

658.012.122:656.07

Ю.Ю. Крук

МЕТОДЫ АДАПТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРУЗОПОТОКОВ

В статье дан анализ методов адаптивного прогнозирования и разработан алгоритм применения этих методов для краткосрочного прогнозирования грузопотоков в морских портах, проведены экспериментальные расчеты и показана точность полученных результатов.

Ключевые слова: морской порт, прогнозирование грузопотоков, адаптивные методы статистического моделирования, сезонные колебания.

У статті дано аналіз методів адаптивного прогнозування та розроблено алгоритм застосування цих методів для короткострокового прогнозування вантажопотоків у морських портах, проведені експериментальні розрахунки і показана точність отриманих результатів.

Ключові слова: морський порт, прогнозування вантажопотоків, адаптивні методи статистичного моделювання, сезонні коливання.

The article analyzes the methods of adaptive prediction and the algorithm of applying these methods to short-term forecasting of freight flows in the seaports, experimental calculations and shows the accuracy of the results.

Keywords: sea port, traffic forecasting, adaptive statistical modeling techniques, seasonal variations.

Постановка проблемы. Для математического моделирования и прогнозирования сложных многоаспектных технико-экономических систем в качестве входной информации могут выступать технические, технологические и экономические показатели, а также ценовая динамика и ее производные (значения индикаторов, значимые уровни и т.п.), и рыночные показатели (соотношение спроса и предложения и др.).

Математически задача прогнозирования результата, в сложных технических системах, может быть сведена к задаче аппроксимации многомерных функций и, следовательно, к задаче построения многомерного отображения. Разработка адаптивных методов статистического моделирования для этих целей – одно из современных направлений анализа и прогнозирования.

Важность этого направления не вызывает сомнения, так как необходимость решения соответствующих задач с помощью адаптивных методов возникает сравнительно часто. Методы адаптивного прогнозирования применяются там, где основной информацией для прогноза являются скачкообразные временные ряды, прогнозировать значения которых можно только в краткосрочном периоде [1]. Этим условиям удовлетворяют сезонные грузопотоки через морские порты.

Инструментом прогноза при адаптивном методе служит модель. Первоначальная оценка параметров этой модели основывается на данных базового (исходного) временного ряда. На основе новых данных, получаемых на каждом следующем шаге, происходит корректировка параметров модели во времени, их адаптация к новым, непрерывно изменяющимся условиям развития явления. Таким образом, модель постоянно «впитывает» новую информацию и приспосабливается к ней [1, 2].

Последовательность процесса адаптации выглядит следующим образом. Пусть модель находится в некотором исходном состоянии, и по ней делается прогноз. Когда истечет одна единица времени (шаг моделирования), анализируем, насколько далек результат, полученный по модели, от фактического значения ряда. Ошибка прогнозирования через обратную связь поступает на вход системы и используется моделью (в соответствии с ее логикой) для перехода из одного состояния в другое с целью большего согласования своего поведения с динамикой ряда [2].

На изменения ряда модель должна отвечать компенсирующими изменениями. Затем делается прогноз на следующий момент времени, и весь процесс повторяется. Таким образом, адаптация осуществляется интерактивно с получением каждой новой фактической точки ряда. Однако проблемными остаются правила перехода системы от одного состояния к другому, т.е. логика механизма адаптации? Именно решение этой проблемы применительно к прогнозированию грузопотоков в морских портах в настоящее время является актуальным и целесообразным.

Обзор последних исследований и публикаций. Вопросам прогнозирования грузопотоков в морских портах посвящено достаточно много публикаций, раскрывающих отечественный опыт [7-15].

Работы Степанова О.Н. [7-9] посвящены широкому кругу вопросов, связанных со стратегией развития морских портов Украины. Первая из них касается анализа мирового рынка товаров и услуг, географии мировых экономических связей, географии мировых товарных потоков, анализу тенденции мировых торговых потоков, состоянию и основным направлениям развития мировой транспортной системы. Вторая работа посвящена вопросу применения статистических методов в анализе и прогнозировании мировых торговых перевозок. Для этой цели используется хорошо зарекомендовавшие себя гравитационные модели и балансовые модели. Особенность статьи заключается в том, что в ней проанализированы тенденции как экспортно/импортных объемов торговли по регионам в целом, так и межрегиональные объемы торговли. Полученные результаты могут быть использованы для определения объемов транзитных перевозок различных стран, в том числе и Украины. В третьей работе рассмотрены тенденции международных грузовых перевозок через порты Украины. Особенность статьи заключается в том, что в ней разбираются прогнозы по видам перевозок и номенклатуре груза.

Работы Савельевой И.В. [10-12] посвящены экономическим основам управления функционированием и развитием морской перевалочной базы контейнерной транспортно-логистической системы. Первая из них связана с использованием нейронных сетей в прогнозировании деятельности предприятий морского бизнеса. Во второй работе рассмотрены эконометрические модели прогнозирования, основанные на нейронных сетях с прямой связью, система факторов и условий, определяющих спрос на услуги морского контейнерного бизнеса. Выявлены структурные составляющие прогноза контейнерных перевозок. Выполнен прогноз объемов контейнерных перевозок через порты Украины. В третьей работе рассмотрены тенденции и проблемы развития контейнерных перевозок в мире и через порты Украины до и после финансового кризиса 2008 года.

Работы Москалюк Л.В. и Давыдовой В.И. в основном посвящены технике прогнозирования и играют важную роль в обзоре работ по прогнозированию результатов работ предприятий морского транспорта. Первая из них посвящена интервальному оцениванию прогнозируемых показателей работы транспортных предприятий, вторая – прогнозированию значений показателей работы транспортных предприятий в условиях нелинейного моделирования и третья – применению адаптивных методов для прогнозирования экономических показателей деятельности транспортных предприятий.

Вместе с тем, используя наработанные методы, в работе широко разбираются механизмы использования адаптивных методов для прогнозирования грузопотоков с учетом их сезонности.

Постановка задачи исследования. Целью статьи является исследование механизмов адаптации модели прогнозирования к изменениям в динамике грузопотоков через морской порт. Логика механизма адаптации задается априорно, а затем проверяется эмпирически. При построении, модели мы неизбежно наделяем ее врожденными свойствами и, вместе с тем, для большей гибкости должны позаботиться о механизмах, усваиваемых или утрачиваемых с определенной инерционностью. Их совокупность и составляет логику механизма адаптации.

Логическим следствием усиления роли прогнозирования является повышение требований к обоснованности и надежности прогнозных оценок. Однако уровень соответствия аппарата современной прогностики к этим новым требованиям остается чрезмерно низким. Даже применение адаптивных моделей, с помощью которых удается, как правило, достичь необходимого уровня адекватности в описании прогнозируемых процессов, только частично решает проблему повышения надежности. Современная экономика порождает процессы со столь сложной динамикой, что идентификация ее закономерностей аппаратом современной прогностики часто оказывается неразрешимой задачей.

Совершенствование этого аппарата, прежде всего, нуждается в новых идеях и новых подходах, на основе которых возможна реализация механизмов и способов отражения динамики, формируемой под воздействием эффектов в данных рассматриваемого периода.

Основной материал исследования. В рамках экономического прогнозирования развитие адаптивного подхода происходит по трем направлениям. Первое из них ориентировано, в основном, на усложнения адаптивных прогнозных моделей. Идея второго направления состоит в совершенствовании адаптивного механизма моделей прогнозирования. В третьем направлении реализуется подход совместного использования адаптивных принципов и других методов прогнозирования, в частности, имитационного моделирования. Перспективным направлением развития методов современного прогнозирования представляется разработка адаптивно-имитационных моделей.

Развитие рынка определяется фундаментальными факторами (уровнем развития экономики, технологии, техники), но также верно и обратное – фундаментальные факторы определяются рынком, т.е. поведением участников рынка, их оценками и ожиданиями. При этом умение давать правильную оценку развитию рыночных ситуаций зависит от способности предвосхищать преобладающие ожидания участников рынка, а не от способности прогнозировать изменения в реальном мире [3, 5]. Поэтому идеи развития математического аппарата прогнозирования не в достаточной степени учитывают свойства активности экономических систем, что снижает даже при высокой интерполяционной точности уровень правдоподобности прогнозных оценок. В то же время прогнозы, основанные только на субъективной информации, ориентированы на предсказание качественных характеристик, и поэтому их использование возможно только в специальных случаях. Это выводит на первый план проблему построения прогнозов на основе комбинирования экстраполяционных и субъективных оценок.

В основе построения прогнозов лежит временной ряд. Временной ряд – это множество наблюдений, получаемых последовательно во времени. Для описания временных рядов используются математические модели. Представим, что временной ряд x_t , генерируемый некоторой моделью, можно представить в виде двух компонент

$$x_t = \zeta_t + \varepsilon_t,$$

где величина ε_t генерируется случайным неавтокоррелированным процессом с нулевым математическим ожиданием и конечной (не обязательно постоянной) дисперсией, а величина ζ_t может быть генерирована либо детерминированной функцией, либо случайным процессом, либо какой-нибудь их комбинацией. Величины ε_t и ζ_t различаются характером воз-

действия на значения последующих членов ряда. Переменная ε_t влияет только на значение синхронного ей члена ряда, в то время как величина ζ_t в известной степени определяет значение нескольких или всех последующих членов ряда. Через величину ζ_t осуществляется взаимодействие членов ряда; таким образом, в ней содержится информация, необходимая для получения прогнозов.

Назовем величину ζ_t уровнем ряда в момент t , а закон эволюции уровня во времени – трендом. Таким образом, тренд может быть выражен как детерминированной, так и случайной функциями, либо их комбинацией. Стохастические тренды имеют, например, ряды со случайным уровнем или случайным скачкообразным характером роста.

Компоненты временного ряда ζ_t и ε_t не наблюдаемы. Они являются теоретическими величинами. Их выделение и составляет предмет анализа временного ряда в задаче прогнозирования. Оценку будущих членов ряда обычно делают по прогнозной модели. Прогнозная модель – это модель, аппроксимирующая тренд. Прогнозы – это оценки будущих уровней ряда, а последовательность прогнозов для различных периодов упреждения $\tau = 1, 2, \dots, k$ составляет оценку тренда.

При построении прогнозной модели выдвигается гипотеза о динамике величины ζ_t , т. е. о характере тренда. Однако в связи с тем, что уверенность в гипотезе всегда относительна, рассматриваемые нами модели наделяются адаптивными свойствами, способностью к корректировке исходной гипотезы или даже к замене ее другой, более адекватно (с точки зрения точности прогнозов) отражающей поведение, реального ряда.

Простейшая адаптивная модель основывается на вычислении так называемой экспоненциальной средней, к рассмотрению которой мы переходим.

Предположим, что исследуется временной ряд x_t . Выявление и анализ тенденции динамического ряда часто производится с помощью его выравнивания или сглаживания. Экспоненциальное сглаживание – один из простейших и распространенных приемов выравнивания ряда. В его основе лежит расчет экспоненциальных средних. Экспоненциальное сглаживание ряда осуществляется по рекуррентной формуле

$$S_t = \alpha x_t + \beta S_{t-1}, \quad (1)$$

где S_t – значение экспоненциальной средней в момент t ;

α – параметр сглаживания, $\alpha = \text{const}$, $0 < \alpha < 1$;

$\beta = 1 - \alpha$.

Выражение (1) можно переписать следующим образом:

$$S_t = \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1} = S_{t-1} + \alpha(x_t - S_{t-1}). \quad (2)$$

Экспоненциальная средняя на момент t здесь выражена как экспоненциальная средняя предшествующего момента плюс доля α разницы текущего наблюдения и экспоненциальной средней прошлого момента.

В экономике многие явления характеризуются периодически повторяющимися сезонными эффектами. Соответственно временные ряды, их отражающие, содержат периодические сезонные колебания. Эти ряды и их колебания можно представить как генерируемые моделями двух основных типов: моделями с мультипликативными и с аддитивными коэффициентами сезонности.

Модели первого типа имеют вид

$$\begin{aligned} x_{il} &= \overline{\xi_{il}} + \varepsilon_{il} \\ \overline{\xi_{il}} &= \overline{x_t} * f_{il}, \end{aligned} \quad (3)$$

где динамика величины $\overline{x_t}$ характеризует тенденцию развития процесса;

f_{il} – коэффициенты сезонности;

l – количество фаз в полном сезонном цикле (если ряд представляет месячные наблюдения, то в экономике обычно $l = 12$, при квартальных данных $l = 4$ и т. п.);

ε_{il} – неавтокоррелированный шум с нулевым математическим ожиданием.

Модели второго типа записываются как

$$\begin{aligned} x_{il} &= \overline{\xi_{il}} + \varepsilon_{il}, \\ \overline{\xi_{il}} &= \overline{x_t} + g_{il} \end{aligned} \quad (4)$$

где величина $\overline{x_t}$ описывает тенденцию развития процесса;

g_{il} – аддитивные коэффициенты сезонности;

l – количество фаз в полном сезонном цикле;

ε_t – неавтокоррелированный шум с нулевым математическим ожиданием.

Адаптивная модель с мультипликативной сезонностью была предложена П.Р. Уинтерсом [5]. Аддитивная модель рассмотрена Г. Тейлом и С. Вейджем [6].

Теперь, используя описанные выше теоретические положения, можно переходить к рассмотрению задачи адаптивного прогнозирования грузопотоков через морские порты Украины. Проблематике прогнозирования грузопотоков было посвящено достаточно много работ [7-15]. Однако, вопросы краткосрочного прогнозирования в оперативном управлении порта, вопросы сезонности грузопотока в этих работах не рассматривались.

Вместе с тем, следуя представленным работам по прогнозированию грузопотоков через порты Украины, в нашем случае, система моделей прогнозирования тоже носит иерархический характер, включая уровень международной торговли, отраслевой уровень и уровень порта.

Уровень международной торговли включает в себя динамику и прогноз мировой торговли, динамику и прогноз экспорта/импорта регионов, динамику и прогноз межрегиональной торговли.

Прогноз мировой торговли выполняется по трем сценариям: оптимистическому, линейному и пессимистическому. Трендовые модели прогноза по сценариям представлены в таблице 1.

Таблица 1

Трендовые модели прогноза мировой торговли по сценариям

Номер пп	Сценарий	Модель
1	Оптимистический	$W_t = a_0 + a_1t + a_2t^2$
2	Линейный	$W_t = a_0 + a_1t$
3	Пессимистический	$W_t = a_0 + a_1 \ln(t)$

В целом, статистика мировой торговли представлена в таблице 2.

Таблица 2

Статистика мировой торговли, млрд.долл.

Годы	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Мировой экспорт	6266	6021	6299	7369	8958	10159	11812

Продолжение табл. 2

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Мировой экспорт	13656	15717	12229	14888	17816	17934	18301

При проведенных расчетах наилучший результат аппроксимации временного ряда мировой торговли показала линейная трендовая модель. Этот результат представлен на рис. 1.

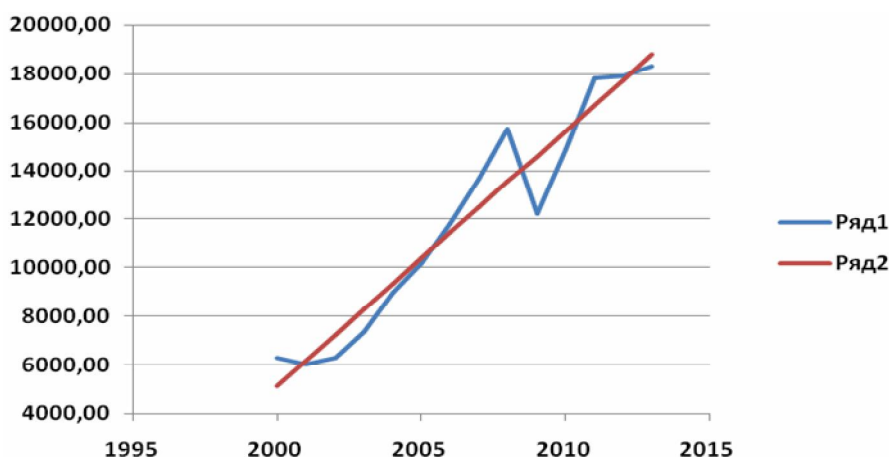


Рис.1. Результат аппроксимации временного ряда мировой торговли

Следующим важным шагом, является установление статистической связи между объемом мировой торговли и объемом межрегиональной торговли стран СНГ. Статистика мировой и межрегиональной торговли представлена в таблице 3.

Таблица 3

Статистика мировой и межрегиональной торговли стран СНГ, млрд.долл.

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Мировой экспорт	13656	15717	12229	14888	17816	17934	18301
СНГ всего	921	1219	761	990	1318	1355	1345

В основу описания статистической связи положена линейная регрессионная модель вида

$$V_t = a_0 + a_1 W_t,$$

где V_t – объем межрегиональной торговли стран СНГ;

W_t – объем мировой торговли.

Динамика аппроксимации межрегиональной торговли стран СНГ представлена на рис. 2, где ряд 1 представляет статистику торговли стран СНГ, а ряд 2 – аппроксимацию статистики этой торговли.

Теперь важно увязать объемы грузопотока через порты Украины с объемами межрегиональной торговли стран СНГ.

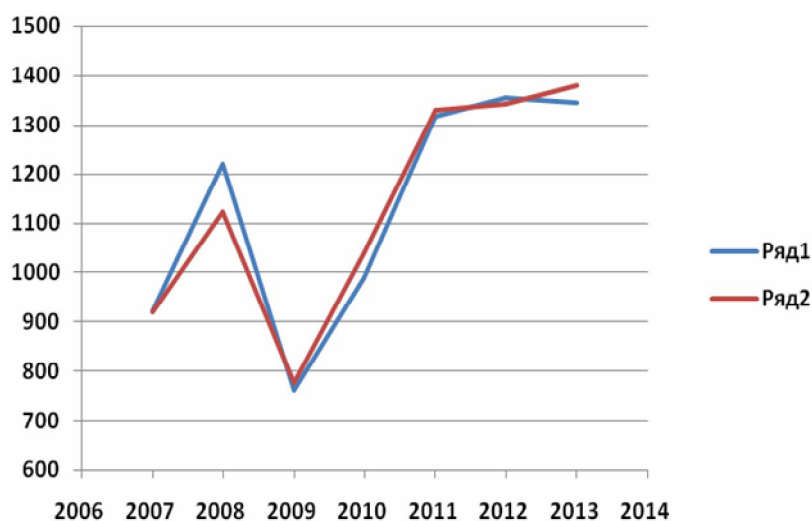


Рис. 2. Факт и аппроксимация межрегиональной торговли стран СНГ, млрд. долл.

Для этого можно использовать линейную регрессионную модель вида

$$Q_t = a_0 + a_1 V_t,$$

где V_t – объем межрегиональной торговли стран СНГ;

Q_t – объем грузопотока через порты Украины.

Динамика аппроксимации грузопотока через порты Украины представлена на рис. 3. При этом ряд 1 представляет фактический грузопоток, а ряд 2 – его аппроксимацию.

Установив зависимости между объемами мировой торговли, объемами межрегиональной торговли стран СНГ и объемами грузопотоков через порты Украины можно рассмотреть и их прогнозные значения, которые представлены в таблице 4.

Таблица 4

Прогноз мировой торговли (млрд.долл.), региональной торговли стран СНГ (млрд.долл.) и объема грузопотока через порты Украины, тыс.тонн

Годы	Модели	2015	2016	2017	2018
Мировой экспорт	$W_t = -2098823,3 + 1052 \cdot t$	20901	21953	23005	24057
СНГ всего	$V_t = -438,4 + 0,099 \cdot W_t$	1637	1742	1846	1951
Объем грузопотоков портов Украины	$Q(t) = 99218 + 17,6 \cdot V(t)$	135649	138757	141865	144973

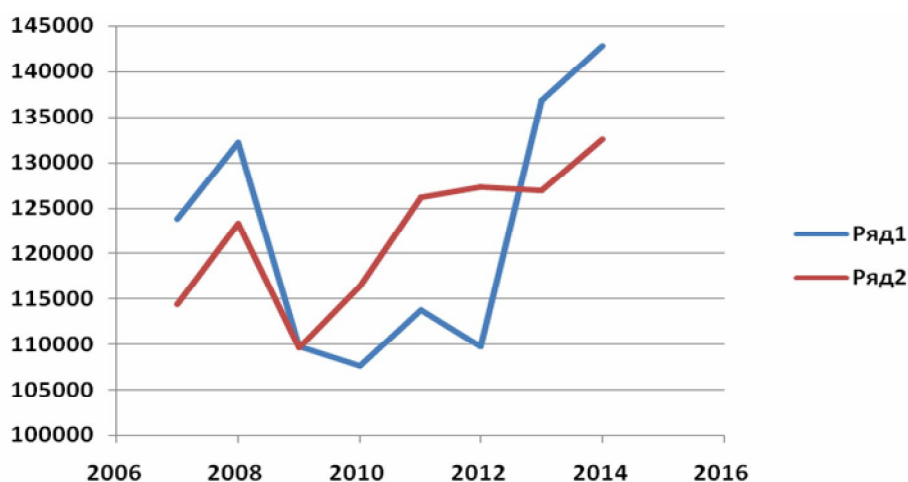


Рис. 3. Факт и аппроксимация грузопотоков через порты Украины, тыс.тонн

Следующим важным шагом, является установление статистической связи между объемами грузопотоков через порты Украины и объемом грузопотоков отдельного порта (например, Ильичевска). Статистика для установления такой связи представлена в таблице 5. Динамика аппроксимации грузопотока через порт Ильичевск с помощью модели $\overline{Q_{it}} = a_0 + a_1 Q_t$ представлена на рис. 3. При этом ряд 1 представляет фактический грузопоток (Q_{it}), а ряд 2 – его аппроксимацию $\overline{Q_{it}} = 0,089 + 5188,4Q_t$.

Далее, используя динамику аппроксимации грузопотока через порт Ильичевск можно, на основании методов адаптивного прогнозирования, определить прогнозы сезонных колебаний грузопотока по этому порту.

Таблица 5

Статистика грузооборота п. Ильичевск, тыс.тонн

Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Грузооборот портов Украины (Q_t)	132181	109715	107642	113716	109800	136844	142792
Грузооборот п. Ильичевск (Q_{it})	18904	16285	15053	13530	14514	16458	17613
Аппроксимация грузооборота п. Ильичевск $\overline{Q_{it}}$	16976	14972	14787	15329	14980	17391	17922



Рис. 4. Динамика аппроксимации грузопотока через порт Ильичевск

Прогнозные значения грузопотока через порт Ильичевск представлены в таблице 6.

Таблица 6

Годы	Модель	2015	2016	2017	2018
Прогноз грузопотока порта Ильичевск	$\overline{Q}_{it} = 0,089 + 5188,4Q_t$	17008	17285	17562	17839

Для этого будем использовать модель, представленную выражением (3).

В этой модели величина

$$\overline{x}_t = \overline{Q}_{it} = a_0 + a_1 Q_t$$

определяет тенденцию грузопотока порта Ильичевск. Остается определить коэффициенты сезонных (квартальных) колебаний. Для этого воспользуемся статистикой квартального грузооборота порта Ильичевск, табл. 7.

Таблиця 7

Статистика квартального грузооборота порта Ильичевск, тыс.тонн

Периоды	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1 квартал	4303	4381	3762	3658	3623	3478
2 квартал	3969	3381	2951	3198	3097	3360
3 квартал	4060	3344	3165	3825	3303	3343
4 квартал	3953	3948	3652	3833	3727	4374
Всего за год	16285	15054	13530	14514	13750	14555

Коэффициенты сезонных (квартальных) колебаний представлены в таблице 8.

Таблиця 8

*Коэффициенты сезонных (квартальных) колебаний грузопотока
п. Ильичевск*

Периоды	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1 квартал	0,264231	0,291019	0,278049	0,252033	0,263491	0,238956
2 квартал	0,243721	0,224591	0,218108	0,220339	0,225236	0,230849
3 квартал	0,249309	0,222134	0,233925	0,263539	0,240218	0,229681
4 квартал	0,242739	0,262256	0,269919	0,26409	0,271055	0,300515
Всего за год	1	1	1	1	1	1

Так как коэффициенты сезонных (квартальных) колебаний грузопотока по годам носят скачкообразный характер, воспользуемся методом экспоненциального сглаживания (1) и (2). В нашем случае сглаженные коэффициенты сезонности выражаются формулой

$$S_{t1} = \alpha f_{t1} + (1-\alpha)S_{(t-1)1} = 0,3 \cdot f_{t1} + (1-0,3) \cdot S_{(t-1)1}, \quad t=2009, \dots, 2014, \\ l = 1, 2, 3, 4. \quad (5)$$

При этом $S_{t1} = f_{t1}$, т.е. в первом году расчета S_{t1} представляет начальное значение коэффициента f_{t1} . Далее – расчет по формуле (5).

Выбору величины постоянной сглаживания α следует уделять особое внимание. Поиски должны быть направлены на отыскание оснований для выбора наилучшего значения. Нужно учитывать условия, при которых эта величина должна принимать значения, близкие то одному крайнему значению, то другому. Учитывая, что грузопотоки представляют собой более или менее инерционный процесс экспертным путем было выбрано $\alpha = 0,3$.

Рассчитанные на основании формулы (5) сглаженные коэффициенты сезонных (квартальных) колебаний грузопотока представлены в таблице 9.

Таблица 9

Сглаженные коэффициенты сезонных (квартальных) колебаний грузопотока п. Ильичевск

Периоды	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1 квартал	0,264231	0,272267	0,274002	0,267411	0,266235	0,258051
2 квартал	0,243721	0,237982	0,23202	0,228516	0,227532	0,228527
3 квартал	0,249309	0,241157	0,238987	0,246352	0,244512	0,240063
4 квартал	0,242739	0,248594	0,254991	0,257721	0,261721	0,273359
Всего за год	1	1	1	1	1	1

Для того, чтобы получить прогнозное значение коэффициента сезонных колебания в порту Ильичевск за 1-й квартал 2015 года достаточно построить полиномиальное уравнение регрессии вида $f_{1t} = a_{01} + a_{11}t + a_{21}t^2$ на базе сглаженных коэффициентов сезонности для 1-го квартала за 2009-2014 годы и рассчитать его прогнозное значение на 1-й квартал 2015 года. Экспериментальные расчеты показали, что $f_{1t} = 0,2571272 + 0,01001356 \cdot t - 0,0016576 \cdot t^2$. Динамика тренда полученного полиномиального уравнения регрессии представлена на рис. 5, а значение коэффициента сезонности за 1-й квартал 2015 года равно $f_{15,1} = 0,246$. Аналогичный подход можно использовать и для расчета других коэффициентов сезонности.

Теперь несложно рассчитать абсолютную величину грузопотока в 1-м квартале 2015 года. Для этого достаточно воспользоваться прогнозным значением грузопотока через порт Ильичевск в 2015 году.

В соответствии с выражением (3)

$$\overline{Q_{iit}} = \overline{Q_{it}} \cdot f_{iit}, \text{ или } \overline{Q_{15,1}} = 17008 \cdot 0,246 = 4184 \text{ тыс. тонн.}$$

Интересно, что фактическое значение грузопотока через порт Ильичевск в 1-м квартале 2015 года составило 4007 тыс. тонн. Таким образом, ошибка прогнозных расчетов составляет 4,4 %.

Выводы. Заканчивая рассмотрение адаптивных методов прогнозирования грузопотоков, отметим их некоторые особенности. Суть адаптации состоит в том, что модель следует за процессом. Это обуславливает учет изменений в модели от новых тенденций в реальном процессе. Однако, чем больше время упреждения, тем больше несоответствие между прогнозом и фактическим значением ряда. Следовательно, модели рассматриваемого класса можно рекомендовать для получения в основном краткосрочных прогнозов.

Многие из рассмотренных моделей характеризуют связь между исследуемой величиной и временем. Это обстоятельство само по себе является довольно серьезным ограничением. С другой стороны, время в модели выражает эволюцию всего комплекса условий протекания процесса. Через время исходный ряд неявно связан с множеством взаимосвязанных факторов, учесть влияние которых порознь затруднительно.

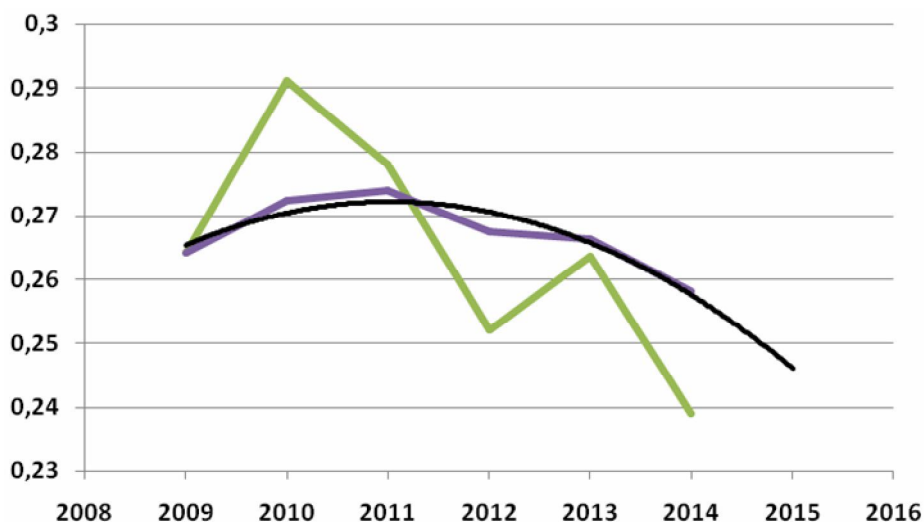


Рис. 5. Динамика сезонных коэффициентов за 1 квартал г. Ильичевск

За счет упрощенного представления исследуемой величины, связанной с одним лишь фактором времени, моделирование становится возможным даже при самой скудной информации.

Положительной чертой адаптивных методов является то, что с их помощью тщательно изучается внутренняя структура временного ряда, взаимосвязь его последовательных членов, а модели, являющиеся инструментом прогноза, чутко реагируют на динамические изменения и соответственно перестраиваются тем или иным образом, учитывая обесценение устаревшей информации.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. – М.: Финансы и статистика, 2003.
2. Манасян С.К. Моделирование и прогнозирование сложных многоаспектных систем / Новые информационные технологии. – Тбилиси, 1990.

3. Давнис В.В., Тинякова В.И. *Адаптивные модели: анализ и прогноз в экономических системах.* – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006.
4. Цугленок Н.В. *Энерготехнологическое прогнозирование.* – Красноярск: КрасГАУ, 2005.
5. Theil H., Wage S. *Some observations on adaptive forecasting// Management Science.* – 1964. – Vol. 10. – № 2.
6. Winters P.R. *Forecasting sales by exponentially weighted moving averages // Management Science.* – 1960. – Vol. 6. – № 3.
7. Степанов О.Н. *Мировая торговля, транспорт и тенденции развития портового хозяйства: Монография.* – Одесса: Астропринт, 2001. – 124 с.
8. Степанов О.М. *Тенденції світових торгових перевезень // Економіка і прогнозування.* – 2002. – №3. – С.91-101.
9. Степанов О.Н. *Тенденции международных грузовых перевозок через порты Украины // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб.наук.праць.* – Вип.4. – Одеса: ОНМУ, 2002. – С.32-44.
10. Савельева И.В. *Использование нейронных сетей в прогнозировании деятельности предприятий морского бизнеса / И.В. Савельева // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць.* – Одеса: ОНМУ, 2003. – Вип. 6. – С. 76-88.
11. Савельева И.В. *Эконометрические модели прогнозирования контейнерных перевозок через порты Украины / И.В. Савельева // Развитие методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць.* – Одеса: ОНМУ, 2010. – Вип. 32. – С. 5-25.
12. Савельева И.В. *Тенденции и проблемы развития контейнерных перевозок в мире и через порты Украины / И.В.Савельева // Развитие методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць.* – 2012. – Вип. 35. – Одеса: ОНМУ, 2012.
13. Москалюк Л.В., Давыдова В.И. *Некоторые аспекты интервального оценивания прогнозируемых показателей работы транспортных предприятий // Развитие методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць.* – Вип. 36 (3). – Одеса: ОНМУ, 2011. – С.131-146.
14. Москалюк Л.В., Давыдова В.И. *К вопросу о прогнозировании значений показателей работы транспортных предприятий в условиях нелинейного моделирования // Развитие методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць.* – Вип. 40. – Одеса: ОНМУ, 2012. – С.84-92.

15. Москалюк Л.В., Давыдова В.И. Применение адаптивных методов для прогнозирования экономических показателей деятельности транспортных предприятий // Развитие методов управления та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. – Вип. 44. – Одеса: ОНМУ, 2013. – С. 96-108.

Стаття надійшла до редакції 16.03.2015

Рецензенти:

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Економічна теорія та кібернетика» Одеського національного морського університету **Г.С. Махуренко**

доктор технічних наук, професор кафедри «Бізнес-адміністрування та корпоративна безпека» Міжнародного гуманітарного університету **А.І. Рибак**