



УДК 656.078.12

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

О.А. Изотов

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье рассматриваются вопросы применения методов прогнозирования перевозок как инструмента оценки загрузки видов транспорта и его элементов в перспективе. Проводится анализ применения различных теоретических методов и концепций оценки количественного и качественного состояния транспортной системы. На примере контейнерного грузооборота морских портов России представлен сравнительный анализ прогнозов специалистов отрасли с расчетами исследуемых показателей методом динамических рядов.

Ключевые слова: транспорт, транспортная система, прогнозирование перевозок, формирование грузопотоков.

Для цитирования:

Изотов О.А. Прогнозирование перевозок грузов // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(22), ISSN 2077-5687. – СПб.: ГУАП., 2019 – с. 12-19. РИНЦ.

FORECASTING OF FREIGHT TRANSPORTATION

O.A. Izotov

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article deals with the application of methods of transport forecasting as a tool for assessing the workload of transport modes and its elements in the future. The analysis of application of various theoretical methods and concepts of estimation of quantitative and qualitative condition of transport system is carried out. On the example of container cargo turnover of seaports of Russia, the comparative analysis of forecasts of experts of branch with calculations of investigated indicators by a method of dynamic series is presented.

Keywords: transport, transport system, traffic forecasting, formation of cargo flows.

For citation:

Izotov O.A. Forecasting of freight transportation // System analysis and logistics.: №4(22), ISSN 2077-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2019 – p. 12-19.

Введение

Построение, совершенствование и развитие любой транспортной системы направлено в первую очередь на удовлетворение спроса на перевозки грузов между регионами производства и потребления через транзитные зоны, станы и континенты. Таким образом, объем ожидаемого грузопотока является исходной информацией для проектирования пропускной способности магистральных путей, перегрузочных комплексов и транспортных средств [1]. Но транспорт по своей природе более многопланов, его деятельность связана со всеми отраслями производства и жизнью сотен миллионов людей выступающих в роли потребителя и товаров и транспортных услуг. Поэтому предвидение будущего путей сообщения представляется особенно сложным. В силу чего, то или иное текущее состояние транспортной системы в перспективе не может быть определено исходя только из принципов детерминизма [2].

Перспективное состояние транспорта изучаемого кластера также нельзя определить статистически (вероятностно), поскольку развитие транспорта процесс не формализуемый, постоянно сопровождающийся качественными изменениями своей инфраструктуры в силу неравномерности загруженности и смены ориентированности, как отдельных элементов, так и транспортной системы в целом [3].

Большинство методов прогнозирования изменений объемов перевозок, основано на положении о том, что тенденции, характерные для прошлого и будущего периода, носят постоянный характер [4]. Безусловно, степень такой инерционности в разных регионах страны неодинакова. Большей инерционностью, в силу своей высокой стоимости, обладают протяженностей транспортной сети,



расположение пунктов перевалки грузов, а также такие эксплуатационные характеристики транспорта, как средние скорости доставки грузов и соотношение груженых и порожних пробегов по участкам путей. Менее инерционна в силу постепенности обновления провозная способность средств транспорта.

С расширением горизонта прогнозирования, оценка перспектив загруженности видов транспорта становится менее определенной, поскольку возрастает вероятность изменений принципиального характера, например, строительство новых морских терминалов, региональных центров консолидации и разукрупнения партий грузов, на базе которых прокладываются новые маршруты транспортировки товаров.

Для оценки стратегии перспективного развития отрасли применяется экономическое прогнозирование, позволяющее разрабатывать рекомендации для принятия управленческих решений. Экономические прогнозы дают исходные данные, на основе которых можно повысить и обоснованность организации управления перевозками [5].

В свою очередь, уже существующие транспортные системы не всегда укладываются в построенные на их основе математические модели и концепции, поскольку каждая из таких моделей описывает только определенные аспекты транспортной системы и порой в весьма узких границах.

Наиболее достоверное представление о возможностях и перспективах транспорта в целом и его элементов может дать только комплексное применение различных теоретических методов и концепций количественного и качественного анализа, а также учет взаимного влияния различных факторов [6]. Здесь важно исходить из того, что развитие транспорта постоянный поступательный процесс, растянутый на длительный период. Причем, каждый последующий этап развития транспорта опирается на достижения предыдущего. Таким образом, перспективы развития опираются на ранее достигнутый результат, что в свою очередь дает исследователям возможность прогнозировать новое количественное состояние транспорта.

Методы прогнозирования объемов перевозок грузов и условия их применения

Наиболее распространенным видом прогнозирования на транспорте является прогнозирование перевозок. При этом, применение того или иного метода, сводится к установлению направлений и объема перевозок, которые и служат для планирования перспективного развития транспорта.

Например, *балансовый метод* предъявляет повышенные требования к качеству и объему исходной информации, что не всегда может быть обеспечено при решении задач на перспективу. По каждому грузу составляется ресурсная шахматка, которая накладывается на существующую или проектируемую сеть путей сообщения, что дает возможность определить грузооборот транспортных узлов и получить, таким образом, основу для планирования развития станций, портов и т.д. Матричное представление грузопотоков и их компьютерная обработка нашли широкое применение в инженерной практике и планировании.

Наиболее пригодным в сфере долгосрочных прогнозов считается *метод динамических рядов*, который используется для ориентировочных оценок на основе отчетных данных за прошедшие периоды. Использование метода имеет статистико-математическую основу, однако дискретный характер изменения объема перевозок резко нарушает тенденцию предыдущих лет. Поэтому, необходима корректировка полученного прогноза с учетом влияния на перевозки различных факторов, таких как структура перевозимых грузов, распределения грузопотоков по направлениям и т.д., усиливающих или ослабляющих сложившуюся прежде тенденцию. Более надежные результаты дает укрупнение рассматриваемых полигонов сети, придание потокам большей массовости и взаимозависимости.

Методом динамических рядов целесообразнее сопоставлять ряды натуральных показателей, так как сопоставление стоимостных показателей требует учета колебания тарифов, что затруднено в силу их неопределенности.

Другим существенным требованием является необходимость построения логической связки при выборе сопоставляемых рядов. Детализация таких рядов позволяет выявить функциональную зависимость исследуемых показателей.

В общем случае, здесь можно рассмотреть матрицу зависимости организации перевозок от партионности отправок и требований к сохранности грузов и взять в качестве примера для проведе-



-ния расчетов прогнозирования один из грузов, например, контейнерные перевозки через морские порты России (рис 1).

		Партионность отправок	
		малая	большая
Требования к сохранности	умеренные	Отдельные грузовые места	Укрупненные на паллетах грузовые места
	высокие	Контейнерные перевозки	Поездные перевозки

Рис. 1. Зависимость организации перевозок от партионности отправок и требований к сохранности грузов

Выявление функциональной зависимости показателей позволяет выявить и их корреляционную связь.

В простейших случаях задача сводится к экстраполяции тенденций на перспективу с использованием линейных зависимостей вида [7]:

$$y = a_0 + a_1 t,$$

где: y — объем перевозок; a_0 — постоянная величина; a_1 — угловой коэффициент; t — расчетный период (время).

Параметры a_0 и a_1 определяются методом наименьших квадратов [8].

В качестве примера произведем расчеты прогнозирования роста контейнерооборота портов России за последние два десятилетия.

В связи с резким падением грузооборота грузов в контейнерах, на фоне антироссийских санкций, в 2015 году, специалистами отрасли были произведены расчеты на перспективу до 2018 года (рис. 2) и сегодня у нас есть возможность оценить их достоверность методом простой экстраполяции.



Рис. 2. Грузооборот в контейнерах, млн. TEU¹

¹Источник: Росстат, МЭР, данные компании, PSB Research



Для начала, на основании прогноза, составим динамический ряд и впишем показатели в первые три графы таблицы 1.
Наглядность решения нам обеспечит графическое изображение динамического ряда и зависимость аппроксимирующей прямой вида $y = a_0 + a_1 t$, (рис. 3).

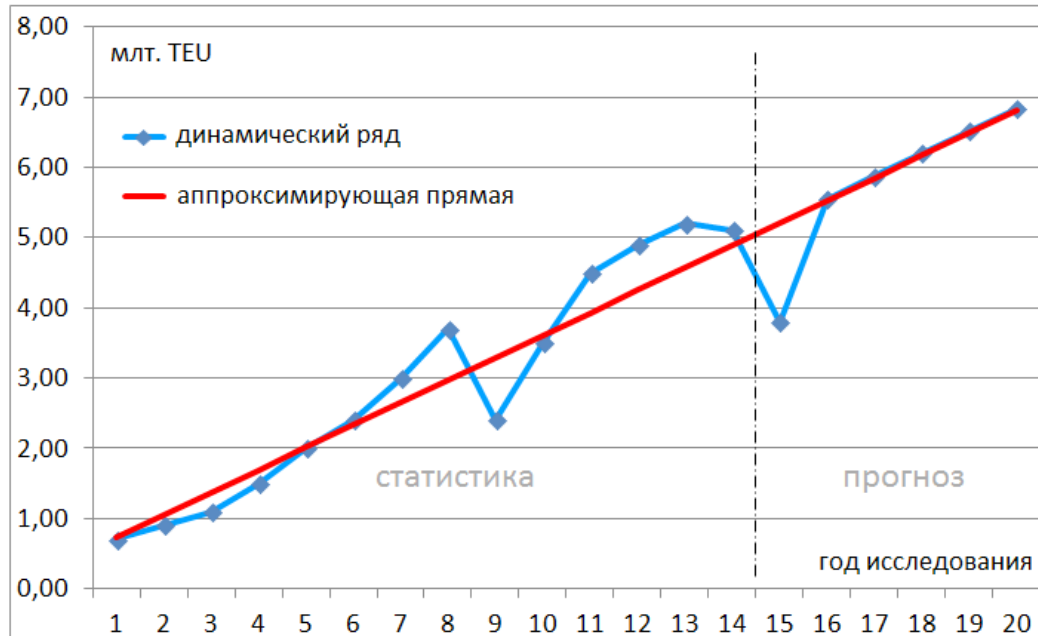


Рис. 3. Графики роста контейнерооборота за период 2001-2020 годы. Расчет с использованием экстраполяции тренда: $r = 0,93$; $y = 0,41 + 0,32t$

Производим сопутствующие вычисления для определения значений параметров аппроксимирующего уравнения методом наименьших квадратов (для каждого года) и заполняем остальные данные таблицы 1.

Таблица 1 – Исходные данные для определения параметров уравнения

Годы	Время t , годы	Объем перевозок y_t , млн. тонн	t^2	$t y_t$	y_t^2	$a_1 t$	$\bar{y}_t$	$y_t - \bar{y}_t = \varepsilon_t$	ε_t^2
2001	1	0,7	1	0,7	0,49	0,32	0,73	-0,03	0,00
2002	2	0,9	4	1,8	0,81	0,64	1,05	-0,15	0,02
2003	3	1,1	9	3,3	1,21	0,97	1,37	-0,27	0,07
2004	4	1,5	16	6	2,25	1,29	1,69	-0,19	0,04
2005	5	2	25	10	4,00	1,61	2,01	-0,01	0,00
2006	6	2,4	36	14,4	5,76	1,93	2,34	0,06	0,00
2007	7	3	49	21	9,00	2,25	2,66	0,34	0,12
2008	8	3,7	64	29,6	13,69	2,57	2,98	0,72	0,52
2009	9	2,4	81	21,6	5,76	2,90	3,30	-0,90	0,81
2010	10	3,5	100	35	12,25	3,22	3,62	-0,12	0,02
2011	11	4,5	121	49,5	20,25	3,54	3,95	0,55	0,31
2012	12	4,9	144	58,8	24,01	3,86	4,27	0,63	0,40



2013	13	5,2	169	67,6	27,04	4,18	4,59	0,61	0,37
2014	14	5,1	196	71,4	26,01	4,51	4,91	0,19	0,04
2015	15	3,8	225	57	14,44	4,83	5,23	-1,43	2,05
	120	44,7	1240	447,7	166,97		44,70		4,77

Рассчитываем коэффициент корреляции по формуле:

$$r = \frac{n \sum t y_t - \sum y_t \sum t}{\sqrt{n \sum t^2 - (\sum t)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}.$$

Подставим значения из таблицы 1

$$r = \frac{15 \cdot 447,7 - 44,7 \cdot 120}{\sqrt{15 \cdot 1240 - (120)^2} \sqrt{15 \cdot 166,97 - (44,7)^2}} = 0,93.$$

Коэффициент корреляции выявил высокую связь между исследуемыми факторами, в данном случае изменением грузооборота в контейнерах.

Вычисляем значения параметров уравнения a_1 и a_0 по формулам:

$$a_1 = \frac{n \sum t y_t - \sum y_t \sum t}{n \sum t^2 - (\sum t)^2},$$

$$a_0 = \frac{\sum y_t - a_1 \sum t}{n}.$$

Подставим значения из таблицы 1

$$a_1 = \frac{15 \cdot 447,7 - 44,7 \cdot 120}{15 \cdot 1240 - (120)^2} = 0,32,$$

$$a_0 = \frac{44,7 - 0,32 \cdot 120}{15} = 0,41.$$

Определяем среднеквадратическую ошибку:

$$\sigma_{\varepsilon_t} = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \bar{y}_t)^2}{n - p}}.$$

Подставим значения из таблицы 1

$$\sigma_{\varepsilon_t} = \sqrt{\frac{4,77}{15 - 1}} = 0,58,$$

где: n — число уровней динамического ряда; p — порядок уравнения, описывающего тренд.



Составим прогноз перевозок на расчетные сроки и установим минимальные и максимальные его уровни (табл. 2).

Таблица 2 – Расчет прогнозных уровней объема перевозок

Годы	Время t , годы	$\bar{y}_t = a_0 + a_1 t$	$\bar{y}_t + \sigma_{\varepsilon_t} = y_t \text{ max}$	$\bar{y}_t - \sigma_{\varepsilon_t} = y_t \text{ min}$
2016	16	5,55	6,14	4,97
2017	17	5,88	6,46	5,29
2018	18	6,20	6,78	5,61
2019	19	6,52	7,10	5,94
2020	20	6,84	7,43	6,26

Остается сопоставить полученные расчеты, предварительную оценку специалистов и результаты работы морских портов России (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнение результатов прогнозирования и реально достигнутых показателей, млн. TEU

Годы	Результаты прогнозирования методом динамических рядов		Предварительная оценка специалистов	Реально достигнутые показатели
	max	min		
2016	6,14	4,97	3,6	4,00
2017	6,46	5,29	4,0	4,62
2018	6,78	5,61	4,6	5,07

Как мы наблюдаем в приведенных расчетах прогноз специалистов, произведенный 2015 году, оправдался сверх меры, но оказался не столь близок к результатам практической работы.

Здесь необходимо отметить, что мы выбрали к изучению отрасль наиболее перспективного развития. Контейнерные терминалы России находятся в стадии выхода на запланированную мощность, а правительство страны продолжает принимать меры к наращиванию транзитного потенциала наших территорий [9]. В нашем случае, если бы морские порты ориентировались на прогноз специалистов и не имели бы необходимого запаса мощностей, это могло бы привести к неудовлетворению спроса на контейнерные перевозки.

Но исследовать рост контейнерных грузов относительно общего грузооборота морских портов было бы еще сложнее, поскольку рост объемов перевозок ряда грузов (угля, сжиженного газа и др.) значительно превышает показатели в контейнерах.

В более сложных случаях прогнозирования перевозок экстраполяция дополняется методом экспоненциального сглаживания, это позволяет наиболее полно учесть тенденции развития перевозок за исследуемый период. Но также не учитывает введения в эксплуатацию новых объектов транспортных систем.

В отличие от экстраполяции, *регрессионный анализ* основан на выявлении и построении модели взаимосвязи рядов, каждый из которых характеризуется тем или иным факториальным признаком.

Метод компонент представляет собой разновидность регрессионного анализа. Решение задачи начинается с разбивки ее на составные части, например с выделения в перевозках массовых грузов. Далее для каждой выделенной группы груза подбираются один или несколько определяющих факторов связанных уравнениями регрессии. На заключительной стадии расчетов производится укрупнение частных результатов [10]. В результате можно произвести оценку потребности перевозок в железнодорожном подвижном составе на перспективу, но это возможно только в условиях взаимо-



заменяемости такого подвижного состава, что затруднительно при широкой номенклатуре грузов.

Метод «входа-выхода» в зарубежных источниках известен как «Инпут-Аупут-Анализ». Объем перевозок конкретным видом транспорта может быть связан с выпуском промышленностью определенных конечных продуктов (строительных материалов, инструментов, оборудования, продуктов питания и т.п.), которые, как мы успели отметить, сами по себе еще не определяют всей работы транспорта [11]. Однако выпуск этой продукции требует потребления определенного количества сырья, топлива и материалов, которые и формируют соответствующие грузопотоки.

Используются и *структурно-динамические модели*. Одной из разновидностей таких моделей является так называемая модель Зипфа. Демографическая по своей природе эта модель дает интересные результаты при прогнозировании грузооборота транспортных узлов. При этом предполагается «замкнутость» рассматриваемого полигона сети и равенство объемов перевозок в границах полигона по прибытии и отправлению, что отвечает условиям работы интермодального транзитного терминала обеспечивающего стыковку двух видов транспорта при организации смешанных перевозок.

Кроме рассмотренных выше методов, основанных на достаточно строгом изучении количественных связей, существуют и другие приемы прогнозирования, преимущественно качественного характера. К ним, в частности, относится «метод Дельфа», или *метод экспертных оценок*. Суть которого сводится к построению последовательных «сценариев», т.е. расчленение прогнозируемого периода на ряд подпериодов, для каждого из которых строится собственный сценарий, связанный с последующим и предыдущим. Этот метод используется совместно с другими методами прогнозирования.

Заключение

Таким образом, поиск подходящего для конкретных условий метода прогнозирования является сложной многоступенчатой задачей. Иногда она бывает неразрешимой - не для всяких условий можно подобрать количественный метод прогнозирования, обеспечивающий удовлетворительные результаты. Но если такой метод существует и найден, проектировщик получает в свое распоряжение на длительное время возможность достаточно быстрым и несложным способом определить научно обоснованные прогнозируемые объемы перевозок на расчетные сроки в перспективе. Эти прогнозные показатели должны быть положены в основу составления перспективных планов развития перевозок и материально-технической базы транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галабурда В.Г. Оптимальное планирование грузопотоков. М.: Транспорт, 1985. - 256 с.
2. Акофф Р.Л. Планирование в системах. М.: Финансы и статистика, 1994. - 387 с.
3. Кузнецов А.П. Методологические основы управления грузовыми перевозками в транспортных системах. М.: ВИНТИ РАН, 2002. - 276 с.
4. Анненков А.В. Организация производства и управление транспортной компанией в условиях конкуренции на транспортном рынке. Монография. М.: РГОТУПС, 2003. - 245 с.
5. Колбасникова М.А. Прогнозирование перевозок в проектах и программах развития транспорта. // Дисс. канд. техн. наук / М.: ГУУ, 2015. - 142 с.
6. Белый О.В., Попов С.А., Францев Р.Э. Транспортные сети России (системный анализ, управление, перспективы). СПб.: СПГУВК, 1999. - 123 с.
7. Нестеров Е.П. Транспортные задачи линейного программирования. М.: Транспорт, 1971. - 216 с.
8. Боярский А.Я. Математика для экономистов. М.: Госстатиздат, 1957. С. 148-165
9. Изотов О.А., Кузнецов А.Л., Гульгяев А.В. Перспективы экспедирования морских контейнерных перевозок. М.: Транспортное дело России. 2019. - № 4(143). - С. 130-136.
10. Миротин Л.Б. Логистика: управление в грузовых транспортно-логистических системах. М.: Юрист, 2002. - 414 с.
11. Эглит Я.Я., Эглит К.Я., Олерский В.А. Эксплуатация транспортных систем. СПб.: ФЕНИКС, 2007. - 424 с.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Изотов Олег Альбертович –

к.т.н., доцент кафедры системного анализа и логистики

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: iztv65@rambler.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Izotov Oleg Albertovich –

Ph.D., associate Professor of system analysis and logistics Department

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

SUAI, 67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: iztv65@rambler.ru