

Transport and Telecommunication, 2007, Volume 8, No 1, 53–61
Transport and Telecommunication Institute, Lomonosov 1, Riga, LV-1019, Latvia

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ МАРШРУТАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЯХ ПРИНЯТИЯ ОБРАТНОЙ ЗАГРУЗКИ

Сергей Аземша

*Белорусский государственный университет транспорта
ул. Кирова 34, г. Гомель, 246022, Республика Беларусь
E-mail: s-azemsha@yandex.ru*

Характерной чертой международных автомобильных перевозок грузов является большое значение пробега транспортных средств на маршруте. Для повышения эффективности данного вида перевозок необходимо уделять особое внимание процессу поиска и выбора обратных загрузок. Задача грузов в попутном (обратном попутному) направлении частично решена, что связано с развитием транспортно-информационных порталов в сети *Internet*. Однако проблема выбора рациональной перевозки из множества альтернативных вариантов загрузок остается актуальной. Решение о принятии того или иного груза к перевозке в настоящее время принимается менеджерами перевозчиков на основе интуитивных, основанных на личном практическом опыте умозаключений. Как правило, такие стратегии принятия решения о выборе рациональной обратной перевозки сводятся к тому, что автомобиль перевозит тот груз, время ожидания которого минимальное.

В данной статье предлагаются новые основанные на обработке статистической информации стратегии принятия решения о выборе рациональной обратной перевозки. Предложенные стратегии принятия решения базируются на анализе более 850 маршрутов работы автомобильных средств на направлении Республика Беларусь – Российская Федерация. Статистическое моделирование работы грузовых автомобильных средств по каждой предлагаемой стратегии и последующая экономическая оценка выполненных перевозок позволяют определить оптимальную стратегию принятия решения.

Ключевые слова: стратегия принятия решения, моделирование работы автомобильных транспортных средств, рациональная перевозка, закон распределения

1. Введение

Проблема повышения эффективности автомобильных перевозок грузов имеет высокую значимость в сложившихся условиях жесткой конкуренции на рынке транспортных услуг. Повысить эффект от выполняемого перевозочного процесса представляется возможным за счет увеличения степени использования пробега и грузоподъемности транспортных средств. Созданные в сети *INTERNET* специализированные информационные ресурсы содержат информацию о грузах, предъявляемых к перевозке. Это дает возможность решать поставленную задачу – дает возможность производить поиск грузов с целью улучшения показателей работы транспортных средств. Однако проблема выбора оптимальной перевозки из множества предложенных к перевозке грузов остается актуальной. На практике данная задача решается посредством принятия интуитивных решений, основанных на практическом опыте деятельности менеджеров автоперевозчиков. При этом принято минимизировать время простоя транспортного средства в ожидании обратной загрузки, а в качестве финансового критерия принятия того или иного груза к перевозке выступает величина ставки фрахта за перевозку не ниже средней на данном направлении. Такой подход к обеспечению и выбору обратной загрузки представляется не всегда обоснованным. Для решения изложенной проблемы необходимо разработать и обосновать целесообразность применения различных методик принятия решений по выбору рациональной перевозки, а также выбрать из них оптимальную.

2. Критерий эффективности работы грузовых автомобильных транспортных средств

В качестве критерия, позволяющего производить сравнительный анализ различных вариантов перевозок, в проведенных исследованиях использовалась удельная прибыль [1]. Этот показатель определяется как отношение прибыли, получаемой автомобильным перевозчиком от выполнения той или иной перевозки, ко времени, затрачиваемому на ее выполнение, и грузоподъемности транспортного средства. Данный показатель показывает, какую прибыль приносит автомобильное транспортное средство в единицу времени на единицу своей грузоподъемности. В развернутом виде выражение удельной прибыли имеет следующий вид:

$$\Pi_{\text{уд}} = \frac{V_{\text{T}}(L_{\text{ег}}(\beta \cdot d_{\text{уд}} - S_{\text{пер}}) + T_{\text{прсв}} \cdot d_{\text{пр}})}{q(L_{\text{ег}} + \beta V_{\text{T}}(t_{\text{пр}} + t_{\text{T}} + T_{\text{пр.св}} + T_{\text{ож}}))} - \frac{S_{\text{пост}}}{q}, \quad (1)$$

где V_T – средний пробег автомобиля за единицу времени движения;
 L_{er} – пробег автомобиля с грузом за время работы на маршруте;
 β – коэффициент использования пробега автомобиля;
 $d_{уд}$ – удельная выручка за единицу пробега. Она зависит от грузоподъемности требуемого для перевозки автомобильного транспортного средства и может быть аппроксимирована линейной зависимостью $d_{уд} = a_{0уд} + a_{1уд}q_T$;

$S_{пер}$ – переменные затраты на единицу пробега. Эти затраты зависят от грузоподъемности транспортного средства и фактического его использования

$$S_{пер} = a_{0пер} + a_{1пер}q(1 + a_{2пер}\beta\gamma_{ст});$$

$T_{пр.св}$ – ожидаемое время сверхнормативного простоя под грузовыми операциями по вине заказчика;

$d_{пр}$ – оплата за единицу времени сверхнормативного простоя под грузовыми операциями по вине заказчика. Она может быть представлена также линейной зависимостью от грузоподъемности автомобиля $d_{пр} = a_{0пр} + a_{1пр}q_T$;

$t_{пр}$ – нормативное время на загрузку-разгрузку автомобильного транспортного средства;

t_T – ожидаемая длительность простоев при контроле и документальном оформлении перевозок (на таможенных и др.);

$S_{пост}$ – постоянные затраты за единицу времени работы. Эти затраты зависят в основном от грузоподъемности автомобильного транспортного средства $S_{пост} = a_{0пост} + a_{1пост}q$;

$T_{ож}$ – предполагаемая продолжительность ожидания попутной загрузки;

q_T – грузоподъемность требуемого (заявленного) автомобильного транспортного средства;

q – грузоподъемность автомобильного транспортного средства, которым выполняется перевозка ($q_T \leq q$).

Установлено, что управляемыми параметрами в выражении удельной прибыли являются грузовой пробег, коэффициент использования пробега, требуемая грузоподъемность и время ожидания обратной загрузки [2]. Кроме того, было показано, что между управляемыми параметрами есть статистическая связь [3, 4]. Это обусловлено тем, что с увеличением времени ожидания обратной загрузки расширяется количество грузов, предлагаемых к перевозке в нужном направлении. Вычислив зависимость длины ездки с грузом, коэффициента использования пробега и требуемой грузоподъемности от времени ожидания обратной загрузки и подставляя их в выражение удельной прибыли, после дифференцирования выражения (1) можно получить, что оптимальное время ожидания обратной загрузки равно 15 часов [3].

3. Разработка стратегий принятия решения о выборе рациональной обратной перевозки

В качестве одной из стратегий принятия решения о выборе рациональной обратной перевозки будет стратегия, основанная на ожидании появления обратного груза до 15 часов. В проведенных исследованиях была установлена связь между временем ожидания транспортным средством заявки на перевозку груза, которая позволит достичь максимального значения принятого критерия эффективности, от длины ездки с грузом в прямом направлении и интенсивности появления заявок на перевозку в пункте выгрузки [3]. Данная зависимость имеет следующий вид:

$$T_{ож.заявки.опт} = \frac{12500 - 578\sqrt{L_{er1}} + 7L_{er1} - 99350N_{в.пр}^2 + 23475N_{в.пр} + 94750N_{в.пр}^3}{578\sqrt{L_{er1}} - 7L_{er1} + 99350N_{в.пр}^2 - 23475N_{в.пр} - 94750N_{в.пр}^3}, \quad (2)$$

где L_{er1} – расстояние перевозки груза в прямом направлении, км;

$N_{в.пр}$ – интенсивность появления заявок на перевозку грузов в заданном направлении в пункте выгрузки груза, перевозимого прямой ездой, ед./ч.

При планировании обратной загрузки возможны случаи, когда оптимальная обратная загрузка появляется раньше времени ожидания, полученного исходя из выражения (2). Поэтому можно определить, какое значение коэффициента использования пробега является достаточным для принятия груза к перевозке. Для этого была выдвинута гипотеза о том, что значение достаточного коэффициента использования пробега, обеспечивающее максимальное значение удельной прибыли, зависит от длины ездки с грузом в прямом направлении, т.е. $\beta_{дост} = f(L_{er1})$. Проведенные исследования позволили определить вид данной зависимости [3]:

$$\beta_{доcm} = 0,108408 \ln L_{er1} - 0,0002216 L_{er1} + 0,010837 \sqrt{L_{er1}} \quad (3)$$

Таким образом, можно сформулировать следующие возможные стратегии принятия решения о выборе рациональной обратной ездки. При **первой стратегии** в качестве возможных загрузок в обратном направлении рассматриваются те грузы, заявки на перевозку которых поступили в информационную систему до момента освобождения транспортного средства от прямой перевозки. При этой стратегии из созданного множества обратных загрузок к перевозке принимается тот груз, прибыль от перевозки которого на маршруте за оборот будет наибольшая.

При **второй стратегии** в качестве возможных загрузок в обратном направлении также рассматриваются те грузы, заявки на перевозку которых поступили в информационную систему до момента освобождения транспортного средства от прямой перевозки. Однако при данной стратегии из созданного множества обратных загрузок к перевозке принимается уже тот груз, удельная прибыль от перевозки которого за оборот будет наибольшая.

При **третьей стратегии** в качестве возможных загрузок в обратном направлении рассматриваются те грузы, заявки на перевозку которых поступили в информационную систему в течение заранее заданного времени после момента освобождения транспортного средства от прямой перевозки. При данной стратегии из созданного множества обратных загрузок к перевозке принимается тот груз, прибыль от перевозки которого на маршруте за оборот будет наибольшая.

При четвертой, также как и при третьей стратегии, в качестве возможных загрузок в обратном направлении рассматриваются те грузы, заявки на перевозку которых поступили в информационную систему в течение заранее заданного времени после момента освобождения транспортного средства от прямой перевозки. При данной стратегии из созданного множества обратных загрузок к перевозке принимается уже тот груз, удельная прибыль от перевозки которого за оборот будет наибольшая.

При пятой стратегии в качестве возможных загрузок в обратном направлении рассматриваются те грузы, заявки на перевозку которых поступили в информационную систему на протяжении времени, рассчитываемого из выражения (2). При данной стратегии из созданного множества обратных загрузок к перевозке принимается тот груз, удельная прибыль от перевозки которого за оборот будет наибольшая.

При шестой стратегии принятия решения о выборе обратной загрузки автомобильного транспортного средства рассматриваются поочередно, в хронологическом порядке поступления в информационную систему все заявки. Для каждого рассматриваемого варианта определяется коэффициент использования пробега и сравнивается с достаточной степенью использования пробега автомобиля, определенной из выражения (3). К загрузке по данной стратегии следует принимать тот груз, перевозка которого даст значение коэффициента использования пробега не менее его достаточной величины. Определить из предложенных стратегий выбора обратной перевозки рациональную позволит моделирование работы транспортных средств.

4. Схема функционирования моделируемой системы

Процесс функционирования транспортных средств на международных маршрутах можно представить в виде схемы (рис. 1).

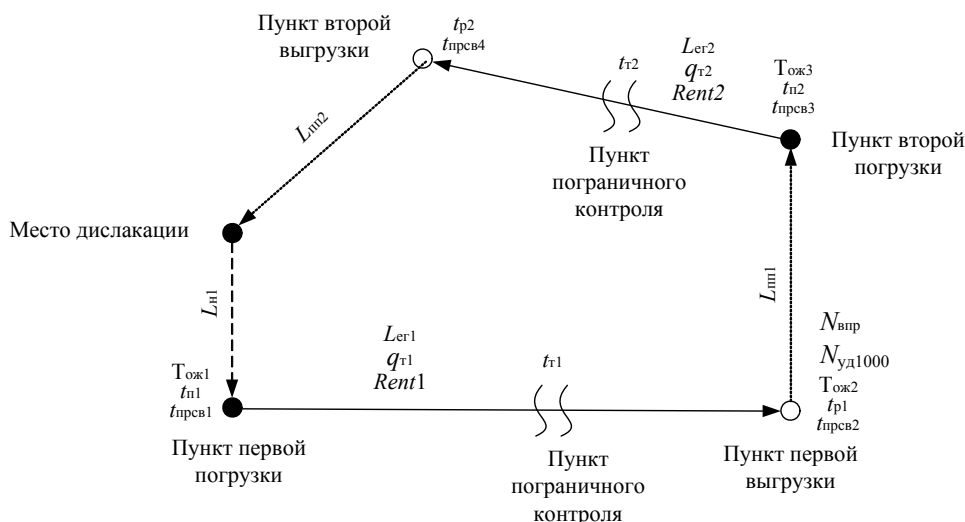


Рис. 1. Схема работы грузовых автотранспортных средств при работе на международных маршрутах

Из приведенной схемы видно, что автомобиль из места своей постоянной дислокации выполняет нулевой пробег к месту первой погрузки. В данном пункте он может ожидать погрузки ($T_{ож1}$) из-за прибытия с упреждением, затем простаивать в ожидании погрузки по вине грузоотправителя ($t_{прсв1}$), а затем находиться под погрузкой ($t_{п1}$). По окончании погрузки транспортное средство выполняет груженный пробег длиной $L_{ер1}$, рентабельностью $RENT1$. В пункте пограничного контроля транспортное средство проходит таможенное оформление ($t_{т1}$). В пункте первой выгрузки транспортное средство может находиться в состоянии ожидания выгрузки по вине грузовладельца ($t_{прсв2}$), а затем находиться под выгрузкой ($t_{п1}$). После этого, если совершать пробег для обратной загрузки в другой пункт нецелесообразно, транспортное средство может ожидать погрузки время $T_{ож2}$.

Если совершать порожний пробег целесообразно, то после выгрузки транспортное средство отправляется в пункт обратной загрузки, совершая при этом порожний пробег ($L_{пн1}$). В данном пункте он может ожидать погрузки ($T_{ож3}$), затем простаивать в ожидании погрузки по вине грузоотправителя ($t_{прсв3}$), а затем находиться под погрузкой ($t_{п2}$). По окончании погрузки транспортное средство выполняет груженный пробег длиной $L_{ер2}$, рентабельностью $RENT2$. В пункте пограничного контроля транспортное средство проходит таможенное оформление ($t_{т2}$). В пункте первой выгрузки транспортное средство может находиться в состоянии ожидания выгрузки по вине грузовладельца ($t_{прсв4}$), а затем находиться под выгрузкой ($t_{п2}$). После этого выполняется порожний пробег к месту постоянной дислокации ($L_{пн2}$).

Исходя из приведенной схемы функционирования транспортных средств следует, что для моделирования работы автомобилей на международных маршрутах необходимо определить законы распределения следующих величин: общего груженого пробега ($L_{ер}$), второго груженого пробега ($L_{ер2}$), первого и второго порожних пробегов ($L_{пн1}$ и $L_{пн2}$), требуемой грузоподъемности (q_r), интервала времени между появлением заявки в информационной системе и подачей груза под погрузку (t_r), количество появляющихся заявок в зависимости от времени суток (I_3).

5. Определение законов распределения моделируемых случайных величин

Для установления законов распределения данных величин обработана выборка из 858 возможных маршрутов работы транспортных средств, исходя из предложений сайта www.belcargocom.

Для определения закона распределения непрерывной случайной величины $L_{ер}$ установим количество интервалов разбиения при построении гистограммы данной случайной величины. Из известного выражения [5, с. 21] данный параметр будет равен 10. При этом значение величины интервала вариационного ряда исследуемой величины [5, с. 21] будет равно 271.

Определим основные статистики исследуемой случайной величины (таб. 1).

Таблица 1. Основные статистические характеристики длины груженого пробега

| Матожидание | Медиана | Мода | Минимум | Максимум | Среднеквадратическое отклонение |
|-------------|---------|------|----------|----------|---------------------------------|
| 1861,27 | 1706 | 1504 | 1047,000 | 3865,000 | 498,3 |

Построим гистограмму распределения (таб. 2, рис. 2). При подборе различных законов распределения с помощью пакета программ *STATISTICA* было установлено, что наиболее точно эту выборку будет описывать логнормальный закон распределения.

Таблица 2. Частоты попадания значений исследуемой случайной величины в интервалы

| Интервалы | Количество попаданий | Кумулятивное количество попаданий | Процент попаданий | Кумулятивный процент попадания |
|----------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| \leq 1328,80000 | 26 | 26 | 3,03030 | 3,0303 |
| 1610,60000 | 327 | 353 | 38,11189 | 41,1422 |
| 1892,40000 | 215 | 568 | 25,05828 | 66,2005 |
| 2174,20000 | 102 | 670 | 11,88811 | 78,0886 |
| 2456,00000 | 88 | 758 | 10,25641 | 88,3450 |
| 2737,80000 | 36 | 794 | 4,19580 | 92,5408 |
| 3019,60000 | 32 | 826 | 3,72960 | 96,2704 |
| 3301,40000 | 17 | 843 | 1,98135 | 98,2517 |
| 3583,20000 | 8 | 851 | 0,93240 | 99,1841 |
| < Infinity | 7 | 858 | 0,81585 | 100,0000 |

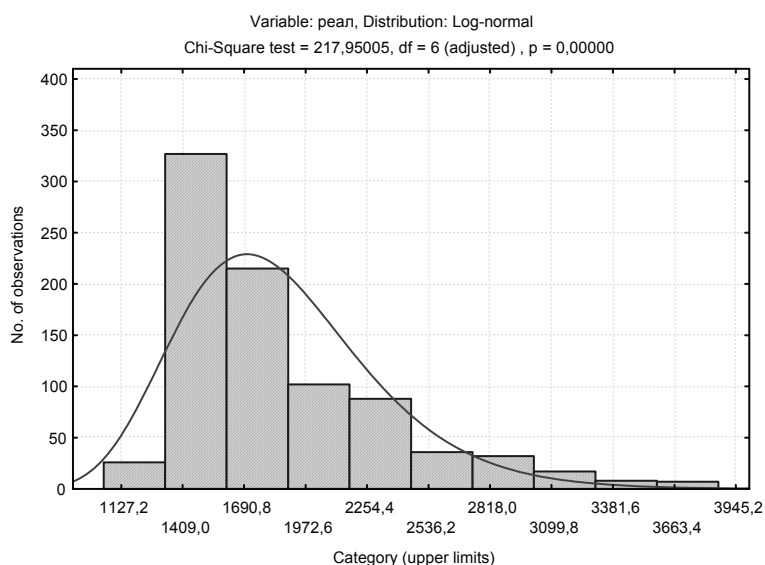


Рис. 2. Проверка гипотезы о логнормальном законе распределения случайной величины

Однако, анализ результатов показывает, что значение критерия Хи-квадрат больше табличного (217,5 > 43,77), следовательно, гипотезу о логнормальном распределении исследуемой случайной величины следует отклонить. То есть ни один из законов распределения случайных непрерывных величин не описывает данную выборку.

Для моделирования значений исследуемой случайной величины можно использовать следующий алгоритм [7].

1. Строим кумулятивную кривую распределения случайной величины, причем на каждом интервале заменяем реальную функцию $F_{эj}$ прямой (рис. 3).
2. Генерируем псевдослучайное число r_b , равномерно распределенное в интервале от 0 до 1.
3. Находим, в какой интервал j попадает r_b .
4. Определяем сгенерированное случайное значение моделируемой случайной величины из выражения:

$$L_{\text{ero}} = L_{\text{erj-1}} + \frac{r_b - F_{эj-1}}{F_{эj} - F_{эj-1}} (L_{\text{erj}} - L_{\text{erj-1}}). \tag{4}$$

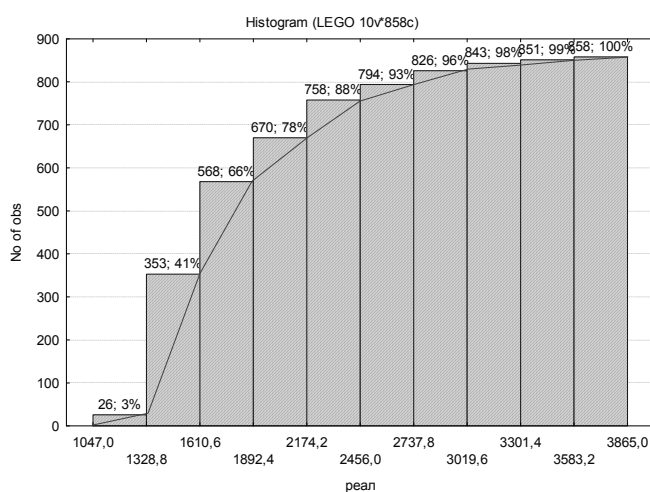


Рис. 3. Кумулятивная кривая исследуемой случайной величины

Например, пусть смоделировано случайное число $r_b = 0,67$. Тогда на основании рис. 3 и выражения (4) получаем:

$$L_{\text{его}} = 1892,4 + \frac{0,67 - 0,66}{0,78 - 0,66} (2174,2 - 1892,4) = 1916$$

Проверить согласованность между совокупностью реальных и смоделированных значений случайной величины можно с использованием критерия согласия Хи-квадрат [5, с. 36]. Для расчета критерия Хи-квадрат необходимо построить гистограмму распределения смоделированных значений случайной величины с помощью генератора случайных чисел от 0 до 1, выражения (4) и распределения, приведенного на рис. 3. Результаты моделирования общего груженого пробега представлены в табл. 3.

Таблица 3. Частоты попадания смоделированных значений исследуемой случайной величины в интервалы

| Интервалы | Количество попаданий | Кумулятивное количество попаданий | Процент попаданий | Кумулятивный процент попадания |
|--------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| <= 1328,8000 | 25 | 25 | 2,91375 | 2,9138 |
| 1610,6000 | 313 | 338 | 36,48019 | 39,3939 |
| 1892,4000 | 223 | 561 | 25,99068 | 65,3846 |
| 2174,2000 | 103 | 664 | 12,00466 | 77,3893 |
| 2456,0000 | 80 | 744 | 9,32401 | 86,7133 |
| 2737,8000 | 49 | 793 | 5,71096 | 92,4242 |
| 3019,6000 | 30 | 823 | 3,49650 | 95,9207 |
| 3301,4000 | 17 | 840 | 1,98135 | 97,9021 |
| 3583,2000 | 8 | 848 | 0,93240 | 98,8345 |
| < Infinity | 10 | 858 | 1,16550 | 100,0000 |

На основании табл. 2 и 3 можно получить, что расчетный Хи-квадрат равен 7,78. Табличное значение $\chi^2_{0,05;8} = 15,51$ (где 8 – число степеней свободы, равное разности количества интервалов разбиения и числа исчисленных статистических параметров) [5 с. 36]. Так как табличное значение критерия Хи-квадрат больше расчетного, то можно сделать вывод о том, что расхождения между реальными и смоделированными значениями незначительны.

Кроме критерия Хи-квадрат для оценки согласованности распределений можно использовать критерий Романовского [6, с. 51], значение которого в данном случае для реальной и смоделированной величины будет равно 0,06. Так как полученное значение критерия Романовского меньше 3, то можно сделать вывод о том, что расхождения между реальными и смоделированными значениями мало значимы.

Определим закон распределения времени появления заявки в информационной системе. Основные статистические характеристики исследуемой случайной величины приведены в табл. 4.

Таблица 4. Основные статистические характеристики времени появления заявок в информационной системе

| Матожидание | Медиана | Мода | Минимум | Максимум | Среднеквадратическое отклонение |
|-------------|----------|----------|----------|----------|---------------------------------|
| 13,74988 | 13,13333 | 15,20000 | 8,283333 | 23,96667 | 2,922023 |

Величина интервалов вариационного ряда будет равна 1,78. Тогда, количество интервалов – 9. Построим гистограмму распределения (таб. 5, рис. 4). Выдвинем гипотезу о логнормальном распределении исследуемой случайной величины. Анализ результатов показывает, что значение критерия Хи-квадрат равно 6,99, а табличное – 14,07, следовательно, гипотезу о логнормальном распределении исследуемой случайной величины следует принять. Таким образом, время появления заявок в информационной системе подчинено логнормальному закону с параметрами 0,2056 и 2,5997. Для моделирования непрерывных случайных величин, подчиненных логнормальному закону распределения, использована соответствующая формула [5, с. 123].

Таблица 5. Частоты попадания значений исследуемой случайной величины в интервалы

| Интервалы | Количество попаданий | Кумулятивное количество попаданий | Процент попаданий | Кумулятивный процент попадания |
|-------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| <= 10,00000 | 14 | 14 | 5,22388 | 5,2239 |
| 12,00000 | 73 | 87 | 27,23881 | 32,4627 |
| 14,00000 | 71 | 158 | 26,49254 | 58,9552 |
| 16,00000 | 57 | 215 | 21,26866 | 80,2239 |
| 18,00000 | 30 | 245 | 11,19403 | 91,4179 |
| 20,00000 | 15 | 260 | 5,59701 | 97,0149 |
| 22,00000 | 5 | 265 | 1,86567 | 98,8806 |
| < Infinity | 3 | 268 | 1,11940 | 100,0000 |

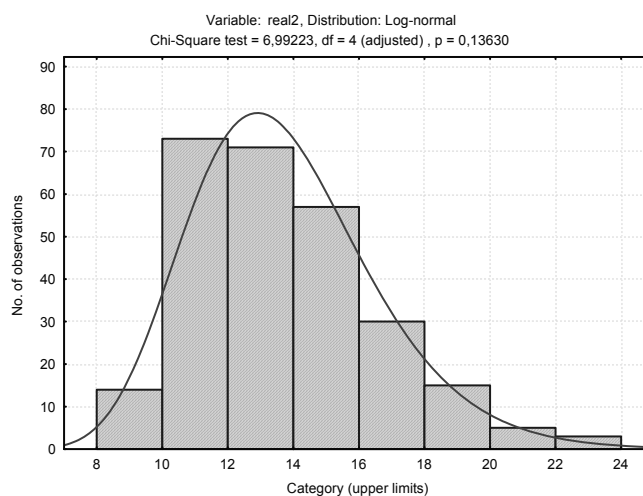


Рис. 4. Проверка гипотезы о логнормальном распределении случайной величины

Произведя расчеты можно получить, что Хи-квадрат равен 11,68. Табличное значение $\chi^2_{0,05;6} = 12,59$. Так как табличное значение критерия Хи-квадрат больше расчетного, то можно сделать вывод о том, что расхождения между реальными и смоделированными значениями несущественны. Аналогично можно получить, что критерий Романовского будет равен 1,64. Так как полученное значение критерия Романовского меньше 3, то можно сделать вывод о том, что расхождения между реальными и смоделированными значениями малозначимы.

Моделирование остальных параметров перевозочного процесса производится аналогично методике, принятой для общего груженого пробега, так как данные величины не описываются общеизвестными законами распределения.

6. Алгоритм моделирования случайных величин

Рассмотрим методику моделирования работы транспортных средств при предложенных стратегиях принятия решения о выборе оптимальной обратной перевозки. Первым этапом задается количество дней моделирования. После этого производится моделирование возможных вариантов обратной загрузки автомобилей на заданную проспекцию. Затем моделируется значение груженого пробега в прямом направлении. После этого производится поиск оптимальной обратной загрузки по рассматриваемым стратегиям принятия решения. При каждой стратегии принятия решения о выборе рациональной обратной ездки во множество альтернативных вариантов обратного маршрута включаются те ездки, которые удовлетворяют не только условиям каждой конкретной стратегии, но и те, на погрузку которых транспортное средство успевает. Моделирование по каждой из указанных стратегий ведется до тех пор, пока количество дней моделирования не превысит заданного значения. Для каждого оборота рассчитывается значения суммарной прибыли и общего пробега, которые увеличиваются с каждым последующим оборотным рейсом. Программа моделирования написана на языке программирования *Delphi 7.0*.

7. Анализ результатов моделирования

Описание подробных результатов моделирования работы автомобильных транспортных средств по описанному алгоритму и предложенным шести стратегиям при перевозке грузов на международных маршрутах на проспекцию в полгода занимает объем, эквивалентный 2,5 тысячам страниц формата А4. Итоговые результаты расчетов по каждой стратегии моделирования приведены в табл. 6.

Таблица 6. Результаты моделирования работы автотранспортного средства на международных маршрутах

| Номер стратегии | Максимальное количество часов ожидания заявки, ч | Прибыль, ВУР | Суммарный пробег, км | Суммарные мото-часы, ч | Прибыль на 1 км пробега, ВУР/км | Прибыль на один мото-час, ВУР/ч |
|-----------------|--|--------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | - | 7038072 | 78116 | 4443,5 | 90,1 | 1583,9 |
| 2 | - | 7037577 | 78063 | 4443,5 | 90,2 | 1583,8 |
| 3 | 2 | 10327386 | 75806 | 4363,7 | 136,2 | 2366,7 |
| | 5 | 9787644 | 78253 | 4390,1 | 125,1 | 2229,5 |
| | 6 | 9831660 | 78097 | 4348,2 | 125,9 | 2261,1 |
| | 8 | 10067834 | 78836 | 4393,1 | 127,7 | 2291,7 |
| | 10 | 9540338 | 79267 | 4395,1 | 120,4 | 2170,7 |
| | 12 | 10576096 | 81449 | 4353,5 | 129,8 | 2429,3 |
| | 15 | 11183635 | 84718 | 4405,1 | 132,0 | 2538,8 |
| | 20 | 10517640 | 74748 | 4386,2 | 140,7 | 2397,9 |
| | 25 | 9808077 | 75105 | 4366,5 | 130,6 | 2246,2 |
| 4 | 2 | 10342863 | 76400 | 4362,6 | 135,4 | 2370,8 |
| | 5 | 9463542 | 76819 | 4341,5 | 123,2 | 2179,8 |
| | 6 | 10260885 | 78051 | 4391,1 | 131,5 | 2336,7 |
| | 8 | 9737650 | 78038 | 4344,5 | 124,8 | 2241,4 |
| | 10 | 9710435 | 78803 | 4324,5 | 123,2 | 2245,4 |
| | 12 | 9072803 | 79388 | 4345,4 | 114,3 | 2087,9 |
| | 15 | 8705019 | 79259 | 4371,5 | 109,8 | 1991,3 |
| | 20 | 7832445 | 75924 | 4405,1 | 103,2 | 1778,0 |
| 25 | 6626094 | 74998 | 4338,3 | 88,4 | 1527,3 | |
| 5 | - | 6998600 | 78063 | 4443,6 | 89,7 | 1575,0 |
| 6 | - | 9884390 | 73912 | 4385,1 | 133,7 | 2254,1 |

Таким образом, если в качестве основного критерия работы использовать суммарную прибыль автомобильного перевозчика или максимум экономической отдачи на один мото-час, то следует ожидать заявки на перевозку грузов в обратном направлении не более 15 часов. Если же в качестве основного критерия работы использовать максимум экономической выгоды от одного километра пробега автомобильного средства, то время ожидания заявки на перевозку груза в обратном направлении займет не более 20 часов.

В процессе разработки практических рекомендаций по принятию решений о выборе рациональной стратегии поведения при выборе оптимальной обратной перевозки следует учитывать, что при моделировании работы автомобильного средства не принималось в расчет время «актуальности» заявки, расположенной в информационной системе. Под временем «актуальности» заявки будем понимать период времени между появлением заявки в информационной системе и моментом принятия груза, предлагаемого к перевозке данной заявкой. В существующих информационных системах время «актуальности» не отражается. Поэтому при моделировании работы автомобильного транспортного средства предполагалось, что время «актуальности» заявок

не ограничено. То есть при принятии решений по стратегиям 1–5 рассматриваемый круг заявок ограничивался лишь допустимым временем ожидания появления заявки в информационной системе. Из полученного путем таких ограничений множества возможных заявок выбиралась оптимальная по принятому критерию. Однако на практике в то время как перевозчик ожидает истечения оптимального времени ожидания появления заявки, тот груз, перевозка которого даст максимальный эффект, может быть уже принят к перевозке конкурентом. Поэтому целесообразным будет использование в планировании обратных перевозок стратегии 6, которая позволяет максимально быстро принимать решение о принятии груза к перевозке на основании достаточного значения коэффициента использования пробега. Моделирование работы автомобильного транспортного средства по данной стратегии показывает, что суммарная прибыль за полгода работы автомобиля будет равна 9884390 рублей. При этом прибыль от одного километра пробега составит 133,4 руб./км, а на один мото-час – 2254,1 руб./ч. Экономический эффект по сравнению с вариантом работы по стратегии 1 будет составлять порядка 5,6 млн. руб. в год с одного транспортного средства.

8. Заключение

В данной работе рассмотрена актуальная проблема поиска и выбора оптимальной обратной (попутной обратной) загрузки автомобильного транспортного средства работающего на международных маршрутах. Анализ литературы показал, что не существует научных методик, позволяющих обоснованно решить сформулированные проблемы. Для решения данных задач было разработано шесть стратегий поведения при принятии решения о выборе обратной перевозки. Проведенное статистическое моделирование работы автомобильных транспортных средств на международных маршрутах с величиной проспекции равной шести месяцам по каждой стратегии и детальный анализ результатов данного моделирования позволили выделить оптимальную стратегию. Суть данной стратегии состоит в том, что рассматриваются поочередно, в хронологическом порядке поступления в информационную систему, все заявки. Для каждого рассматриваемого варианта определяется коэффициент использования пробега и сравнивается с достаточной степенью использования пробега автомобиля, определенной из выражения (3). К загрузке по данной стратегии следует принимать тот груз, перевозка которого даст значение коэффициента использования пробега не менее его достаточной величины. Экономический эффект от работы по данной стратегии по сравнению со стратегией, применяемой на практике в настоящее время, составляет 2,3 тысячи долларов США в год с каждого транспортного средства.

Литература

1. Аземша С. А., Седюкевич В. Н. Критерии оптимальности для маршрутизации магистральных автомобильных перевозок грузов с учетом разновременности отправок. В кн.: *Материалы 2-й международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»*. Том 1. Минск: БНТУ, 2004. С. 279–281.
2. Аземша С. А. Выбор управляемых параметров критерия эффективности магистральных грузовых автомобильных перевозок. В кн.: *Сборник докладов 8-й конференции молодых ученых Литвы «Литва без науки – Литва без будущего»*. Вильнюс: Техника, 2005. С. 306–311.
3. Аземша С. А. Стратегия принятия решения при выборе обратной загрузки автомобильного транспортного средства, работающего на международных маршрутах. В кн.: *Научно-технический сборник Харьковской национальной академии наук «Коммунальное хозяйство городов»*. Киев: Техника, 2006. С. 307–314.
4. Аземша С. А. Определение зависимости между управляемыми параметрами критерия эффективности магистральных автомобильных перевозок автомобильным транспортом, *Transport and Telecommunication*, Vol. 6, № 4, 2005. С. 36–50.
5. Бережная Е. В., Бережной В. И. *Математические методы моделирования экономических систем: Учеб. пособие*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2005. 432 с.
6. Булдык Г. М. *Статистическое моделирование и прогнозирование: Учебник*. Минск: НО ООО «БИП-С», 2003. 399 с.
7. Харин Ю. С., Малюгин В. И., Кирлица В. П. и др. *Основы имитационного и статистического моделирования: Учеб. пособие*. Минск: Дизайн ПРО, 1997. 288 с.
8. Боровиков В. *STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов*. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003, 686 с.
9. Гинзбург А. И. *Статистика*. СПб.: Питер, 2003. 128 с.