УДК 656.025.4

Н. В. Халіпова, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних систем та технологій Академії митної служби України
І. Ю. Леснікова, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних систем та технологій Академії митної служби України
А. В. Безрукова, менеджер з логістики
ТОВ "Пріста Ойл-Україна"

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРЕНД-СЕЗОННИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС АНАЛІЗУ ВАНТАЖОПОТОКІВ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

У статті подано модель аналізу тренд-сезонних часових рядів. Досліджено сезонні коливання вантажопотоку під час здійснення зовнішньоекономічної діяльності та визначено вплив сезонності на економічні процеси на прикладі перевалки нафтопродуктів.

В статье представлена модель анализа тренд-сезонных часовых рядов. Исследованы сезонные колебания грузопотока при внешнеэкономической деятельности, на примере перевалки нефтепродуктов определено влияние сезонности на экономические процессы.

In the article the model of analysis of trend-seasonal time series is presented. The seasonal fluctuations of cargo traffic in foreign economic activity are examined and the influence of seasonality on economic processes by the example of transshipment of petroleum product is determined.

Ключові слова. Обсяги вантажообігу в зовнішньоекономічній діяльності, тренд-сезонні процеси, часові ряди.

Вступ. Вплив сезонності на економіку виявляється в аритмії виробничих процесів. Для вдосконалення технологічних процесів у транспортних системах та підвищення ефективності їх функціонування у зовнішньоекономічній діяльності потрібно враховувати нерівномірність розподілу обсягів вантажообігу протягом року. Вміння вимірювати й аналізувати зміни вантажопотоку дозволяє прогнозувати і цілеспрямовано впливати на розвиток процесів, залежних від сезонних коливань [1–4].

Часовий ряд економічних показників можна розкласти на чотири структурних елементи:

• тренд U_t, $t = 1, 2, ..., n;$
• сезонна компонента V_t, $t = 1, 2, ..., n;$
• циклічна компонента C_t, $t = 1, 2, ..., n;$
• випадкова компонента ε_t, .. $t = l, 2, ..., n$.

Під трендом розуміється стійка систематична зміна процесу протягом тривалого часу.

У часових рядах економічних процесів можуть мати місце більш-менш регулярні коливання. Якщо коливання мають строго періодичний або близький до нього характер і завершуються протягом одного року, то їх називають сезонними.

Алгоритм, що визначає сукупність і послідовність питань, які необхідно вирішити при повному дослідженні сезонного часового ряду, наведено на рис. 1.

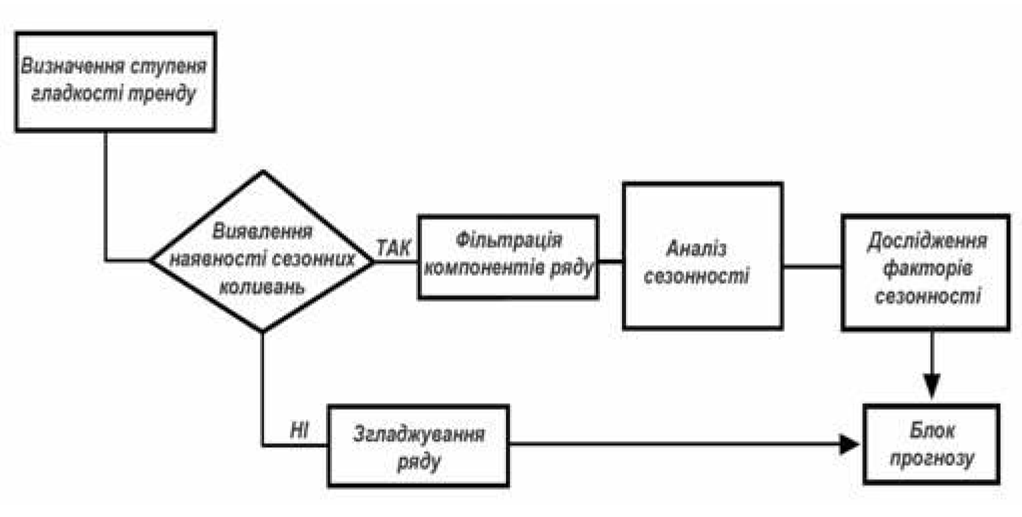

Рис. 1. Схема дослідження тренд-сезонних часових рядів

Постановка завдання. Аналіз сезонності полягає в дослідженні сезонних коливань вантажопотоку і вивченні зовнішнього циклічного механізму, який їх викликає.

Розглянемо тренд-сезонний часовий ряд $\{Y_t\}, t = \overline{1,T}$, що породжується адитивним випадковим процесом:

$$Y_t = U_t + V_t + \varepsilon_t,\ t = \overline{1,T}, \qquad (1)$$

де T – кількість рівнів спостереження.

Відносно U_t передбачається, що це гладка функція. Сезонна компонента V_t має період T_o, тобто $V_{t+T0} = V_t$ (для ряду місячних даних $T_o = 12$).

Беремо, що $T = m \times T_o$, де T_o – кількість місяців року, m – кількість років, поданих у часовому ряді $\{Y_t\}$. Зобразимо початкові дані тренд-сезонного часового ряду у вигляді матриці $\{Y_{ij}\}$ розміру $[m \times T_0]$. У цьому випадку вираз (1) перепишеться з урахуванням уведення подвійної індексації:

$$Y_{ij} = U_{ij} + V_{ij} + \varepsilon_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, T_0}, \tag{2}$$

де $\left.\begin{aligned} i &= \left[\frac{t}{T_0}\right] + 1 \\ j &= t - (i-1)\,T_0 \end{aligned}\right\}.$

Для дослідження сезонних коливань перш за все необхідно відфільтрувати з часового ряду $\{Y_t\}$ сезонну компоненту $\{V_t\}$ і потім проаналізувати її динаміку.

У цій статті стоїть задача визначення наявності в часовому ряду тренду, а також сезонних коливань. Виявлення наявності в часовому ряду сезонних коливань зводиться до перевірки на випадковість залишкового ряду $\{l_t\}$.

$$\{l_t\},\ l_t = Y_t - U_t. \tag{3}$$

Під фільтрацією компонент ряду розуміється виділення з ряду $\{ Y_t\}$ його складових U_t, V_t, ε_t.

Для виявлення наявності тренду в часовому ряді застосуємо метод Фостера – Стюарта. Для виділення компонент часового ряду використовується метод Четверикова. Даний підхід програмно реалізований у середовищі електронних таблиць Excel.

Дослідження та аналіз сезонних коливань вантажопотоку було проведено для ТОВ "Пріста Ойл-Україна".

У 2004 р. у м. Одесі, на території вільної економічної зони (ВЕЗ) "Порто-франко" Одеського морського торгового порту відбулося відкриття сучасного перевалочного комплексу зі зберігання, перевантаження і додаткової обробки базових мастил ТОВ "Пріста Ойл-Україна".

Термінал відкрито для експорту продукції спеціалізованих підприємств нафтохімічної промисловості України, Росії, Білорусі в країни Середземномор'я і Балканського півострова.

Дані про обсяги перевалки мастил на комплексі ТОВ "Пріста Ойл-Україна" за період 2005–2008 рр. наведено в табл. 1.

Результати дослідження. Перевіримо наявність тренду за допомогою методу Фостера – Стюарта. Окрім тренду самого ряду, метод дозволяє встановити наявність тренду дисперсії часового ряду.

Таблиця 1

Обсяги перевантаження мастила базового, тис. т

Місяць	Рік				
	2005	2006	2007	2008	Усього
1	9,102	9,456	6,620	7,279	26, 317
2	12,195	7,518	6,620	7,159	36, 679
3	7,270	15,243	11,418	5,281	42, 988
4	7,190	3,679	6,551	10,706	39, 944
5	1,978	2,440	10,396	13,498	30, 801
6	10,276	5,968	2,121	10,706	29, 070
7	3,417	2,068	5,368	7,606	18, 459
8	1,043	2,287	3,892	2,770	9, 992,811
9	3,256	5,354	6,099	7,026	21, 736
10	1,797	4,566	10,884	15,440	32, 687
11	13,285	3,122	3,153	3,739	23, 299
12	9,771	6,560	6,640	1,021	23, 992
Усього	80, 581	68, 260	73,142	92, 231	335, 964

На першому етапі відбувається порівняння кожного рівня вихідного часового ряду, починаючи з другого рівня, зі всіма попередніми, при цьому визначаються дві числові послідовності:

$k_t = \begin{cases} 1, \text{ якщо } y_t \text{ більше всіх попередніх рівнів,} \\ 0 \text{ – в іншому випадку;} \end{cases}$

$l_t = \begin{cases} 1, \text{ якщо } y_t \text{ менше всіх попередніх рівнів,} \\ 0 \text{ – в іншому випадку;} \end{cases}$

$t = 2, 3, ..., n$.

На другому етапі обчислюються величини s і d:

$$s = \sum_{t=2}^{n}(k_t + l_t),$$

$$d = \sum_{t=2}^{n}(k_t - l_t).$$

У результаті розрахунку отримано такі значення: $s = 47$; $d = -37$.

Третій етап полягає в перевірці гіпотез: чи можна вважати випадковими відхилення величини s від величини μ – математичного сподівання величини s для ряду, в якому рівні розташовані випадковим чином, та є відхилення величини d від нуля.

Ця перевірка проводиться з використанням розрахункових значень t-критерію Стьюдента для середньої і для дисперсії:

$$t_s = \frac{|s - \mu|}{\sigma_1};$$

$$\sigma_1 = \sqrt{2\ln n - 3{,}4253};$$

$$t_d = \frac{|d - 0|}{\sigma_2};$$

$$\sigma_2 = \sqrt{2\ln n - 0{,}8456},$$

де μ – математичне сподівання величини s, визначене для ряду, в якому рівні розташовані випадковим чином;

σ_1 – середньоквадратичне відхилення для величини s;

σ_2 – середньоквадратичне відхилення для величини d.

Отримано такі значення

$$t_s = 19{,}1855;\ t_d = 14{,}8505.$$

На четвертому етапі розрахункові значення t_s і t_d порівнюються з табличним значенням t-критерію Стьюдента із заданим рівнем значущості t_α (при α = 0,05 маємо $t_{табл}$ = = 4,30256). Оскільки значення t_s та t_d перевищують $t_{табл}$, робимо висновок про наявність у часовому ряді тренду.

Для вирівнювання емпіричного ряду $\{Y_t\}$ застосуємо метод згладжування ковзною середньою Четверикова з періодом ковзання T_0. При цьому з (T_0 + 1) членів вихідного ряду перший і останній береться з половинною вагою $\alpha_{T_0 1} = 1/2$.

Після згладжування $T_0/2$ членів ряду з обох його кінців виключаються при подальшій стадії робіт. Отримується попередня оцінка тренду

$$Y_t' = U_t'$$

і відхилення емпіричного ряду від вирівняного

$$l_t = Y_t - Y_t',\ t = \overline{1,T}$$

або

$$l_{ij} = Y_{ij} - Y_{ij}',\ (i = \overline{1,m},\ j = \overline{1,T_0}). \tag{4}$$

Для кожного року i обчислюється σ_i (табл. 2) – середньоквадратичне відхилення, на яке і діляться потім окремі місячні відхилення відповідного року:

$$\breve{l}_{ij} = {l_{ij}}/{\sigma_i}, \tag{5}$$

де

$$\sigma_i = \left[\frac{\sum_{j=1}^{T_0} l_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^{T_0} l_{ij}\right)^2 / T_0}{T_0 - 1}\right]^{1/2}. \tag{6}$$

Таблиця 2

Середньоквадратичне відхилення, σ_i

Рік	1	2	3	4
Середньоквадратичне відхилення σ_i	4,941849	3,580944	3,115041	2,859019

З "нормованих" таким шляхом відхилень розраховується попередня середня сезонна хвиля (табл. 3):

$$V_j^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \tilde{l}_{ij}}{m}. \tag{7}$$

Таблиця 3

Попередня середня сезонна хвиля V□$^{(1)}$

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V_j^{(1)}$	0,336	0,115	1,106	0,064	0,661	–0,146	–0,689	–0,966	–0,261	0,080	–0,173	0,226

Попередня середня сезонна хвиля множиться на середньоквадратичне відхилення кожного року і відраховується з емпіричного ряду:

$$U_{ij}^{(1)} = Y_{ij} - V_j^{(1)}\sigma_i. \tag{8}$$

Отриманий таким чином ряд, позбавлений попередньої сезонної хвилі, знов згладжується ковзною середньою. У результаті отримується нова оцінка тренду $U^{(2)}_{ij}$.

Відхилення емпіричного ряду $\{Y_t\}$ від ряду $U_{ij}^{(2)}$

$$l_{ij}^{(2)} = Y_{ij} - U^{(2)}_{ij} \tag{9}$$

знов піддаються аналогічній обробці для виявлення остаточної середньої сезонної хвилі. Отримуємо значення $V_j^{(2)}$, наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Остаточна середня сезонна хвиля $V_j^{(2)}$

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V_j^{(2)}$	0,430	0,177	1,097	0,221	0,382	–0,380	–0,589	–1,022	–0,302	0,035	–0,180	0,275

При порівнянні значень коефіцієнтів сезонної хвилі, отриманих на першій і другій ітераціях, тобто значень $V_j^{(1)}$ і $V_j^{(2)}$, можна побачити, що вони мають близькі значення.

Виключення остаточної сезонної хвилі виконується після множення середньої сезонної хвилі на k_i – коефіцієнт напруженості сезонної хвилі:

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^{T_0} l_{ij}^{(2)} \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{T_0} \varepsilon_{ij}^2}, \tag{10}$$

де $l_{ij}^{(2)}$ – вирівняні значення ряду; ε_{ij} – випадкова компонента: $\varepsilon_{ij} = l_{ij}^{(2)} - V_{ij}^{(2)}$ (табл. 5).

Таблиця 5

Коефіцієнт напруженості сезонної хвилі k_t

t	2	3
k_t	1,111101	1,137649

За допомогою коефіцієнта напруженості k_i обчислюємо остаточні значення сезонної компоненти часового ряду

$$V_{ij} = V_j^{(2)} \cdot k_i. \tag{11}$$

Оцінимо рівень сезонності з використанням моделі зображення сезонного часового ряду

$$V_g = U_g I_j + \varepsilon_g, \quad (12)$$

де U_g – "річна" складова (тренд);

I_j – постійна пропорційності для *j*-го місяця, що не змінюється з року в рік.

Оскільки постійна пропорційності безрозмірна і не міняється з року в рік, то її можна використовувати для визначення рівня сезонності в часовому ряду

$$I_g = \frac{\hat{U}_g + \hat{V}_g}{\hat{U}_g} = \frac{\hat{Y}_g}{\hat{U}_g}.$$

Результати розрахунку індексів сезонності I_j наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Індекси сезонності I_j, %

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I_j	107,52	103,06	112,83	106,27	119,73	90,39	87,01	81,37	94,89	100,61	94,51	105,38

Графічне зображення досліджуваної сезонної хвилі маємо на рис. 2.

Рис. 2. Сезонна хвиля обсягу перевалки вантажу

Таким чином, аналіз даних обсягу перевалки на комплексі ТОВ "Пріста Ойл-Україна" виявляє сезонну складову зі зростанням обсягу перевалки в зимових місяцях і піком у весняних місяцях. Кількісну характеристику цієї сезонності дає сезонна хвиля у вигляді сукупності індексів сезонності (табл. 6).

Висновки. Застосований підхід системного аналізу сезонності здійснення зовнішньоекономічної діяльності дозволяє оцінювати сезонну складову при аналізі вантажопотоків та може використовуватися для вдосконалення планування роботи митних підрозділів під час митного контролю та оформлення вантажів і відповідно прогнозувати надходження до бюджету держави.

Література

1. Экономико-математические методы и прикладные модели [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. В. Федосеев, А. Н. Гармаш и др. ; под ред. В. В. Федосеева. – М. : ЮНИТИ, 2002. – 391 с.

2. Коваленко А. В. Аналіз сезонної хвилі обсягу перевалки вантажів морським транспортом у міжнародному порту "О" [Текст] / А. В. Коваленко, А. В. Безрукова // Митна політика та актуальні проблеми економічної безпеки України на сучасному етапі: II міжнародна науково-практична конференція курсантів, студентів та молодих вчених, 27 березня 2009 р. – Дніпропетровськ : АМСУ, 2009. – С. 215–216.

3. Хлобыст А. А. Особенности прогнозирования спроса на рынке продукции промышленного назначения [Текст] / А. А. Хлобыст // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена: Научный журнал. Аспирантские тетради. – 2007. – № 9 (28).

4. Агафонов А. М. Разработка прогнозных моделей погрузки лесных грузов [Текст] / А. М. Агафонов // Вестник ВНИИЖТ. – 2002.