

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ

Статья посвящена оптимизации транспортного процесса на основе модели составления расписаний. Предлагается использование методов корреляционного, регрессионного, факторного анализов для построения моделей множественной линейной регрессии, множественной нелинейной регрессии, а также моделей, построенных с использованием факторного анализа. Данную методику можно использовать для оптимизации параметров различных типов перевозок с целью минимизации финансовых затрат.

В настоящее время все большее значение начинают приобретать вопросы повышения уровня транспортного обслуживания клиентов. Под качеством понимают совокупность свойств и характеристик услуги, которые придают ей способность удовлетворять потребности клиентов. Если компания обязуется доставить груз по назначению и в оговоренные контрактом сроки в условиях сохранности, то в будущем клиент ожидает, что перевозчик сократит время простоя, снизит плату за хранение, расширит сеть доставки и т.д., т.е. повысит качество предоставляемых услуг. Одним из способов повысить это качество является сокращение времени, затрачиваемого на погрузочно-разгрузочные работы, путем оптимизации нерационально составленного расписания перевозок.

В наиболее общей формулировке задача составления расписаний состоит в следующем: с помощью некоторого множества ресурсов или обслуживающих устройств должна быть выполнена некоторая фиксированная система заданий. Цель заключается в том, чтобы при заданных свойствах заданий и ресурсов и наложенных на них ограничениях найти эффективный алгоритм упорядочивания заданий, оптимизирующий или

стремящийся оптимизировать требуемую меру эффективности.

В качестве основных мер эффективности рассматривается общее количество перевезенного груза и общее время простоя при погрузочно-разгрузочных работах.

Для повышения эффективности и системной устойчивости на рынке транспортных услуг при доставке грузов должна быть обеспечена максимальная координация и интеграция всех звеньев транспортного процесса, участвующих в формировании и управлении основными и вспомогательными материальными и связанными с ними потоками. Элементами (звеньями) транспортного процесса при перевозке грузов являются подача подвижного состава под погрузку, погрузка, транспортирование и разгрузка.

В свою очередь, составляющие характеристики элементов доставки грузов или пассажиров характеризуются определенными, присущими только им закономерностями и зависимостями как друг от друга, так и от внешних факторов.

Различные виды перевозок обладают специфическими особенностями в технологии, организации и управлении, но они имеют общую технологическую основу в виде конкретных технологических схем доставки (будь то грузы или пассажиры). Была рассмотрена схема, изображенная на рисунке 1.

Простейшей организацией для перевозки грузов или пассажиров является транспортное звено. Организационная структура транспортного звена предпо-



Рисунок 1. Технологическая схема доставки

лагает оптимизацию как состава элементов, так и структуры звеньев и взаимосвязей между ними.

Операционную систему доставки можно рассмотреть в виде схемы, на входе которой имеем наличие определенного числа подвижного состава, погрузчиков, разгрузчиков, времени погрузки, разгрузки, доставки одного груза, а также распорядки дня для погрузчиков, разгрузчиков и водителей, а на выходе – своевременную перевозку грузов (пассажиров) в пункт назначения. Процессы трансформации представляют собой процессы преобразования - входа в выход, т.е. с минимальными затратами перевозки грузов (пассажиров).

В целом перевозочный процесс можно рассматривать как систему многофазового массового обслуживания дискретного типа с конечным множеством состояний, в которой переход: из одного состояния в другое происходит скачками в момент, когда осуществляется какое-то событие.

Был разработан алгоритм составления расписаний перевозок и реализован в программном средстве, позволяющем учесть следующие входные параметры: время начала работы, время окончания работы, количество погрузчиков, количество разгрузчиков, количество автомобилей, время начала обеда погрузчиков, время начала обеда разгрузчиков, время начала обеда водителей, продолжительность обеда погрузчиков, продолжительность обеда разгрузчиков, продолжительность обеда водителей, продолжительность погрузки, продолжительность разгрузки, продолжительность движения, возможное время переработки.

Параметры для оптимизации: общее время простоя, время простоя при погрузке, время простоя при разгрузке, общее количество перевезенного груза.

Пользователи транспортных услуг в настоящее время отдают предпочтение таким показателям, как соблюдение временных графиков доставки грузов и пассажиров, ответственность за удовлетворение оговоренных потребностей, надежность доставки. Выполнение этих требований связано с достаточно точной временной оценкой звеньев доставки

грузов и пассажиров, т.е. со знанием закономерностей изменения всех их элементов и установлением конкретных величин. Выявление закономерностей и зависимостей звеньев и элементов доставки является основой в системном построении всех возможных видов организации перевозок грузов и пассажиров.

Для построения моделей оптимизации основных параметров расписания была построена матрица исследования, параметрами-столбиками которой были параметры расписания, а строчками – значения этих параметров для соответствующего варианта расписания.

При этом входные параметры (время начала работы, время окончания работы, количество погрузчиков, количество разгрузчиков, количество автомобилей, время начала обеда погрузчиков, время начала обеда разгрузчиков, время начала обеда водителей, продолжительность обеда погрузчиков, продолжительность обеда разгрузчиков, продолжительность обеда водителей, продолжительность погрузки, продолжительность разгрузки, продолжительность движения, возможное время переработки) имели нормальное распределение.

Квантили нормально распределенных случайных величин определялись из выражения для функции распределения нормально распределенной случайной величины при заданном математическом ожидании и заданном среднем

квадратическом отклонении
$$\left(F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt \right).$$

Была построена следующая многопараметрическая матрица исследований, в которой столбцами и строчками являются: 1 - количество погрузчиков, 2 - количество разгрузчиков, 3 - количество автомобилей, 4 - продолжительность погрузки, 5 - продолжительность разгрузки, 6 - продолжительность движения, 7 - общее количество перевезенного груза, 8 - общее время простоя, 9 - время простоя при погрузке, 10 - время простоя при разгрузке, 11 - продолжительность обеда погрузчиков, 12 - продолжительность обеда разгрузчиков, 13 - продолжительность обеда водителей, 14 - время начала работы, 15 - время окончания работы, 16 - время начала обеда погрузчиков, 17 - время начала обеда разгрузчиков,

Таблица 1. Корреляционная матрица

№ параметра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1	0.12	0.10	-0.19	-0.18	-0.15	0.20	-0.24	-0.61	0.26	-0.24	-0.04	-0.07	-0.14	0.05	0.16	-0.10	0.05	-0.14
2	0.12	1	-0.29	0.15	0.14	0.02	-0.27	-0.64	-0.25	-0.63	-0.13	-0.32	0.06	0.05	0.05	0.27	0.14	0.17	0.09
3	0.10	-0.29	1	-0.09	0.00	-0.07	0.94	0.62	0.50	0.37	-0.33	-0.05	-0.06	0.24	-0.21	0.22	0.07	0.18	-0.20
4	-0.19	0.15	-0.09	1	0.06	0.13	-0.22	-0.03	0.07	-0.11	0.01	0.29	0.17	-0.05	-0.24	-0.03	0.09	0.15	-0.16
5	-0.18	0.14	0.00	0.06	1	0.02	-0.04	-0.03	0.09	-0.13	-0.01	-0.16	0.02	0.04	0.01	-0.11	-0.03	0.01	0.24
6	-0.15	0.02	-0.07	0.13	0.02	1	0.26	0.06	0.14	-0.05	0.15	0.17	0.29	0.01	-0.04	0.18	0.10	-0.25	0.16
7	0.20	-0.27	0.94	-0.22	-0.04	-0.26	1	0.53	0.35	0.39	-0.32	-0.05	-0.10	0.15	-0.19	0.14	0.04	0.22	-0.22
8	-0.24	-0.64	0.62	-0.03	-0.03	0.06	0.53	1	0.68	0.72	-0.01	0.11	-0.05	-0.06	-0.13	-0.07	-0.02	-0.08	-0.05
9	-0.61	-0.25	0.50	0.07	0.09	0.14	0.35	0.68	1	-0.02	0.14	0.00	-0.01	0.15	-0.18	0.02	0.24	0.00	-0.11
10	0.26	-0.63	0.37	-0.11	-0.13	-0.05	0.39	0.72	-0.02	1	-0.15	0.16	-0.06	-0.22	-0.01	-0.12	-0.26	-0.11	0.03
11	-0.24	-0.13	-0.33	0.01	-0.01	0.15	-0.32	-0.01	0.14	-0.15	1	0.10	0.04	-0.21	-0.01	-0.18	0.26	-0.19	-0.03
12	-0.04	-0.32	-0.05	0.29	-0.16	0.17	-0.05	0.11	0.00	0.16	0.10	1	0.09	-0.12	-0.21	-0.20	-0.25	-0.04	0.12
13	-0.07	0.06	-0.06	0.17	0.02	0.29	-0.10	-0.05	-0.01	-0.06	0.04	0.09	1	0.22	-0.12	0.10	0.22	0.11	0.03
14	-0.14	0.05	0.24	-0.05	0.04	0.01	0.15	-0.06	0.15	-0.22	-0.21	-0.12	0.22	1	0.07	0.29	0.08	0.06	-0.01
15	0.05	0.05	-0.21	-0.24	0.01	-0.04	-0.19	-0.13	-0.18	-0.01	-0.01	-0.21	-0.12	0.07	1	0.15	-0.09	0.03	0.15
16	0.16	0.27	0.22	-0.03	-0.11	0.18	0.14	-0.07	0.02	-0.12	-0.18	-0.20	0.10	0.29	0.15	1	0.15	-0.04	-0.10
17	-0.10	0.14	0.07	0.09	-0.03	0.10	0.04	-0.02	0.24	-0.26	0.26	-0.25	0.22	0.08	-0.09	0.15	1	-0.09	-0.48
18	0.05	0.17	0.18	0.15	0.01	-0.25	0.22	-0.08	0.00	-0.11	-0.19	-0.04	0.11	0.06	0.03	-0.04	-0.09	1	-0.05
19	-0.14	0.09	-0.20	-0.16	0.24	0.16	-0.22	-0.05	-0.11	0.03	-0.03	0.12	0.03	-0.01	0.15	-0.10	-0.48	-0.05	1

18 - время начала обеда водителей, 19 – возможное время переработки.

На построенной матрице исследования был проведен корреляционный анализ [3].

Коэффициент корреляции параметра - количество перевезенного груза:

с параметром - количество автомобилей = 0.937

с параметром - общее время простоя (погрузчики+разгрузчики) = 0.529

с параметром - время простоя при погрузке = 0.348

с параметром - время простоя при разгрузке = 0.390

Коэффициент корреляции параметра - общее время простоя (погрузчики+разгрузчики):

с параметром - количество разгрузчиков = -0.636

с параметром - количество автомобилей = 0.625

с параметром - количество перевезенного груза = 0.529

с параметром - время простоя при погрузке = 0.680

с параметром - время простоя при разгрузке) = 0.716

Коэффициент корреляции параметра - время простоя при погрузке:

с параметром - количество погрузчиков = -0.615

с параметром - количество автомобилей = 0.502

с параметром - количество перевезенного груза = 0.348

с параметром - общее время простоя (погрузчики+разгрузчики) = 0.680

Коэффициент корреляции параметра - время простоя при разгрузке:

с параметром - количество разгрузчиков = -0.629

с параметром - количество автомобилей = 0.375

с параметром - количество перевезенного груза = 0.390

с параметром - общее время простоя (погрузчики+разгрузчики) = 0.716

Как видно из приведенных значений коэффициентов корреляции, количество перевезенного груза, а также остальные результирующие параметры имеют сильную связь с количеством автомобилей. Время простоя при погрузке имеет также сильную связь с количеством погрузчиков. Это подтверждают и результаты факторного анализа [4,5] (таблицы 2-10) который, как известно, дает возможность определения качественных

групповых обусловленностей между параметрами исследования. Так, в факторе 1 произошло объединение всех результирующих параметров с количеством разгрузчиков и автомобилей.

Результаты факторного анализа:

Таблица 2. Сумма квадратов нагрузок по факторам

Номер фактора	Сумма квадратов нагрузок
1	3.600
2	2.369
3	2.299
4	1.618
5	1.530
6	1.448
7	1.004
8	0.921
9	0.853
10	0.752
11	0.627

Таблица 3. Объединение по фактору 2

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
1	Количество погрузчиков	0.6840
11	Продолжительность обеда погрузчиков	-0.5922

В факторе 2 базовый параметр - 1 (количество погрузчиков).

Таблица 4. Объединение по фактору 1

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
2	Количество разгрузчиков	0.6450
3	Количество автомобилей	-0.8615
7	Количество перевезенного груза	-0.8218
8	Общее время простоя	-0.8907
9	Время простоя при погрузке	-0.5787
10	Время простоя при разгрузке	-0.6640

В факторе 1 базовый параметр - 3 (количество автомобилей).

Таблица 5. Объединение по фактору 5

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
4	Время погрузки	0.542
12	Продолжительность обеда разгрузчиков	0.4979

В факторе 5 базовый параметр - 4 (время погрузки).

Таблица 6. Объединение по фактору 4

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
5	Время разгрузки	-0.5284
19	Возможное время переработки	-0.6795

В факторе 4 базовый параметр - 19 (возможное время переработки).

Таблица 7. Объединение по фактору 6

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
6	Время движения	0.6275
16	Начало обеда погрузчиков	0.5536
18	Начало обеда водителей	-0.4499

В факторе 6 базовый параметр - 6 (время движения).

Таблица 8. Объединение по фактору 8

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
13	Продолжительность обеда водителей	-0.6212

В факторе 8 базовый параметр - 13 (продолжительность обеда водителей).

Таблица 9. Объединение по фактору 3

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
14	Время начала рабочего дня	-0.5062
17	Время начала обеда разгрузчиков	-0.6538

В факторе 3 базовый параметр - 17 (время начала обеда разгрузчиков).

Таблица 10. Объединение по фактору 9

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
15	Время окончания рабочего дня	0.4917

В факторе 9 базовый параметр - 15 (время окончания рабочего дня).

Согласно результатам факторного анализа, были получены параметры, являющиеся базовыми: параметр 3 – количество автомобилей, параметр 1 – количество погрузчиков, параметр 17 - время начала обеда разгрузчиков, параметр 19 - возможное время переработки, параметр 4 – продолжитель-

ность погрузки, параметр 6 – продолжительность движения, параметр 5 – продолжительность разгрузки, параметр 13 - продолжительность обеда водителей, параметр 15 - время окончания рабочего дня, параметр 18 - время начала обеда водителей, параметр 12 - продолжительность обеда разгрузчиков.

Таким образом, данные перевозки можно описать одиннадцатью базовыми параметрами вместо исходных девятнадцати. Остальные параметры можно определять по регрессионным моделям на 11 базовых параметрах-аргументах.

Определение количественных обусловленностей осуществлялось по вкладам, полученным по регрессионным моделям [2], построенным ступенчатым регрессионным методом.

Модель для параметра - количество перевезенного груза:

$$y=(4.36657)*(X_3)^0+(0.92299)*(X_3)^1+ (0.29212)*(X_3)^2+(-0.01414)*(X_3)^3 + (889.98153)*(X_6)^0+ (-44.97709)*(X_6)^1+(0.75877)*(X_6)^2+ +(-0.00427)*(X_6)^3 \quad (1)$$

Коэффициент детерминации модели (1) = 0.9683

Согласно вкладам по моделям (1), количество перевезенного груза более всего обусловлено количеством автомобилей.

Модель для параметра - общее время простоя (погрузчики + разгрузчики):

$$y=(-295.88725)*(X_3)^0+(131.56196)*(X_3)^1+ +(-19.71097)*(X_3)^2+(1.11605)*(X_3)^3 + (549.08199)*(X_1)^0+ +(-210.75119)*(X_1)^1+(26.07396)*(X_1)^2+ +(-1.06211)*(X_1)^3 + (63062137.53400)*(X_{17})^0+ +(-242949.66170)*(X_{17})^1+ + (311.98818)*(X_{17})^2+(-0.13355)*(X_{17})^3 + (7600.46530)*(X_{19})^0+ +(-1171.22158)*(X_{19})^1+(59.54275)*(X_{19})^2+ +(-0.99890)*(X_{19})^3$$

Таблица 11. Вклады параметров-аргументов в модели (1)

Номер параметра-аргумента	Название параметра	Вклад в модель
3	Количество автомобилей	0.9718
6	Время движения	0.0282

$$+(-973.54711)*(X_4)^0+(91.53002)*(X_4)^1+ +(-2.79968)*(X_4)^2+(0.02780)*(X_4)^3 \quad (2) +(-13862.93333)*(X_6)^0+(632.58423)*(X_6)^1+ +(-9.52747)*(X_6)^2+(0.04731)*(X_6)^3 + (6767.39821)*(X_5)^0+ +(-611.06338)*(X_5)^1+(18.18553)*(X_5)^2+ +(-0.17839)*(X_5)^3 + (3344.30464)*(X_{13})^0+ +(-193.05366)*(X_{13})^1+(3.68575)*(X_{13})^2+ +(-0.02327)*(X_{13})^3 +(-168128366.46975)*(X_{15})^0+ + (419278.54940)*(X_{15})^1+ +(-348.52909)*(X_{15})^2+(0.09657)*(X_{15})^3 + (159677509.07379)*(X_{18})^0+ +(-613603.43607)*(X_{18})^1+ + (785.97565)*(X_{18})^2+(-0.33559)*(X_{18})^3 +(-77461.76104)*(X_{12})^0+ + (3870.20235)*(X_{12})^1+ +(-64.36707)*(X_{12})^2+(0.35633)*(X_{12})^3$$

Таблица 12. Вклады параметров-аргументов в модели (2)

Номер параметра-аргумента	Название параметра	Вклад в модель
3	Количество автомобилей	0.3843
1	Количество погрузчиков	0.1090
17	Время начала обеда разгрузчиков	0.0350
19	Возможное время переработки	0.0592
4	Продолжительность погрузки	0.0249
6	Время движения	0.0713
5	Продолжительность разгрузки	0.0834
13	Продолжительность обеда водителей	0.0353
15	Время окончания рабочего дня	0.0460
18	Время начала обеда водителей	0.0765
12	Продолжительность обеда разгрузчиков	0.0749

Коэффициент детерминации модели (2) = 0.9221

Согласно вкладам по моделям (2), общее время простоя (погрузчики+разгрузчики) более всего обусловлено количеством автомобилей.

Модель для параметра - время простоя при погрузке:

$$y=(64.01909)*(X_3)^0+ +(-39.83016)*(X_3)^1+(4.52421)*(X_3)^2+$$

$$\begin{aligned}
 &+(-0.05618)*(X_3)^3 \\
 &+(470.11858)*(X_1)^0+(-148.40353)*(X_1)^1+ \\
 &+(16.74260)*(X_1)^2+(-0.66471)*(X_1)^3 \\
 &+(47126850.11277)*(X_{17})^0+ \\
 &+(-181359.95428)*(X_{17})^1+(232.63919)*(X_{17})^2 \\
 &+(-0.09947)*(X_{17})^3 \quad (3) \\
 &+(4460.74788)*(X_{19})^0+ \\
 &(-668.96600)*(X_{19})^1+(33.23955)*(X_{19})^2+ \\
 &(-0.54735)*(X_{19})^3 \\
 &+(542.56479)*(X_5)^0+ \\
 &(-53.99745)*(X_5)^1+(1.71580)*(X_5)^2+ \\
 &(-0.01735)*(X_5)^3 \\
 &+(-40401467.04009)*(X_{18})^0+ \\
 &(155311.96185)*(X_{18})^1+ \\
 &(-199.01485)*(X_{18})^2+(0.08500)*(X_{18})^3 \\
 &+(12884.24717)*(X_{12})^0+ \\
 &(-643.74589)*(X_{12})^1+(10.67177)*(X_{12})^2+ \\
 &(-0.05870)*(X_{12})^3
 \end{aligned}$$

Таблица 13. Вклады параметров-аргументов в модели (3)

Номер параметра-аргумента	Название параметра	Вклад в модель
3	Количество автомобилей	0.2958
1	Количество погрузчиков	0.4320
17	Время начала обеда разгрузчиков	0.0717
19	Возможное время переработки	0.0549
5	Продолжительность разгрузки	0.0561
18	Время начала обеда водителей	0.0291
12	Продолжительность обеда разгрузчиков	0.0603

Коэффициент детерминации модели (3) = 0.9518

Согласно вкладам по моделям (3), время простоя при погрузке более всего обусловлено количеством погрузчиков и сильно обусловлено количеством автомобилей.

Модель для параметра - время простоя при разгрузке:

$$\begin{aligned}
 y = &(-686.51690)*(X_3)^0+(288.91136)*(X_3)^1+ \\
 &+(-40.44224)*(X_3)^2+(1.88178)*(X_3)^3 \\
 &+(166.84903)*(X_1)^0+(-101.14421)*(X_1)^1+ \\
 &+(16.60021)*(X_1)^2+(-0.79293)*(X_1)^3 \\
 &+(14146755.64540)*(X_{17})^0+ \\
 &+(-54635.62871)*(X_{17})^1+(70.33884)*(X_{17})^2+ \\
 &+(-0.03019)*(X_{17})^3 \\
 &+(1634.83967)*(X_{19})^0+
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+(-257.52075)*(X_{19})^1+(13.32692)*(X_{19})^2+ \\
 &+(-0.22675)*(X_{19})^3 \\
 &+(-876.25773)*(X_4)^0+(91.29654)*(X_4)^1+ \\
 &+(-3.04162)*(X_4)^2+(0.03247)*(X_4)^3 \quad (4) \\
 &+(-3779.68662)*(X_6)^0+(143.52784)*(X_6)^1+ \\
 &+(-1.64946)*(X_6)^2+(0.00517)*(X_6)^3 \\
 &+(7483.49540)*(X_5)^0+ \\
 &+(-675.56913)*(X_5)^1+(20.23934)*(X_5)^2+ \\
 &+(-0.20080)*(X_5)^3 \\
 &+(552.76015)*(X_{13})^0+ \\
 &+(-76.34731)*(X_{13})^1+(2.13505)*(X_{13})^2+ \\
 &+(-0.01690)*(X_{13})^3 \\
 &+(-272614163.66208)*(X_{15})^0+ \\
 &+(680788.57568)*(X_{15})^1+ \\
 &+(-566.69822)*(X_{15})^2+(0.15724)*(X_{15})^3 \\
 &+(264982902.12399)*(X_{18})^0+ \\
 &+(-1018387.32428)*(X_{18})^1+ \\
 &+(1304.62167)*(X_{18})^2+(-0.55710)*(X_{18})^3 \\
 &+(-88911.21086)*(X_{12})^0+ \\
 &+(4451.96659)*(X_{12})^1+ \\
 &+(-74.16660)*(X_{12})^2+(0.41106)*(X_{12})^3
 \end{aligned}$$

Таблица 14. Вклады параметров-аргументов в модели (4)

Номер параметра-аргумента	Название параметра	Вклад в модель
3	Количество автомобилей	0.1117
1	Количество погрузчиков	0.0997
17	Время начала обеда разгрузчиков	0.0771
19	Возможное время переработки	0.0245
4	Продолжительность погрузки	0.0613
6	Время движения	0.0732
5	Продолжительность разгрузки	0.1891
13	Продолжительность обеда водителей	0.0662
15	Время окончания рабочего дня	0.0656
18	Время начала обеда водителей	0.1184
12	Продолжительность обеда разгрузчиков	0.1133

Коэффициент детерминации модели (4) = 0.8839

Согласно вкладам по моделям (4), время простоя при разгрузке более всего обусловлено временем разгрузки и сильно обусловлено количеством автомобилей.

Поскольку регрессионные модели на базовых параметрах-аргументах имеют высокий коэффициент детерминации, то алго-

ритм определения базовых параметров является корректным.

Построенные регрессионные модели были использованы для оптимизации.

Для заданной матрицы были получены значения базовых параметров, при построении расписания на которых, значения параметров общее количество перевезенного груза и общее время простоя являются оптимальными.

Значения полученных параметров приведены в таблице:

время начала работы = 08 часов 56 минут,
время окончания работы = 19 часов 52 минуты,
количество погрузчиков = 7,
количество разгрузчиков = 6,
количество автомобилей = 11,
время начала обеда погрузчиков = 13 часов 54 минуты,
время начала обеда разгрузчиков = 13 часов 59 минут,

время начала обеда водителей = 13 часов 59 минут,

продолжительность обеда погрузчиков = 58 минут,

продолжительность обеда разгрузчиков = 64 минуты,

продолжительность обеда водителей = 57 минут,

продолжительность погрузки = 30 минут,

продолжительность разгрузки = 29 минут,

продолжительность движения = 59 минут,
возможное время переработки = 20 минут.
общее количество перевезенного груза = 33 единицы,

общее время простоя = 2 часа 29 минут,
время простоя при погрузке = 2 часа,

время простоя при разгрузке = 29 минут.

Приведенную методику можно использовать для оптимизации параметров различных типов перевозок и в различных областях исследования.

Список использованной литературы:

1. Чепасов В.И., Харченко Д.А. Минимизация количества параметров исследования//ОГУ, Оренбург, 2004г.,186с.
2. Драйпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. - М.: Статистика, 1973.
3. Бендат Д. Ж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. - М.: Мир, 1974.
4. Харман Г. Современный факторный анализ.-М.:Статистика, 1972.
5. Иберла К. Факторный анализ.-М.:Статистика, 1980.
6. Никифоров В.С. Мультимодальные перевозки и транспортная логистика. – М.: ТРАНСЛИТ. - 2007. – 272 с.
7. Лукинский В.С. Логистика автомобильного транспорта. – М.:Финансы и статистика. – 2004. -368 с.

Статья рекомендована к публикации