

Прогноз объема перевозок грузов по совокупным итогам 2013 и 2014 годов на основе синергетической теории управления



Н. Б. Громова,
магистрант Финансового
университета при
Правительстве Российской
Федерации

Динамичное развитие экономики невозможно без транспортного сектора. Роль транспортной отрасли еще более возрастает в условиях экономической глобализации, так как определяет степень интеграции страны в мировые процессы. При построении модели прогнозирования суммарного объема грузоперевозок в Российской Федерации по итогам 2013 и 2014 гг. выявлены и учтены факторы, оказывающие наибольшее влияние на объем перевозимых грузов: производительность подвижного состава и средняя коммерческая скорость товародвижения.

С учетом Транспортной стратегии до 2030 г. прогнозирование объема перевозок представляется особо интересным в силу предполагаемых изменений. В частности на период до 2030 г. планируется:

- сформировать единое транспортное пространство России на базе сбалансированного развития эффективной транспортной структуры;
- обеспечить доступность, объем и конкурентоспособность транспортных услуг по критериям качества для грузопользователей на уровне потребностей инновационного развития экономики страны;

- обеспечить доступность и качество транспортных услуг для населения в соответствии с социальными стандартами, интегрироваться в мировое транспортное пространство и реализовать транзитный потенциал страны;
- повысить безопасность транспортной системы;
- снизить воздействие транспорта на окружающую среду [1].

В соответствии с инерционным прогнозом развития объем перевозок грузов возрастет с 12 068,8 млн т в 2007 г. до 17 858,0 млн т в 2030 г. (на 48 %), грузооборот – с 2,48 трлн т-км до 3,86 трлн т-км (на 55,6 %) [1, с. 19–20].

Выбор факторов, определяющих количественное изменение объема перевозок, производится, прежде всего, исходя из содержательного экономического анализа.

По мнению автора, необходимо исследовать влияние следующих факторов на объем грузоперевозок:

- размеры производства сельскохозяйственной продукции (индекс производства продукции сельского хозяйства) – фактор X1;
- размеры производства промышленной продукции в стране (индекс промышленного производства) – фактор X2;
- средняя дальность перевозок грузов (км) – фактор X3 (отражает экономические преобразования, происходящие



ФОТО: СЕРГЕЙ ТОРНИН

Таблица 1. Объем перевозок грузов в 2000–2012 гг. (по данным сайта Министерства Транспорта РФ).

№	Объем перевозок грузов - всего, млн т	Индекс производства продукции сельского хозяйства, %	Индекс промышленного производства, %	Средняя дальность перевозок грузов и пассажиров, км	Средняя коммерческая скорость товародвижения, км	Рентабельность перевозок	Производительность подвижного состава, км/сут.
	У	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	10217,6	106,2	108,7	1153,55	395	14,2	170
2	10502,4	106,9	102,9	1173,21	395	13,9	175
3	10721,3	100,9	103,1	1179,36	395,2	15	195
4	10964	99,9	108,9	1184,8	396,1	14,2	194
5	11299	102,4	108	1163028	396	14,9	199
6	11606,1	101,6	105,1	1111,46	393	15,1	211
7	11821,3	103	106,3	1124,54	396,2	17,1	224
8	12068,8	103,3	106,8	1098,32	397	17,2	232
9	12001,5	110,8	100,6	1083,07	397,5	18	235
10	12302,9	101,4	89,3	1082,59	387,3	18,6	236
11	12544,3	88,7	107,3	1101,1	398,5	19,2	240
12	11534,8	123	105	1125	399,1	22,45	247
13	11790,5	95,2	103,4	1123,8	399,1	24,22	253

в стране и связанные с изменениями в географическом размещении производительных сил, а также со структурными изменениями народного хозяйства, характеризует новые международные, межрайонные, внутрирайонные связи, складывающиеся в стране);

- средняя коммерческая скорость товародвижения (км) – фактор X4 (отражает стоимость фактической скорости движения транспорта, т. е. сколько денег тратится на перевозку груза на 1 км при заданной скорости; показатель особо актуален для России, т. к. территория нашей страны не характеризуется однородностью покрытия дорожным полотном и его качеством);

- рентабельность перевозок – фактор X5 (отношение суммы переменных и постоянных затрат на использование транспорта к сроку гарантийной службы);

- производительность транспортного средства (км/сутки) – фактор X6 (отражает расстояние, проходимое транспортным средством за определенный промежуток времени (час, сутки, неделя и т. д.).

Для анализа взят период с 2000 по 2012 гг., т. е. в анализе используются 13 наблюдений (обозначим количество наблюдений буквой *n*).

Объем перевозок грузов – это результирующий показатель (У). Исходные данные представлены в *табл. 1*.

Проведем сравнительную оценку и отсеив часть факторов. Это выполняется посредством анализа парных коэффи-

циентов корреляции, после чего оценивается их значимость. Коэффициенты парной корреляции позволяют установить наличие и характер зависимости между заданными факторами, а также оценить, насколько верно выбранные факторы отражают итоговый показатель.

Для этого составим матрицу парных коэффициентов корреляции, измеряющих тесноту связи каждого признака с результирующим показателем и между собой.

На основе проведенного анализа приходим к выводу, что наиболее тесно между собой связаны факторы X4 и X5, X4 и X6, X5 и X6. При этом фактор X5 (рентабельность перевозок) дублирует X4 и X6, в связи с чем исключаем его из дальнейшего анализа.

Для установления статистической значимости коэффициентов корреляции оценим *t*-статистику Стьюдента.

Вычисленное значение сравнивается с критическим значением *t*-критерия, которое берется из таблицы значений *t* Стьюдента с учетом заданного уровня значимости (в нашем случае – с 95%-ной вероятностью) и числа степеней свободы (*n* – 2). В нашем случае фактор X2 (размеры производства промышленной продукции в стране) имеет слабую, незначимую связь с результирующим показателем У, и его можно не включать в модель.

Таким образом, сравнивая фактическое и табличное значение критерия Стьюдента, мы приходим к выводу о не-

значительности связи между индексом промышленного производства и объемом перевозок грузов (фактическое значение: –0,7484, табличное: 2,20098516, против 1,09634 для X3), поэтому мы исключаем из дальнейшего анализа индекс промышленного производства (X2). Также под сомнением находится необходимость включения фактора X5.

Выявление мультиколлинеарности

Одним из условий регрессионной модели является предпосылка о линейной независимости объясняющих факторов.

С помощью теста Фарарра–Глоубера проверим оставшийся массив данных на мультиколлинеарность. Факторы тесно связаны между собой и способны влиять друг на друга. При этом, как и с показателем *t*-статистики Стьюдента, значение теста Фарарра–Глоубера для наших данных будет сопоставляться с табличным значением.

Расчетное значение $FG_{набл} = 47,35522$, табличное значение: при $dfFG = 0,5K(K - 1)$, в нашем случае $K = 6$, $FG_{табл} = 18,30704$.

Расчетное значение больше, чем табличное, следовательно, в массиве заданных факторов существует тесная взаимосвязь, затрудняющая дальнейший анализ.

Анализ матрицы коэффициентов парной корреляции показывает, что факторы X1 (индекс производства сельских хозяйств), X4 (средняя коммер-

ческая скорость товародвижения), X5 (рентабельность перевозок) и X6 (производительность транспортного средства) сильно коррелируют друг с другом (чем ближе значение коэффициента к 1, тем выше связь между факторами: X4 и X1 — 0,99214; X5 и X1 — 0,66805; X5 и X4 — 0,78186; X6 и X4 — 0,85499; X6 и X5 — 0,88598). Следовательно, из четырех перечисленных факторов необходимо исключить три.

Если учитывать только эконометрические способы, то необходимо исключить все перечисленные факторы, кроме средней коммерческой скорости товародвижения, так как они сильнее всего коррелируют с объемом грузоперевозок. Однако если разобраться в причинно-следственной связи, то мы получим следующее.

На рентабельность грузоперевозок оказывают влияние затраты на организацию, проведение перевозки и прибыль от перевозимого груза. Затраты, в свою очередь, зависят от дальности перевозки и производительности транспортного средства.

Таким образом, из модели необходимо исключить индекс производства продукции сельского хозяйства и рентабельность грузоперевозок, поскольку первый оказывает влияние на объемы грузоперевозок, а второй тесно связан с остальными факторами.

В итоге мы получаем трехфакторную модель зависимости объема перевозок от средней коммерческой скорости товародвижения, производительности подвижного состава и средней дальности перевозок грузов.

Отбор факторов в модель

Дальнейшее уточнение модели проведем посредством математического пакета MS Office EXCEL – Регрессия. По данным анализа формируется протокол, включающий комплексный набор данных: коэффициент корреляции (0,90044 – тесная связь между факторами), оценку модели (0,81079 – высокое качество модели), стандартную ошибку выборки (339,24976 – допустимо при моделировании экономических ситуаций) и прочие показатели.

Полученные данные проанализируем на значимость при помощи t -статистики. Для этого при помощи функции СТЬЮДЕНТ.ОБР.2Х рассчитываем в EXCEL критическое значение t -статистики, которое в нашем случае равно 2,26. С этим значением необходимо сравнить фактические

значения t -статистики по модулю. В нашем случае расчетное значение t -статистики меньше табличного (0,723 против 2,26) для фактора «средняя дальность перевозки грузов», поэтому исключаем данный фактор из дальнейшего анализа в силу его незначительности.

Выведем протокол с помощью функции EXCEL – Регрессия еще раз, однако уже без фактора средней дальности перевозки грузов. Получаем аналогичный по структуре протокол: коэффициент корреляции (0,90044 – тесная связь между факторами), оценка модели (0,81079 – высокое качество модели), стандартная ошибка выборки (339,24976 – допустимо при моделировании экономических ситуаций) и прочие показатели.

В таком случае табличное значение t -статистики равно 2,02. Соответственно, в данной модели средняя коммерческая скорость товародвижения и производительность подвижного состава являются значимыми факторами, характеризующими грузоперевозки.

На базе проведенного анализа получаем уравнение регрессии, описывающее зависимость объема грузоперевозок от коммерческой скорости товародвижения и производительности подвижного состава:

$$Y = 26045,33 - 49,98X_3 + 24,17X_4.$$

Уравнение регрессии показывает, каково будет в среднем значение объема грузоперевозок, если факторы X3 и X4 примут конкретные значения. Коэффициент регрессии показывает, на какую величину в среднем изменится показатель Y, если фактор X_i увеличить на единицу измерения.

В нашем случае при увеличении средней коммерческой скорости товародвижения на 1 % объем перевозок уменьшится на 48,98 млрд руб. Производительность подвижного состава имеет пропорциональную связь с объемом перевозок грузов: при увеличении производительности объем перевозок увеличится в среднем на 24,17 млрд руб.

Оценка качества модели

Качество модели множественной регрессии оценивается с помощью коэффициента множественной корреляции и коэффициента детерминации. Чем ближе к 1 значение этих характеристик, тем выше качество модели. Значения коэффициентов детерминации и множественной корреляции были получены на предыдущем этапе в процессе использования инструмента Регрессия.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,81$. Следовательно, около 81 % вариаций зависимой переменной учтено в модели и обусловлено влиянием включенных факторов.

Коэффициент множественной корреляции $R = 0,77$. Этот коэффициент показывает тесную связь зависимого показателя Y с включенными в модель объясняющими факторами.

Проверка значимости уравнения регрессии произведена на основе вычисления F -критерия Фишера: $F = 21,42685$ (вычислено в протоколе EXCEL). Табличное значение F -критерия при доверительной вероятности 95 % составляет 4,10.

Поскольку $F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}$, уравнение регрессии следует признать значимым, т. е. его можно использовать для анализа и дальнейшего прогнозирования.

Также установим качество модели по средней относительной ошибке аппроксимации, равной 2,049 %. Средняя ошибка аппроксимации ниже порогового значения, равного 8–10 %. Это говорит о хорошем качестве модели.

Оценка влияния отдельных факторов на зависимую переменную на основе модели

Коэффициент регрессии невозможно использовать для непосредственной оценки влияния факторов на зависимую переменную из-за различия единиц измерения, поэтому используем коэффициент эластичности. Для нашей модели коэффициент эластичности составляет $-1,72$ для X4 и $0,45$ – для X6.

Коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов изменяется грузооборот при изменении фактора на 1 %. Значение объема перевозок неэластично (с ухудшением значений данных факторов будет сокращаться объем спроса на данный вид грузоперевозок) по каждому из факторов, наиболее эластичным является производительность транспортного средства (поскольку она может быть скомпенсирована посредством увеличения скорости).

При изменении каждого фактора на одно среднеквадратическое отклонение (СКО) объем перевозок изменяется, соответственно, на $-0,22$ (обратная зависимость с X4), $0,93$ своего СКО.

Долю влияния фактора в суммарном влиянии всех факторов можно оценить по величине дельта-коэффициентов. В совокупном влиянии двух факторов производительность транспортного средства (86,58) преобладает.

Таблица 2. Прогноз перевозки грузов на 2013–2014 гг. (предварительный расчет)

Год	Объем перевозок грузов – всего, млн т	Средняя коммерческая скорость товародвижения, км	Производительность подвижного состава, км/сутки
N	Y	X4	X6
2000	10217,6	395	170
2001	10502,4	395	175
2002	10721,3	395,2	195
2003	10964	396,1	194
2004	11299	396	199
2005	11606,1	393	211
2006	11821,3	396,2	224
2007	12068,8	397	232
2008	12001,5	397,5	235
2009	12302,9	387,3	236
2010	12544,3	398,5	240
2011	11534,8	399,1	247
2012	11790,5	399,1	253
2013		400,0	255
2014		402,6	256

Таблица 3. Прогноз перевозки грузов на 2013–2014 гг. (с учетом поправочного коэффициента)

Год	Объем перевозок грузов – всего, млн т (фактически)	Объем перевозок грузов – всего, млн т (по плану)	Нижняя граница (95 %)	Верхняя граница (95 %)
2000	10217,6			
2001	10502,4			
2002	10721,3			
2003	10964			
2004	11299			
2005	11606,1			
2006	11821,3			
2007	12068,8			
2008	12001,5			
2009	12302,9			
2010	12544,3			
2011	11534,8			
2012	11790,5			
2013		12837,1	11342,22	13087,86
2014		14077,7	14011,87	17047,93

Прогнозирование с применением уравнения регрессии

Прогнозируемое значение объема грузоперевозок получается при подстановке в уравнение регрессии ожидаемых величин факторов. Прогнозные значения независимых факторов X могут быть заданы извне, получены по определенной методике расчета, определены с помощью методов экспертных

оценок или вычислены на основе экстраполяционных методов (прогнозирование на основе исторических данных). Данный прогноз называется точечным. Вероятность реализации точечного прогноза теоретически равна нулю, поэтому рассчитывается средняя ошибка прогноза или доверительный интервал прогноза с достаточно большой надежностью.

Наша цель – построить прогноз объема перевозок по итогам 2013 и 2014 гг. Для начала найдем прогнозные значения факторов. Так как исходные данные представлены временными рядами, для получения прогнозных значений факторов построим корреляционно-регрессионные уравнения и по ним найдем прогнозные значения X.

Вероятность того, что на практике объем перевозок будет таким, как в табл. 2, близка к нулю, поэтому считаем поправочный коэффициент. Он будет приближенно равен 12215,04, то есть интервальный прогноз на 2013–2015 гг. будет таким, как в табл. 3.

Согласно полученной модели, объем перевозок грузов на 87 % определяется производительностью подвижного состава и на 14 % – средней коммерческой скоростью товародвижения. Производительность подвижного состава показывает, какое среднее расстояние проходит транспорт за одни сутки, в свою очередь, данный показатель тесно связан с коммерческой скоростью товародвижения, который отражает затраты на перевозку на расстояние 1 км. Влияние же на объем перевозок таких факторов, как индекс производства продукции сельского хозяйства, индекс промышленного производства, средняя дальность перевозок грузов, рентабельность перевозок, – опосредованно.

Взаимосвязь между объемом перевозок и коммерческой скоростью товародвижения обратная: при росте коммерческой скорости товародвижения на 1 % объем перевозок падает почти на 100 млрд руб. Производительность подвижного состава имеет пропорциональную связь с объемом перевозок грузов: при увеличении производительности объем перевозок возрастет в среднем на 86,58 млрд руб. ■

Литература

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.
2. Бабешко Л. О. Основы эконометрического моделирования: учеб. пособие. М.: КомКнига, 2006.
3. Орлова И. В., Половников В. А. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учеб. пособие. М.: Вузовский учебник, 2007, 2010. 365 с.
4. Официальный сайт Министерства Транспорта Российской Федерации. URL: <http://www.mintrans.ru>.