

**Марупов М. М.**

*Кандидат экономических наук, доцент  
кафедра «Транспортная логистика»*

*Ташкентский государственный транспортный университет  
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗА ОБЪЁМОВ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

***Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы выбора оптимальных моделей прогноза при планировании и управлении транспортом. Выбор оптимальных моделей прогноза на исследуемые периоды времени по автомобильному транспорту осуществлён в двух вариантах: в первом варианте модели прогноза построены по ряду динамики, во втором многофакторные модели прогноза. Сопоставление результатов этих вариантов выбора оптимальной модели позволило установить, что прогнозирование по многофакторной модели даёт результаты более близкие к реальным.*

***Ключевые слова:** многофакторное моделирование, регрессионный анализ, факторы, прогнозирование, временной ряд, оптимальная модель, среднеквадратичная ошибка.*

**Marupov M. M.**

*PhD in economics, associate professor  
department of "Transport logistics"  
Tashkent state transport university  
Respublika Uzbekistan, Tashkent*

# SELECTION OF OPTIMAL MODELS FOR FORECASTING CARGO TRANSPORTATION VOLUMES IN THE PLANNING AND MANAGEMENT OF ROAD TRANSPORT

***Abstract:** The article discusses the issues of choosing optimal forecast models for transport planning and management. The choice of optimal forecast models for the studied periods of time for road transport is carried out in two variants: in the first variant, forecast models are built according to a number of dynamics, in the second, multifactorial forecast models. Comparing the results of these options for choosing the optimal model allowed us to establish that forecasting using a multifactor model gives results closer to real ones.*

***Keywords:** multifactor modeling, regression analysis, factors, forecasting, time series, optimal model, root-mean-square error.*

## Введение

Необходимость решения актуальных задач планирования и управления экономикой республики обуславливает использование математических методов анализа экономики и информационно-коммуникационных технологий. Одна из таких задач - разработка методов непосредственного участия квалифицированных специалистов в процессе анализа вариантов плана с помощью информационно-коммуникационного технологий. Её решение требует углубления достаточно точных математических моделей экономических процессов и сферы применения информационно-коммуникационных технологий.

Наиболее часто в экономике применяют методы прогнозирования и математического программирования. Прогнозные расчёты, выполняемые компьютерными технологиями и экономико-математическими методами, многовариантны, что позволяет наилучшим образом решать важные вопросы управления транспортом. Современные компьютерные

технология обладают большой оперативной памятью, высокой скоростью обработки данных, в течение небольшого отрезка времени производят необходимый расчет по математической модели, выдавая ответ в удобной для дальнейшего анализа форме. В свою очередь, быстрота ответа компьютерной технологии зависит от уровня математической разработки блоков прогнозных систем, т. е. внутреннего алгоритмического и программного обеспечения системы.

Одна из актуальных задач, стоящих перед экономистами, заключается в разработке методов экономической оценки степени достоверности прогнозной информации, характеризующей развитие отрасли. Эти методы должны гарантировать достоверность результатов, обеспечить целесообразность использования прогнозной информации в процесса планирования и совершенствования данной отрасли экономики [1].

Для составления оптимального плана целесообразно использовать прогнозную информацию, которая эквивалентна дополнительным капитальным вложениям, направляемым на устранение последствий неопределенности исходной информации. Однако использовать можно только ту прогнозную информацию, которая в результате проверки оказалась достаточно достоверной в сравнении с фактическими данными.

### **Методология**

Выбор оптимальных моделей прогноза грузовых перевозок на исследуемые периоды времени на автомобильном транспорте осуществлен в двух вариантах для установления достоверности полученных результатов прогноза [2]. Таким образом, в первом варианте модели прогноза построены по ряду динамики с использованием метода экспоненциального сглаживания, во втором - многофакторные модели прогноза.

**ПЕРВЫЙ ВАРИАНТ.** При прогнозировании объема перевозок грузов методом экстраполяции главное место занимает подбор функции

$y(t)$ , которая бы наилучшим образом аппроксимировала временной ряд. От правильности этого выбора в значительной степени зависит, насколько построенная модель будет адекватна изучаемому явлению.

Для выделения общей тенденции исследуемых показателей в работе использованы три функции: прямая  $y=a_0+a_1 t$ , полином второй степени

$$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \text{ и степенная } y = a_0 * a_1^t.$$

Параметры прогнозирующих функций рассчитывается методом наименьших квадратов, широко распространенным в экономических исследованиях. Выбор наилучшей функции производили по следующим критериям:

- среднее абсолютное отклонение
- среднеквадратичное отклонение
- коэффициент вариации
- индекс корреляции

При помощи стандартной программы построены следующие расчётные модели для показателя: “объем перевозок грузов” (таблица 1)

**Таблица 1**

Расчетные модели прогнозирования объема перевозок грузов

Показатель	Модели	Критерии			
		A	$\sigma$	$v, \%$	$R^2$
Объем перевозок грузов	$Y_{Qt} = 144,02 + 12,245t$	0,001	16,37	11,37	0,9464
	$Y_{Qt} = 126,822 + 12,245t + 0,469t^2$	0,001	4,32	3,0	0,9969
	$Y_{Qt} = 2,0941 * 0,0397^t$	1,78	6,07	4,2	0,9939

После анализа по критериям выбраны следующие модели прогноза для показателя: “объем перевозок грузов” (таблица 2)

Таблица 2

Модели прогноза объем перевозок грузов автомобильного  
транспорта

Показатели	Модели	Средняя квадратическая ошибка	
		%	Услов. ед.
Объем перевозок грузов	$Y_{Qt} = 126,822 + 12,245t + 0,469t^2$	3,0	4,32

Средняя ошибка аппроксимации объема перевозок грузов составила 3,0 процента. Однако трендовые методы не всегда дают приемлемые результаты. Видимо, выравнивая фактические данные с помощью экспоненциального сглаживания, невозможно проследить и учесть влияние факторов, определяющих и формирующих уровень объема грузовых перевозок, поскольку все они сливаются в один собирательный фактор - время.

**ВТОРОЙ ВАРИАНТ.** Для построения моделей объема перевозок грузов использовался многошаговый регрессионный анализ, суть которого заключается в том, что на каждом из последовательных этапов статистически незначимые факторы отсеиваются в соответствии с  $t$  - критерием.

При построении многофакторной модели перевозки грузов можно ограничиться прямолинейной зависимостью (связью), так как линейные модели просты и требуют относительно небольшого объема вычислений, методика их решения довольно хорошо разработана. Автомобильный транспорт осуществляет перевозки грузов по плану перевозок, который является основной для разработки остальных разделов техтрансфинплана.

Естественно, возникает вопрос: как определить, что выбранный вариант плана перевозок обеспечит наиболее полное и рациональное использование парка подвижного состава, получение наилучших значений основных технико-эксплуатационных показателей, максимальной прибыли и рентабельности?

Эффективность решения этой задачи во многом зависит от точности, а степень точности, в свою очередь, определяет размер потерь, которые несут автотранспортные предприятия, отрасль и вся экономика в целом.

Существующие методики анализа и планирования работы автомобильного транспорта построены на предположении о функциональных связях и изолированном влиянии каждого отдельного рассматриваемого фактора. Поэтому при моделировании объёма перевозок грузов автомобильного транспорта республики основными переменными были приняты следующие технико-эксплуатационные показатели:

$A_{cc}$  - среднесписочное количество автомобилей, ед ;

$A_{Дэ}$  - автомобиле-дни в эксплуатации, тыс, маш.дн.;

$q_{ср}$ - средняя грузоподъемность, т.;

$l_{cc}$ - среднесуточный пробег, км;

$l_{сг}$ - средняя длина ездки с грузом, км;

$\alpha_b$ - коэффициент выпуска автомобиля на линию;

$\beta$ - коэффициент использования пробега;

$\gamma$ - коэффициент использования грузоподъёмности;

$T_n$ - средняя продолжительность работы автомобиля на линии, ч;

$V_э$ - эксплуатационная скорость, км/ч.

При построении многофакторных моделей для прогнозирования объёма перевозок грузов автомобильного транспорта республики использован метод направленного отбора факторов-аргументов, который даёт хорошие результаты [2,4].

Для автотранспорта на основе этой методики при прогнозировании объёма перевозок грузов получены 3 модели, отвечающие всем экономико-математическим требованиям [3].

$$Y_Q = -898,07 + 709,1\alpha_B + 681,63\beta + 225,02\gamma - 3,55V_{\text{Э}} + 0,6843l_{er} + 4,144l_{cc};$$

$$Y_Q = -1010,86 + 0,045A_{D_{\text{Э}}} + 312,28\beta + 172,93\gamma + 25,32T_H + 21,437V_{\text{Э}} - 4,55l_{er};$$

$$Y_Q = -714,14 + 0,034 A_{D_{\text{Э}}} + 216,89\beta + 66,65\gamma + 7,454V_{\text{Э}} - 1,86l_{er} + 2,06l_{cc};$$

Здесь довольно высокий коэффициент множественной корреляции: от 0,9971 до 0,9996, т.е. от 99,4 до 99,9% объёма перевозок автомобильным транспортом зависит от факторов, которые вошли в рассматриваемые модели.

Для оценки каждой из этих моделей необходимо рассчитать значения частных коэффициентов  $t$  - Стьюдента. Чтобы обосновать достоверность выводов, определяют остаточную дисперсию  $\sigma_{\text{ост}}^2$ , т.е. вариацию величины признака, обусловленную факторами, не лежащими в основе группировки. Для каждой модели рассчитывают: критерий Фишера (F) и сравнивают с табличным ( $F_{\text{табл}}$ ); коэффициент множественной корреляции R; среднеквадратичную ошибку; коэффициент множественной детерминации  $R^2$ ; критерий Стьюдента  $t_R$ , который также сравнивают с табличным.

Если значения частных коэффициентов регрессии  $t_R$  не удовлетворяют табличным, то из модели исключается фактор-аргумент с наименьшим значением коэффициента при условии, что остаточная дисперсия не увеличивается [5].

Такова методика оценки достоверности каждой многофакторной модели, которая была заложена в алгоритм программы в компьютерных технологиях. Перечисленные величины для трёх моделей приведены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики построенных моделей объёма перевозок  
автомобильного транспорта

Статистические характеристика уравнения регрессии	Модель		
	1-я	2-я	3-я
$t_{Адэ}$		1188,8	907,45
$t_{\alpha_B}$	67,26		
$t_{\beta}$	10,56	11,31	8,04
$t_{\gamma}$	2,41	5,27	2,8
$t_{T_H}$		15,89	
$t_{v_3}$	2,32	225,61	38,79
$t_{l_{er}}$	1,82	2,68	2,42
$t_{l_{cc}}$	368,74		17,38
$\sigma_{ост}^2$	48,0	9,3	6,8
F	113,73	589,09	808,97
F <sub>таба.</sub>	6,04	6,04	6,04
R	0,9971	0,9994	0,9996
R <sup>2</sup>	99,4	99,9	99,9
$\sigma_R$	0,003	0,0006	0,0004
$t_R$	342,2	1768,3	2427,9

Наименьшее значение  $\sigma_{ост}^2$  имеет модель 3, у неё выше всех значение коэффициента множественной корреляции  $R=0,9996$  и  $t_R=2427,914$ . Остальные модели также отвечают всем требованиям и могут быть приняты для анализа (тем более, что в них вошли разные факторы-аргументы). Лишь в модели 1 частные значения коэффициента  $t_{l_{er}} = 1,82$



не удовлетворяют табличным при 5%-ном уровне значимости (табл.3), в целом же модель пригодна для практических целей.

Для статистического анализа возьмём модель 2, у которой коэффициент множественной детерминации  $R^2=0,998$ , т.е. 99,8% объёма перевозок грузов автотранспорта зависит от факторов

$$АД_{\text{э}}, \beta, \gamma, T_{\text{н}}, l_{\text{ер}}, v_{\text{э}} :$$

$АД_{\text{э}}$  - автомобиле - дни в эксплуатации, характеризует организацию технического обслуживания и ремонта автомобилей, обеспеченность предприятий водителями, качество планирования перевозок;

$\beta$  - коэффициент использования пробега, характеризует взаимное расположение автотранспортного предприятия, грузообразующих и поглощающих пунктов, степень внедрения рациональных маршрутов, организацию перевозок грузов;

$\gamma$  - коэффициент использования грузоподъёмности, отражает род и величину партий перевозимого груза, тип и грузоподъёмность подвижного состава;

$T_{\text{н}}$  - время в наряде, учитывает влияние факторов, не вошедших в модель  $l_{\text{сс}}, v_t, t_{\text{n-p}}$  ;

$l_{\text{ер}}$ - среднее расстояние перевозки грузов, отражает уровень управления перевозками, качество разработанных маршрутов, географию размещения клиентуры и рациональное её закрепление за автотранспортными предприятиями;

$v_{\text{э}}$  - эксплуатационная скорость, учитывает простой на линии.

По коэффициентам регрессии выявляют факторы, оказывающие наибольшее влияние на объём перевозок. Так, если  $АД_{\text{э}}$  увеличить на 100 дней, то объём перевозок  $Q$  возрастёт на 4,5 тыс. тонн. Увеличение  $\beta$  всего на 0,01 позволит увеличить  $Q$  на 3,12 тыс. т; увеличение  $\gamma$  на 0,01 повысит  $Q$  на 1,73 тыс.т. При увеличении  $T_{\text{н}}$  на 1 час  $Q$  возрастёт на 25,32

тыс. т. При росте  $V_{\Sigma}$  на 0,1 км/ч  $Q$  увеличится на 2,1 тыс. т., а при сокращении  $l_{er}$  на 0,1 км  $Q$  возрастёт на 0,45 тыс. т.

Зная параметры модели для прогноза объёма перевозок грузов, а также значения факторов, можно рассчитать уровень развития автомобильного транспорта на перспективу. Для решения этой задачи прогнозные значения указанных факторов определены методом экспоненциального сглаживания [6,7].

Ниже приведены модели прогноза каждого показателя (факторов):

- $X_{Адэ} = 5482,27 + 237,3t + 14,5 t^2$  ;
- $X_{\alpha B} = 0,658 + 0,008 t$  ;
- $X_{\beta} = 0,562 + 0,003 t$  ;
- $X_{\gamma} = 1,052 + 0,00053t + 0,00014 t^2$  ;
- $X_{Tн} = 9,918 + 0,053 t$  ;
- $X_{l_{er}} = 18,19 + 0,064 t$  ;
- $X_{l_{CC}} = 202,4 + 3,375 t$  ;
- $X_{v_3} = 20,41 + 0,202 t$  ;

Подстановка прогнозных значений факторов в уравнения регрессии определяют общую тенденцию развития автомобильного транспорта республики. Средняя ошибка аппроксимации для объёма перевозок грузов автомобильного транспорта составила 2%. Это свидетельствует о высокой достоверности результатов прогнозирования.

**Результаты.** Использование прочих методов прогнозирования, несмотря на их простоту, приводит к худшим результатам. Об этом свидетельствует сравнение прогноза объёма перевозок грузов автомобильным транспортом, полученного методом многофакторного прогнозирования и по ряду динамики с использованием метода экспоненциального сглаживания. Табл.4

Таблица 4

Выбор оптимальной модели для прогнозирования объема перевозок грузов автомобильным транспортом (у.е.)

Фактический	Метод прогнозирования		Разница между прогнозированными и фактическими значениями	
	I вариант	II вариант	I вариант	II вариант
293,7	296,2	294,1	2,5	0,4
328,6	318,3	326,0	-10,3	2,6
343,5	341,3	343,5	-2,2	-
359,3	365,3	363,2	6,0	3,9
372,0	390,2	386,0	18,2	14,0
			$\sigma^I = 11,0$	$\sigma^{II} = 7,4$

Основываясь на том, что наилучшее приближение к исходным данным даёт функция, имеющая наименьшее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ) для каждого случая прогнозирования объема перевозок грузов, определяем.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}}$$

Сопоставление результатов двух вариантов выбора оптимальной модели позволило установить, что прогнозирование объема перевозок грузов автомобильного транспорта по многофакторной модели дает результаты более близкие к реальным [8]. Это подтверждено при применении построенных моделей к фактическим отчетным данным (таблица 4).

**Заключение.** Метод многофакторного прогнозирования является, на наш взгляд, наиболее совершенным. Позволяя учесть изменения во

времени и факторных признаков, и параметров модели даже в том случае, когда они имеют довольно сложное развитие, он дает хороший результат, а плановым органам-надежный инструмент для определения перспектив развития основных показателей автомобильного транспорта.

Экономико-математические модели, основанные на корреляционно - регрессионных уравнениях для решения прогнозных задач по определению объема перевозок грузов автомобильного транспорта, позволяют обосновать качество разрабатываемых перспективных планов на основе полного анализа взаимосвязанных между собой факторов, влияющих на формирование плана отрасли. Предложенная методика прогнозирования (многофакторная модель) позволяет более точно оценить влияние технических и организационных факторов на уровень объема перевозок грузов, выявить характер связи и соотношения между факторами, что, в свою очередь, даёт возможность осуществить направленный поиск сочетаний технических и организационных факторов, определить резервы производства и составить конкретный план мероприятий по вовлечению этих резервов в производство.

#### **Использованные источники:**

1. Мандрица В.М. Совершенствование управления анализа и планирования автотранспортных предприятий. -М.: Транспорт, 1977. 232 с.
2. Марупов М.М., Ярмухамедов Ш.Х. Прогнозирование развития производства -Ташкент, 2007.116 с.
3. Марупов М.М. Выбор оптимальных моделей прогноза в управлении транспорта с помощью ЭВМ.- В сб.: Вопросы кибернетики. Твшкент, 1983, вып. 122, с. 130 - 133.
4. Просветов Г.И. Прогнозирование и планирование: Задачи и решения.СПб: РДЛ, 2005.
5. Равшанов, М. Н., Ахмедов, З. С., Ахмедов, Д. Т. У., & Юсуфхонов, З. Ю. У. (2022). Простота организации международных

поставок по конкурентоспособным ценам. *Universum: технические науки*, (5-4 (98)), 64-67.

6. Marupov M. M., Yusufkhonov Z. Y. Simulation model for efficiency evaluation automobile transport works.

7. Kosimov M. (2020). Peculiarities ECULIARITIES OF THE ORGANIZATION OF LOGISTICS SERVICES IN INTERNATIONAL FREIGHT. In *ECONOMIC ASPECTS OF INDUSTRIAL DEVELOPMENT IN THE TRANSITION TO A DIGITAL ECONOMY* (pp. 44-49).

8. Nazarova V., Kenjaeva, B., Atadjanova Z. (2022). Modeling The Level Of Attractiveness Of Urban Public Passenger Transport Of The City Of Tashkent. *Journal of Optoelectronics Laser*, 41(5), 274-280.