УДК 656.615

FORECAST THE TREND –SEASONAL PROCESSES IN KEEPING NAVIGATION PRACTICABLE IN THE AZOV SEA

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРЕНД–СЕЗОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ СУДОХОДСТВА В АЗОВСКОМ МОРЕ

A.A. Lysiy, Ph.D., *associate professor*
А.А. Лысый, *к.т.н., доцент*

Azov Maritime Institute National university «Odessa Maritime Academy», Ukraine
Азовский морской институт Национального университета "Одесская морская академия", Украина

ABSTRACT

The article substantiates the necessity of analysis and forecasting the trend-seasonal fluctuations in the management of industrial activities of the seaport.

The statistics is given showing a significant decrease in cargo turnover in the port of Mariupol in the period of ice conditions and icebreaker tug demurrage during the year.

The definition of the concept of seasonality, which refers to regular periodic occurrences of certain weather conditions associated with seasonal changes.

Developed a special approach to formation of database for diverse kinds of industrial activity of the port in ice conditions that meet the requirement of continuous planning and managing port operations.

Keywords: ice conditions, navigation, seasonal fluctuations, database, forecasting, fluctuation of cargo turn-over.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами

Повышение эффективности работы портов Азовского моря является актуальной задачей не только для отдельных предприятий, но и для экономики страны в целом. Снижение грузооборота портов, связанные с сезонными колебаниями и одновременное увеличение эксплуатационных расходов на содержание портового флота необходимо учитывать в их производственной деятельности, поэтому выработка методического инструментария прогнозирования этих процессов, а также задача формирования соответствующей информационной статистической базы для принятия решений являются весьма актуальными.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Вопросами определения и учета влияния сезонных колебаний на производственную деятельность портов и судоходство занимались многие отечественные ученые: Голиков В.В., Репетей В.Д., Лысый А.Ф., Леонтьев И.В. и др. Однако в виду того, что фактор сезонности носит стохастический характер и характеризуется рядом особенностей, исследования в этой области продолжаются.

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

Разработка методических основ анализа по использованию судов портового флота в течении всего года и прогнозирования тренд-сезонных колебаний при обеспечении судоходства в Азовском море.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

Задачи управления судоходством в Азовском море, можно подразделить на две группы.

Первая – это задачи, возникающие при текущем управлении и оперативном планировании, вторая группа – задачи, возникающие при планировании комплекса работ в условиях введения ледовой обстановки.

Решение данных задач связано с выбором входных параметров, имеющих статистический или стохастический характер, обусловленный влиянием фактора сезонности.

Под фактором сезонности понимается регулярное периодичное наступление определенных погодных условий, связанных со сменой времени года. Порты Азовского моря с приходом зимы в большинстве случаев переходят на режим «ледовой» обстановки, где предпринимаются комплексные меры для достижения оптимальных показателей по грузопереработке параллельно с обеспечением безопасности мореплавания.

Влияние сезонности особенно сказывается как на работе морского транспорта в целом, где в значительной степени просматривается зависимости от этих условий, так и на работу ледокола, судов портового флота с ледовым классом в период «ледовой» обстановки и содержание этого флота после окончания «ледовой» обстановки в виду их простоя.

При рассмотрении динамики легко обнаружить повторяющиеся подъемы и спады уровней объемов грузопереработки в зависимости от сезона морских перевозок.

Очевиден циклический механизм, который формирует сезонные колебания - ежегодно повторяющиеся изменения природно-климатических условий [1]. Но если это справедливо для отраслей, прямо испытывающих влияние циклических изменений природно-климатических условий, то для предприятий морского транспорта условия «ледовой» обстановки связаны со значительными усилиями по обеспечению грузооборота и направлении дополнительных финансовых и технических ресурсов для ледокольного и вспомогательного флота [2].

В тбл. 1 приведена динамика проводок судов в Мариупольский порт в период 2010г.-2013г., когда «ледовая» обстановка вводилась, из какой видно, что в зимний период большая нагрузка ложится на вспомогательный и ледокольный флот.

В 2014 - 2016 г. из-за положительных температурных показателей «ледовая» обстановка не вводилась и нагрузка на вспомогательный и ледокольный флот резко падает (тбл. 2).

Таблица 1. Динамика проводок судов в порт Мариуполь с 2010г. по 2013г.

Год	Заведено ледоколом при ледовой (кол-во судов)				Количество судозаходов за месяц вне ледовой								Потери времени погрузки/выгрузки из-за погодных условий (сут) при ледовой/ вне ледовой
	дек.	янв.	февр.	март	ап-рель	май	ию-нь	ию-ль	авг.	сент.	окт.	ноябрь	
2010	-	48	73	62	272	274	204	240	252	248	265	270	230 / 140
2011	-	45	72	68	263	270	282	278	268	280	275	276	232 / 96
2012	32	54	70	63	296	278	283	292	288	275	278	282	245 / 132
2013	-	48	74	42	256	278	283	278	243	235	220	229	216 / 126

Таблица 2. Работа ледокольного буксира «Капитан Маркин» в порту Мариуполь с 2013г. – 2016г.

Год	Количество дней занятых обеспечением судозаходов												Всего выходов из порта в течении года (сут)
	дек.	янв.	февр.	март	апрель	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	ноябрь	
2013	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
2014	1	-	3	-	-	-	-	-	2	-	-	2	8
2015	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2

Таким образом, сезонные колебания температуры оказывают существенное влияние на организацию и финансовые результаты Мариупольского порта в зимнее время.

Использование ледокольного флота, на примере буксира с ледовым классом «Капитан Маркин», по обеспечению судозаходов в период «ледовой», который практически весь календарный год находится у причала, не учитывает разнообразные формы производственной деятельности порта, при которой доходная часть должна быть выше расходов на эксплуатацию флота.

В целом работа портов происходит в условиях сложных переплетений хозяйственных связей между различными отраслями экономики нашего государства и экономики зарубежных стран. Сезонные колебания, в этом случае имеют более сложный характер – генерируются в одном районе плавания, передаются в другие, преобразовываются и вновь продолжают движение, возбуждают в последующих звеньях цикла морского транспорта соответствующие колебания [2].

На практике задача прогнозирования решается чаще всего в упрощенном виде. Предполагается, что в будущем будут продолжать действовать те же законы, по которым до сих пор проходило развитие исследуемого процесса. В таком случае вопрос сводится лишь к выбору лучшей из многих возможных экстраполяционных моделей.

Различают два вида моделей прогнозирования сезонных временных рядов: аддитивные и мультипликативные. В аддитивной модели отдельно прогнозируются тренд и сезонная компонента, а затем уже определяются прогнозные оценки собственно тренд - сезонного временного ряда.

$$\hat{y}_t(t) = \hat{u}_t(t) + \hat{\upsilon}_t(t), \qquad t = \overline{1, L} \tag{1}$$

где L – период упреждения (предсказания),

$\hat{y}_t$ – прогнозная оценка величины.

Функция $f(t)$, по которой прогнозируется тренд, выбирается *apriori,* если есть основания утверждать, что процесс развивается именно по такому закону $f(t)$. Нередко выбор $f(t)$осуществляется на целом множестве функций: полном, логистическая кривая, кривая Гомперца и т.д.

В мультипликативных моделях предполагается, что сезонный эффект умножается,

то есть

$$y_{ij} = I \cdot \upsilon_{ij} + \varepsilon_{ij}, \qquad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, T_o}\ , \tag{2}$$

где I_j – индекс сезонности.

В пользу применения аддитивных моделей для прогнозирования сезонных процессов говорит и их простота. Однако в данном случае необходимо отметить, что одна из наиболее эффективных мультипликативных моделей – модель Бокса-Дженкинса отмечается очень низкими возможностями автоматизации процесса решения на ПЭВМ, поскольку требует на каждом этапе участия квалифицированного эксперта по исследуемой проблеме.

Сказанное выше и определило тот факт, что для получения прогнозных оценок сезонных процессов с использованием ПЭВМ широко используются аддитивные модели.

Потенциальная аддитивная модель, в которой тренд прогнозируется по полиноминальной функции, а сезонная компонента по отрезку ряда Фурье дает некую усредненную сезонную волну с постоянной фазой и постоянной в каждом месяце амплитудой. Этот недостаток модели может быть устранен за счет учета в функции $f(t)$ динамических эффектов, что достигается введением либо взвешенного суммирования по степеням параметра t:[1]

$$f(t) = \sum_{i=\upsilon}^{K} \psi_i(t) \cdot t^i\ , \tag{3}$$

где

$$\psi_i(t)=\sum_{j=0}^{T_o/2}\left[\alpha_{ij}\cos\omega_i t+\beta_{ij}\sin\omega_i t\right],$$

либо заменой статических коэффициентов Фурье в (12) $a_{o,}\ a_i,\ b_i$ коэффициентами – функциями параметра $t: a_o(t),\ a_i(t),\ b_i(t),\ i=1,T_o/2$.

Прогнозные показатели сезонности в большинстве случаев имеют определенные отклонения от статистических данных по объемам грузопереработки. Поэтому – одной из важнейших проблем является обеспечение устойчивости полученных характеристик, оценка возможных границ их отклонения.

Можно сделать вывод, что задача прогнозирования сезонных колебаний грузооборота порта решается в два этапа: анализ сезонных процессов (расчет уровня сезонных колебаний, анализ их динамики) и прогнозирования сезонных процессов [3].

Рассмотрим основные этапы анализа и прогнозирования сезонных колебаний грузооборота порта.

1. Выявление наличия сезонных колебаний.

$$l_{ij}=y_{ij}-u_{ij};$$

$$F=m\frac{(T-T_0)\sum_{j=1}^{T_0}\left[\sum_{i=1}^{m}l_{ij}/m-\sum_{ij}l_{ij}/T\right]}{(T_0-1)\sum_{j=1}^{T_0}\sum_{i=1}^{m}\left[l_{ij}-\sum_{i=1}^{m}l_{ij}/m\right]},\qquad(4)$$

здесь $l_{ij}=y_{ij}-u_{ij}$ - остаточная компонента после выделения тренда u_{ij}.

Величина F имеет F - распределение с (T_o-1) и (T_o-m) степенями свободы. Сезонные колебания в исходном временном ряду подтверждаются, если $F_{расч}>F_{крит}$ при заданной доверительной вероятности.

2. Фильтрация компонент временного ряда.

Выполняется в несколько процедур. Первая – выделение тренда:

$$u_t=\sum_{\tau=-T_o/2}^{T_o/2}\alpha_\tau\cdot y_{t+\tau},\qquad(5)$$

где

$$\alpha_\tau=\begin{cases}1/T_0, & |\tau-1|<T_o/2\\ 1/2T_0, & |\tau|=T_0/2\end{cases}$$

Второй процедурной производится сглаживание сезонного временного ряда и выделение сезонной компоненты:

$$\hat{y}_{ij}=a_j+b_j\cdot\hat{u}_{ij},\qquad i=\overline{1,m},\quad j=\overline{1,T_o}\qquad(6)$$

где $\hat{y}_{ij}$ - сглаженная оценка. Коэффициенты a_j, b_j определяется по формулам:

$$a_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} y_{ij} \sum_{i=1}^{m} u^2{}_{ij} - \sum_{i=1}^{m} u_{ij} \sum_{i=1}^{m} y_{ij} \cdot u_{ij}}{m\sum_{i=1}^{m} u^2{}_{ij} - \left(\sum_{i=1}^{m} u_{ij}\right)^2}, \qquad (7)$$

$$b_j = \frac{m\sum_{i=1}^{m} y_{ij}\, u_{ij} - \sum_{i=1}^{m} y_{ij} \sum_{i=1}^{m} u_{ij}}{m\sum_{i=1}^{m} u^2{}_{ij} - \left(\sum_{i=1}^{m} u_{ij}\right)^2}, \qquad (8)$$

теперь

$$\hat{\upsilon}_{ij} = y_{ij} - u_{ij}.$$

Третья процедура – непосредственно фильтрация. Первый шаг фильтрации представлен операциями выше. Второй шаг:

$$\Delta\upsilon_{ij} = \sum_{\tau=-T_0/2}^{T_o/2} \alpha_\tau \cdot \hat{\upsilon}_{ij}^{(1)}$$

$$\hat{\upsilon}_{ij}^{(2)} = u_{ij}^{(1)} + \Delta u_{ij}$$

$$\left.\begin{aligned} u_{ij}^{(2)} &= a_j^{(2)} + b_j^{(2)} \cdot u_{ij}^{(2)} \\ \upsilon_{ij}^{(2)} &= \hat{y}_{ij}^{(2)} - \hat{u}_{ij}^{(2)} \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

Третий, четвертый и последующие шаги итерации повторяют по действиям второй шаг. Число итераций равно оценке минимальной степени полинома, аппроксимирующего тренд ряда плюс один, т.е. *(n+1)*.

3. Прогнозирование сезонных процессов.

Первая аддитивная модель:

$$\hat{\upsilon}_t(\iota) = \sum_{j=v}^{n} a_j (T+\iota)^i, \quad n = 1,2,3, \quad \iota = \overline{1, L} \qquad (10)$$

здесь

$$\iota = i \times T_0 + j, \quad i = 0,1,\ldots, m_L,$$

$$\hat{y}_T(i,j) = a_j + b_j \cdot u_T(i,j), \quad i = \overline{1, m_L}, \quad j = \overline{1, T_0}$$

$\hat{y}_T(i,j)$ - прогнозная оценка величины $u_{m+i,j}$

Вторая аддитивная модель:

$$\hat{y}_T(\iota)=\sum_{j=0}^{n} a_j \cdot t^j + a_0(\tau)+\sum_{i=0}^{\tau_0/2}\left\{a_i(\tau)\cos\frac{2\pi}{T_0}(T+\iota)+b_i(\tau)\sin\frac{2\pi}{T_0}(T+\iota)\right.$$ где

$$\tau=\left[\frac{T+\iota+T_0}{KT_0}\right]+1. \quad (11)$$

В правой части (11) квадратные скобки означают взятие целой части от выражения в скобках, K – число разбиений исходного временного ряда

$$\left\{y_t,\ t=\overline{1,T}\right\}$$

на равные отрезки:

$$\left\{y_t,\ t=\overline{1,T}\right\}=\left\{y_t,\ t=\overline{1,T}\right\}\cup\left\{y_t,\ t=T_1+1,T_2\right\}\cup\ldots\cup\left\{y_t,\ t=T_{K-1}+1,T_K\right\}$$

Для каждого отрезка временного ряда $\{y_t,\ t=T_{S-1}+1,T_S\}$ находятся коэффициенты Фурье $a_0^{(S)},a_j^{(S)}\ b_j^{(S)}$:

$$\left.\begin{aligned}
a_0&=\frac{1}{T_0}\sum_{i=1}^{T}\iota_t\\
a_j&=\frac{2}{T}\sum_{i=1}^{T}\iota_t\cos\frac{2\pi}{T_0}t\\
b_j&=\frac{2}{T}\sum_{i=1}^{T}\iota_t\sin\frac{2\pi}{T_0}t\\
a_{T_0/2}&=\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}(-1)^t\iota_t
\end{aligned}\right\} \quad (12)$$

Из коэффициентов $a_0^{(S)},a_j^{(S)},\ldots,\ b_j^{(S)},\quad s=1,2,\ldots,K$ составляется матрица

$$A_B=\begin{pmatrix}
a_0^{(1)} & a_1^{(1)} & \ldots & a_{T_o/2}^{(1)}b_1^{(1)} & \ldots b_{T_o/2-1}^{(1)}\\
a_0^{(2)} & a_1^{(2)} & \ldots & a_{T_o/2}^{(2)}b_1^{(2)} & \ldots b_{T_o/2-1}^{(2)}\\
\ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots\\
a_0^{(K)} & a_1^{(K)} & \ldots & a_{T_o/2}^{(K)}b_1^{(K)} & \ldots b_{T_o/2-1}^{(K)}
\end{pmatrix} \quad (13)$$

Аналогично далее рассматриваются T_0 временных рядов с коэффициентами $a_0^{(S)},a_j^{(S)}\ b_j^{(S)},\quad s=\overline{1,K}$ для каждого из которых находятся соответствующие значения C_0 и C_1, аппроксимирующего линейного уравнения

$$Z_t=C_0+C_1t,\ \ t=\overline{1,K}. \quad (14)$$

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

Решение методических вопросов прогнозирования грузопереработки морского порта с учетом сезонных колебаний является необходимым этапом на пути совершенствования управления работой морского транспорта.

Предложенный и усовершенствованный аппарат статистического прогнозирования включает стадии обработки динамических рядов: анализ сезонных процессов, прогнозирование сезонной волны и построение доверительных интервалов. Такой подход к прогнозированию может быть применен для широкого диапазона направлений и проблем, связанных с планированием работы флота и портов.

Основные положения анализа и прогнозирования трен-сезонных колебаний работы морского транспорта позволяет вести разработку и реализацию современных информационных технологий в общей системе отраслевого управления по усовершенствованию систем безопасного управления транспортными средствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьев И. В. Понятие и сущность сезонных экономических явлений / И.В. Леонтьев. – М.: Статистика, 2003. – С. 38-45.
2. Голиков В.В. Опыт проводки судов ледоколом «Капитан Белоусов» в ледовую навигацию по Азовскому морю / В.В.Голиков, А.А. Лысый, П.А. Костенко // Судовые энергетические установки: научн. техн. сборник. Вып.27. – Одесса: ОНМА, 2011. – С.39-44.
3. Кильдышев Г.С. Анализ временных рядов и прогнозирование / Г.С. Кильдышев, А.А. Френкель. – М.: Статистика, 2005. – С. 25-28.