF_1 \quad (2)$$

Функция затрат (2) - это функция контроля количества загрязнения воздуха (F_2). Изученными загрязнителями воздуха являются диоксид азота, диоксид серы и взвешенные частицы монооксида углерода. Для автомобиля I отображается количество выделяемого газа (мг/м³) диоксида азота с A , диоксида серы с B , PM_{2,5} с C , PM₁₀ с D и окиси углерода с E ; и пройденное расстояние также обозначается L в уравнении (3).

$$costF_2 = \min(A_i + B_i + C_i + D_i + E_i) \times L \quad (3)$$

Функция затрат (3) или функция сокращения потребления топлива (F_3), где M_i - количество топлива, потребляемого автомобилем i на километр (уравнение 4).

$$costF_3 = \min(M_i \times L_i) \quad (4)$$

Целевая функция, которая является конечной и общей функцией для оценки всех ранее определенных функций затрат, определяет значение каждого пути в соответствии с одинаковыми коэффициентами важности.

Следовательно, коэффициенты важности функций затрат от 1 до 3 равны значениям $W_1 = 33\%$, $W_2 = 33\%$ и, наконец, $W_3 = 33\%$.

$$\text{Функция Затрат} = W_1 F_1 + W_2 F_2 + W_3 F_3$$

W_i : вес каждой функции.

$$\text{CostFunction} = \sum_{i=1}^{n=3} W_i F_i \quad (5)$$

Форма вышеупомянутой функции заключается в преобразовании многоцелевой функции в одноцелевую функцию. Но в данном случае внимание к имеющимся данным, а также согласование потребностей стали целью, и мы можем сказать, что в конечном счете реальная целевая функция в этой проблеме является функцией расстояния. (Функция реальной стоимости = $f(\text{Расстояние})$).

Генетический алгоритм также был определен в соответствии с инструкциями и на основе предположений, изложенных в этом разделе. В определении алгоритма коэффициент пересечения был равен 0,7 (Частота пересечения = 0,7), а коэффициент мутации считался равным 0,001 (Частота мутаций = 0,001) [1].

Дорожное покрытие - это конструкция, размещенная на последнем уплотненном слое существующего или модифицированного естественного грунта, насыпи, земляного или каменистого скального среза. Дорожное покрытие обычно состоит из различных слоев, таких, как основание, и слои асфальта или бетона или их комбинации, каждая из которых зависит от технических характеристик и имеет определенную толщину. Естественный грунт, подготовленные насыпи из коренных пород, земляные или каменистые скальные насыпи, даже в идеально плотных и хорошо укоренившихся условиях, не обладают достаточной устойчивостью, чтобы выдерживать

нагрузки колес автомобиля в различных погодных условиях. Нагружение таких грунтов вызывает у них разрушение при сдвиге и чрезмерную постоянную деформацию. Дорожное покрытие предотвращает возникновение вышеуказанных повреждений и обеспечивает легкий, быстрый, и безопасный проезд по гладкой поверхности.

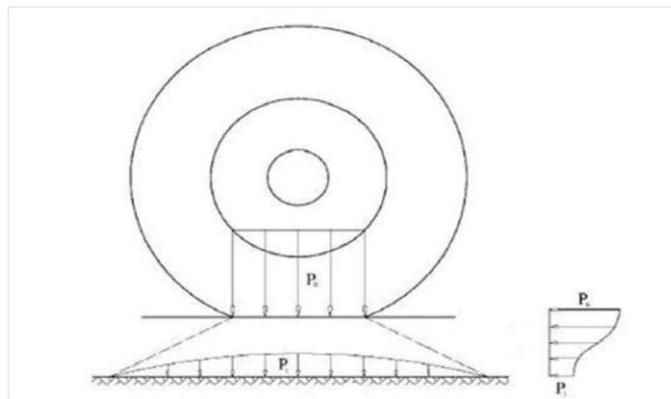


Рис. 1: Загрузка дорожного покрытия колесами.

Общая схема эксплуатации и распределение нагрузки гибких дорожных покрытий f_l показаны на рис. 1. Согласно рисунку, нагрузка транспортного средства прикладывается колесом к поверхности дорожного покрытия на почти круглой контактной поверхности. Толщина слоев дорожного покрытия и качество их сопротивления выбираются таким образом, чтобы нагрузка на колеса распределялась как можно больше, с целью снизить максимальную интенсивность напряжений на грунте до более низкого давления, чем грунт основания может выдержать при допустимой деформации. Эти нагрузки сократили срок службы дорожного покрытия, и дорога была разрушена до истечения ожидаемого срока службы. Ранний ущерб вызвал дополнительные и непредвиденные расходы и несоответствия запланированному графику и бюджетам, выделенным на техническое обслуживание. Это создает много проблем в вопросах макроуправления [2,3].

Результаты исследования

Таблица №1

Тип дорожного покрытия и допустимые значения сопротивления

Тип дорожного покрытия	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Допустимое Сопротивление										
W_{all}	16.75	16.5	16.25	16	15.75	15.5	15	13	12	10
(Тонна)										

Путь грузовика задан от начальной точки до конечной точки выгрузки (точка выгрузки у заказчика). Некоторые пункты также определены как обязательные пункты (догрузки). Значения, представленные выше и ниже точек, являются значениями веса узла в разных опросах.

Результат и работа алгоритма заключается в продолжении процесса алгоритма до тех пор, пока не будет достигнута желаемая сходимость. Соответствующий генетический алгоритм сходится к оптимальному решению в оптимальной точке (рис. 2). Согласно диаграмме сходимости, в точке оптимума и далее наклон диаграммы уменьшается; это означает, что пределы окончательного ответа в этой диаграмме становятся более оптимальными [4,5].

Индекс оценки ответа является одним из наиболее важных параметров производительности алгоритма, который основан на экспериментах, и уравнение (6) было выбрано для оценки ответов.

$$p_i = \frac{\exp(-(cost_i))}{\sum_{i=1}^n \exp(-(cost_i))} \quad (6)$$

$cost_i \rightarrow$ минимум количества воздействий

Таблица №2

Характеристики потребления бензина (и, следовательно, количества загрязняющих веществ) и мощности различных разрешенных транспортных средств для загрузки отходов.

Тип характеристик	W_{1i}	A_i	B_i	C_i	D_i	E_i	$M_i/100$ км (расход топлива)	Предельная нагрузка Тонн
	Тонн	$C_{NO_2}/\text{км}$	$C_{SO_2}/\text{км}$	$C_{CO}/\text{км}$	$C_{PM_{10}}/\text{км}$	$C_{PM_{2,5}}/\text{км}$		
1	7	3.3	6.9	5.1	3.9	4.6	10	15
2	8	4.2	4.8	5.7	5.1	3.9	9	15
3	6.3	5.4	3.7	5.35	3.5	4.5	8	10
4	5.4	2.1	2.65	3.7	2.95	3.45	8.5	10
5	4.5	3.3	4.25	4	3.2	5.4	9.5	10
6	6.5	4.5	3.7	3.35	4.8	5.1	7.5	10
7	7.5	7.7	9.1	8.5	7.5	9.9	8	10
8	6.7	2.1	3.9	2.5	2.9	4.8	7	10
9	5.8	5	4.5	3.8	4.45	6.6	8	10

Таблица №3

Исследование характеристик сопротивления типов дорожных покрытий.

Коэффициент Пуассона	модуль упругости (МПа)	Толщина	Тип слоя	Тип дороги
9				
0,35	3000	9	Асфальт	Первый тип (двухполосная дорога)
0,3	375	12	Основа	
0,3	150	25	подоснова	
0,45	60	∞	Грунт земляного полотна	
0,35	3000	12	Асфальт	Тип второй (четыреполосная дорога)
0,3	375	20	Основа	
0,3	150	30	подоснова	
0,45	60	∞	Грунт земляного полотна	
0,35	3000	15	Асфальт	Третий тип (шестиполосная дорога)
0,3	375	25	Основа	
0,3	150	35	подоснова	
0,45	60	∞	Грунт земляного полотна	

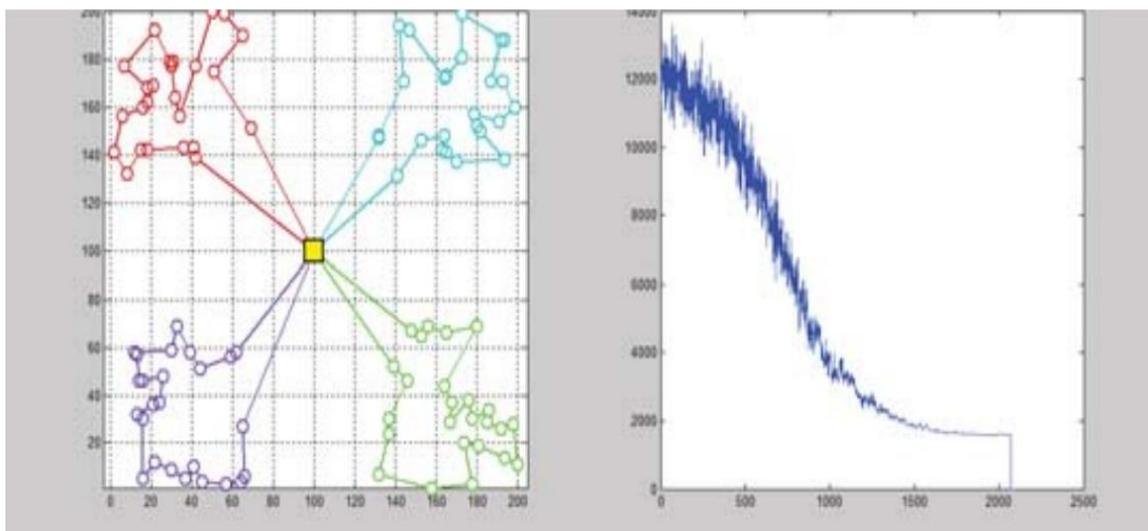


Рис. 2: Вывод генетического алгоритма (диаграмма сходимости и вывод точек).

Развитие этой модели привело к появлению кратчайшего из возможных путей. Фактически, с помощью созданных кодов, связанных с онлайн-программным обеспечением GPS, желаемые маршруты могут быть определены и стратегически важны. С помощью алгоритма достигаются все параметры управления устойчивым развитием, включая снижение загрязнения воздуха, уменьшение разрушения дорожного покрытия улиц, а также потребление энергии и топлива. Использование вновь определенного пути и полученных обязательных баллов может обеспечить все цели исследования [6].

Применение этого метода с целью оптимизации маршрутов, предназначенных для доставки коммерческого бетона, за счет снижения экономических и экологических затрат может стать прямым фактором устойчивого развития компании [7,8].

Выводы

Необходимость использования автомобильных бетоносмесителей, возникает в большинстве бурно развивающихся городов, в связи с большим

количеством строительных площадок с одной стороны, и быстрым развитием населения и городских районов, с другой стороны, и приводит к потребности в управлении маршрутизацией с минимальными расходами для получения наибольшего результата. Первым шагом, который выполняется непосредственно поставяющей организацией, является сбор заявок. Этот этап осуществления производства, на который приходится 30 % затрат, может существенно изменить затраты в данном секторе за счет правильного управления и использования новых методов оптимизации. В этом исследовании используется комбинация генетического алгоритма и системы глобального позиционирования с учетом трех критериев расхода топлива, загрязнения воздуха и повреждения дорожного покрытия (которые являются основным негативным эффектом данного этапа) для определения и оптимизации маршрута автобетоновозов [9,10]. Соответствующий генетический алгоритм сошелся к оптимальному ответу в оптимальной точке генерации графика, и за счет оптимизации модели значение функции затрат было уменьшено с 1177500 руб. до 158900 руб. Производительность модели привела к кратчайшему возможному пути. Фактически, с помощью алгоритма достигаются все параметры управления устойчивым развитием, включая снижение загрязнения воздуха, уменьшение разрушения уличного покрытия, а также потребления энергии и топлива. Наконец, объединив выходные данные алгоритма и GPS-системы, мы сопоставили точки алгоритма и определили оптимальные маршруты.

Литература

1. Маняшин, А. В. Прогнозирование и планирование ресурсов на автомобильном транспорте с использованием информационных технологий. – Тюмень, 2015. – С. 146.

2. Маняшин, С. А. Методика исследования режимов движения автомобилей в городских условиях // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин: сборник материалов международной научно-технической конференции. - Тюмень: 2008. - С. 126 – 128.
 3. Маняшин, С. А. Автоматизация исследований режимов движения автомобилей в городе // Проблемы эксплуатации систем транспорта: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень, 2008. – С. 197-198.
 4. Wang, J.; Rakha, H.A. Fuel Consumption Model for Conventional Diesel Buses. Appl. Energy 2016, 170, pp. 394–402.
 5. Магомадова Х.А. Принципы рационального использования природных ресурсов. Формирование идей устойчивого развития. // Инженерный вестник Дона, 2012, № 2, часть 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/755.
 6. Tupaldos, P.; Papamichail, I.; Papageorgiou, M. Minimization of Fuel Consumption for Vehicle Trajectories. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 2020, 21, pp. 1716–1727.
 7. Магомадова Х.А. Проблемы социально-эколого-экономической эффективности взаимодействия общества и природы. // Инженерный вестник Дона, 2012, № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/666
 8. Маринович С., Боланча Т., Юкич С., Рукавина В., Юкич А. Вычисление низкотемпературных характеристик дизельного топлива с помощью искусственных нейронных сетей // Химия и технология топлив и масел. 2012. № 1. С. 47–52.
 9. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы. М.: Лаборатория знаний, 2016. 221 с.
-

10. Zhang, Y., Wang, H., Liang, S., Xu, M. et al., “A Dual Strategy for Controlling Energy Consumption and Air Pollution in China’s Metropolis of Beijing,” *Energy* 81:294- 303, 2015.

References

1. Manyashin, A. V. Prognozirovaniye i planirovaniye resursov na avtomobil`nom transporte s ispol`zovaniem informacionny`x texnologij [Forecasting and resource planning in road transport using information technology]. Tyumen`, 2015. P. 146.
2. Manyashin, S. A. Problemy` e`kspluatacii i obsluzhivaniya transportno-texnologicheskix mashin: sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoy konferencii. Tyumen`: 2008. pp. 126 – 128.
3. Manyashin, S. A. Problemy` e`kspluatacii sistem transporta. Sbornik materialov vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii. Tyumen`, 2008. pp. 197-198.
4. Wang, J.; Rakha, H.A. Fuel Consumption Model for Conventional Diesel Buses. *Appl. Energy* 2016, 170, pp. 394–402.
5. Magomadova X.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 2, chast` 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/755.
6. Typaldos, P.; Papamichail, I.; Papageorgiou, M. Minimization of Fuel Consumption for Vehicle Trajectories. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2020, 21, pp. 1716–1727.
7. Magomadova X.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/666
8. Marinovich C., Bolancha T., Yukich S., Rukavina V., Yukich A. Ximiya i texnologiya topliv i masel. 2012. № 1. pp. 47–52.



9. Yasnichkij L.N. Intellektual`ny`e sistemy` [Intelligent systems]. Moskva. Laboratoriya znaniy, 2016. P. 221.

10. Zhang, Y., Wang, H., Liang, S., Xu, M. et al., “A Dual Strategy for Controlling Energy Consumption and Air Pollution in China’s Metropolis of Beijing,” Energy 81:294- 303, 2015.