

---

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ТРЕНД-СЕЗОННЫХ КОМПОНЕНТ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ<sup>1</sup>**

---

**Попова Елена Витальевна**, д-р экон. наук, проф.

**Кумратова Альфира Менлигуловна**, канд. экон. наук, доц.

**Недогонова Татьяна Алексеевна**, студент

**Василенко Андрей Игоревич**, студент

Кубанский государственный аграрный университет, Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: elena-popov@yandex.ru

*Цель:* исследование тренд-сезонных экономических процессов на базе временных рядов, с последующей подготовкой данных для прогнозирования динамики развития с использованием методов прогнозирования как гибридных, так и методов нелинейной динамики. *Обсуждение:* в современных условиях экономики для минимизации рисков и потерь часто применяют прогнозирование на основе временных рядов. Одним из наиболее значимых факторов, которые необходимо учитывать на начальном этапе анализа данных временного ряда, является сезонность. В данной работе представлен алгоритм выявления сезонной компоненты Четверикова, проведена его апробация на основе эталонного ряда, и представлено исследование на выявление сезонной компоненты во временных рядах цен на нефть марки Brent, курса доллара к рублю и временного ряда оптовой продажи бутелированной питьевой воды в городах Краснодарского края. *Результаты:* метод Четверикова позволяет нам выделять сезонную компоненту во временных рядах с явно существующей зависимостью от времени года. Говорить о сезонности в таких временных рядах, как цены на Brent и курс доллара, достаточно сложно, так как на их значение большое влияние оказывают геополитические факторы, например, договоренности стран ОПЕК. Авторами планируется проведение дальнейшего исследования представленных в работе временных рядов для прогнозирования динамики развития процессов с использованием как гибридных методов, так и методов нелинейной динамики.

**Ключевые слова:** метод Четверикова, сезонная компонента, временной ряд, эталонный временной ряд.

**DOI:**

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-06-00158.

## Введение

Сезонность представляет из себя устойчивую, повторяющуюся во времени периодичность в развитии экономических явлений. Под сезонностью можно понимать любые экономические процессы, которые обусловлены как календарными, так и климатическими причинами, т.е. процессы, связанные со сменой времен года, с праздниками, традициями, с периодами созревания или сбора урожая. Поэтому фактор сезонности оказывает влияние на многие отрасли экономики (торговля, сельское хозяйство, транспортная сфера) [1, 7, 10].

При прогнозировании экономических процессов важно учитывать сезонные колебания для того, чтобы правильно определять цели развития, рассчитывать объемы ресурсов для их достижений, осуществлять долгосрочное, среднесрочное и текущее планирование, предвидеть последствия принимаемых решений и осуществляемых мероприятий [1, 2, 4, 6, 5, 3].

Фактор сезонности не отражается на данных в целом за год. Для выявления сезонной составляющей необходимо исследовать временные ряды, содержащие информацию о значениях показателя по кварталам, месяцам, неделям, дням, времени суток или часам.

В 1928 г. Четвериковым разработан итерационный метод, позволяющий исключать влияние сезонных волн переменной структуры [11].

## Методология исследования

Рассмотрим метод Четверикова для выделения сезонной компоненты временного ряда:

I этап. Выравнивание временного ряда  $\{Y_t\}$  с использованием центрированной скользящей средней с периодом сглаживания  $T_0$  по формуле:

$$U_t^1 = \frac{Y_{t-T_0/2} + Y_{t-T_0/2+1} + \dots + Y_t + \dots + Y_{t+T_0/2-1} + Y_{t+T_0/2}}{T_0}. \quad (1)$$

При этом  $t = \overline{1, T}$ , где  $T$  – количество уровней наблюдений.  $T_0$  – период сезонной волны, т.е. число месяцев или кварталов в году. Из исходного ряда  $\{Y_t\}$  вычитаем предварительную оценку тренда  $\{U_t^1\}$ :

$$l_{ij} = Y_{ij} - U_{ij}^1. \quad (2)$$

II этап. Вычисление среднеквадратического отклонения (СКО)  $\sigma_i$  величины для каждого года по формуле:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{T_0 * \sum_{j=1}^{T_0} l_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^{T_0} l_{ij})^2}{T_0 (T_0 - 1)}}. \quad (3)$$

Полученное значение  $l_{ij}$  делим на отклонение соответствующего года.

III этап. Вычисление значений предварительной средней сезонной волны по формуле:

$$v_j^1 = \frac{\sum_{i=1}^m l_{ij}}{m}. \quad (4)$$

IV этап. Получение временного ряда, лишенного предварительной

средней волны. Для этого предварительную среднюю волну  $V_j^1$  умножаем на СКО каждого года  $\sigma_j$  и вычитаем из исходного временного ряда [11]:

$$U_{ij}^1 = Y_{ij} - V_j^1 \sigma_j. \quad (5)$$

V этап. Сглаживание временного ряда  $\{U_{ij}^1\}$  с использованием простой скользящей средней. Интервалы сглаживания равны 5-7 (в зависимости от интенсивности мелких конъюнктурных колебаний и продолжительности более крупных), в результате получаем новую оценку тренда  $U_{ij}^2$ .

VI этап. Нахождение отклонения ряда  $\{U_{ij}^2\}$  от исходного  $\{Y_{ij}\}$ :

$$l_{ij} = Y_{ij} - U_{ij}^2. \quad (6)$$

Полученное отклонение подвергается обработке в соответствии с шагами 2 и 3 для выявления новых значений сезонной волны [11].

VII этап. Вычисление коэффициента напряженности сезонной волны  $K_i$  по формуле:

$$K_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{T_0} l_{ij}^2 * \epsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{T_0} \epsilon_{ij}^2}}. \quad (7)$$

VIII этап. Вычисление значения сезонной компоненты временного ряда:

$$V_{ij} = V_j^2 * K_i. \quad (8)$$

IX этап. Нахождение оценки уровня сезонности временного ряда для адаптивной модели. Вычисляем коэффициенты  $I_{ij}$  по формуле:

$$I_{ij} = \frac{V_{ij}}{U_{ij}^2}. \quad (9)$$

Апробацию предложенного алгоритма авторы предлагают рассмотреть на основе эталонного временного ряда (табл. 1) с ежемесячными данными за 5 лет:

1. Проведем выравнивание эталонного ряда  $\{Y_{ij}\}$  с использованием центрированной скользящей средней с периодом сглаживания  $T_0=12$  по формуле (1). Из эталонного временного ряда после вычисления скользящей средней выпало по 6 элементов с обоих его концов, выпадающие значения дальше не учитываются (табл. 1).

Таблица 1

Выровненный эталонный ряд

месяц	1 год		2 год		3 год		4 год		5 год	
	$Y_t$	$U_t^1$								
I	10		10	40	10	40	10	40	10	40
II	20		20	40	20	40	20	40	20	40
III	30		30	40	30	40	30	40	30	40
IV	40		40	40	40	40	40	40	40	40
V	50		50	40	50	40	50	40	50	40
VI	60		60	40	60	40	60	40	60	40
VII	70	40	70	40	70	40	70	40	70	
VIII	60	40	60	40	60	40	60	40	60	

Окончание табл. 1

месяц	1 год		2 год		3 год		4 год		5 год	
	$Y_t$	$U_t^1$								
IX	50	40	50	40	50	40	50	40	50	
X	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
XI	30	40	30	40	30	40	30	40	30	
XII	20	40	20	40	20	40	20	40	20	

Вычисляем  $I_{ij}$  по формуле (2) (табл. 3).

2. Вычисляем СКО  $\sigma_j$  величины по формуле (3):

Таблица 2

Значения среднеквадратического отклонения

год	1-й	2-й	3-й	4-й	5-5
СКО	18,70829	18,58641	18,58641	18,58641	18,70828693

Полученное значение  $I_{ij}$  делим на отклонение соответствующего года.

Таблица 3

Результаты выполнения I и II этапов

месяц	1 год		2 год		3 год		4 год		5 год	
	$I_{ij}$	$\tilde{I}_{ij}$	$I_{ij}$	$\tilde{I}_{ij}$	$I_{ij}$	$\tilde{I}_{ij}$	$I_{ij}$	$\tilde{I}_{ij}$	$I_{ij}^1$	$\tilde{I}_{ij}^1$
I			-30	-1,614	-30	-1,614	-30	-1,614	-30	-1,604
II			-20	-1,076	-20	-1,076	-20	-1,076	-20	-1,069
III			-10	-0,538	-10	-0,538	-10	-0,538	-10	-0,535
IV			0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000
V			10	0,538	10	0,538	10	0,538	10	0,535
VI			20	1,076	20	1,076	20	1,076	20	1,069
VII	30	1,604	30	1,614	30	1,614	30	1,614		
VIII	20	1,069	20	1,076	20	1,076	20	1,076		
IX	10	0,535	10	0,538	10	0,538	10	0,538		
X	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000		
XI	-10	-0,535	-10	-0,538	-10	-0,538	-10	-0,538		
XII	-20	-1,069	-20	-1,076	-20	-1,076	-20	-1,076		

3. Вычисляем значения предварительной средней сезонной волны по формуле (4):

Таблица 4

Значения средней сезонной волны

месяц	$V^1$
I	-1,611453933
II	-1,074302622
III	-0,537151311
IV	0
V	0,537151311
VI	1,074302622
VII	1,611453933
VIII	1,074302622
IX	0,537151311
X	0
XI	-0,537151311
XII	-1,074302622

4. По формуле (5) получаем временной ряд, лишенный предварительной средней волны:

Таблица 5

Временной ряд, отчищенный от предварительной средней волны

месяц	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
	$U_{ij}^1$	$U_{ij}^1$	$U_{ij}^1$	$U_{ij}^1$	$U_{ij}^1$
I		39,951	39,951	39,951	39,951
II		39,967	39,967	39,967	39,967
III		39,984	39,984	39,984	39,984
IV		40,000	40,000	40,000	40,000
V		40,016	40,016	40,016	40,016
VI		40,033	40,033	40,033	40,033
VII	39,852	40,049	40,049	40,049	
VIII	39,902	40,033	40,033	40,033	
IX	39,951	40,016	40,016	40,016	
X	40,000	40,000	40,000	40,000	
XI	40,049	39,984	39,984	39,984	
XII	40,098	39,967	39,967	39,967	

5. Ряд, полученный на 4-м шаге, сглаживаем с использованием простой скользящей средней, с интервалом сглаживания, равным 5, в результате получили новую оценку тренда  $U_{ij}^2$ .

6. Находим отклонение ряда  $\{U_{ij}^2\}$  от исходного эталонного ряда  $\{Y_{ij}\}$ , полученное отклонение обрабатываем в соответствии с шагами 2 и 3, предложенного алгоритма. В результате получили новые значения сезонной волны:

Таблица 6

Значения новой сезонной волны

месяц	$V^2$
I	-1,792106601
II	-1,311399416
III	-0,655309655
IV	0
V	0,615715702
VI	1,23183318
VII	1,848352434
VIII	1,23183318
IX	0,656005394
X	0
XI	-0,655246225
XII	-1,310666636

Если сравнить  $V_j^1$  и  $V_j^2$ , то нетрудно заметить, что полученные значения несильно отличаются друг от друга.

7. Вычисляем коэффициенты напряженности сезонной волны  $K_i$  по формуле (7) для 2-3 годов. Для первого и последнего года значение коэффициента напряженности сезонной волны не вычисляются, так как после повторного выравнивания скользящей средней количество элементов на-

блюдений за год стало равно 4 и их использование может исказить средние характеристики всего ряда:

Таблица 7

Коэффициенты напряженности сезонной волны

год	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
$K_j$	-	1,066488	1,06652	1,06652	-

8. Вычисляем значения сезонной компоненты временного ряда по формуле (8)

9. Результаты оценки уровня сезонности временного ряда представлены в табл. 8. На рис. 1 представлен полученный график индекса цен с явно выраженной сезонностью.

Таким образом, в январе, феврале, марте, октябре, ноябре, декабре уровень временного ряда меньше значений тренда.

Количественную характеристику этой сезонности дает сезонная волна в виде совокупности индексов сезонности, представленных в последней строке табл. 8. На рис. 1 представлено графическое изображение сезонной волны.

Таблица 8

Результаты оценки уровня сезонности

Год	месяцы											
	ян-варь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2-й	0,952	0,965	0,983	1,000	1,016	1,033	1,049	1,033	1,017	1,000	0,983	0,965
3-й	0,952	0,965	0,983	1,000	1,016	1,033	1,049	1,033	1,017	1,000	0,983	0,965
4-й	0,952	0,965	0,983	1,000	1,016	1,033	1,049	1,033	1,017	1,000	0,983	0,965
$\sum I_{ij}$	2,857	2,895	2,948	3,000	3,049	3,098	3,148	3,098	3,052	3,000	2,948	2,895
$I_j\%$	95,22	96,50	98,25	100	101,64	103,28	104,92	103,28	101,75	100	98,25	96,50

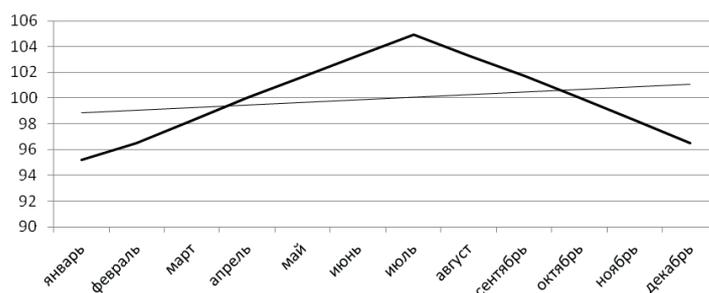


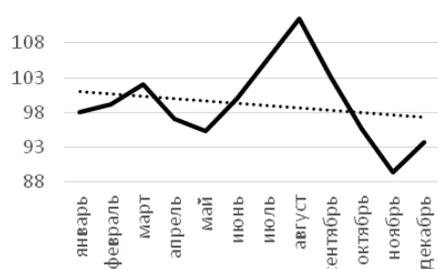
Рис. 1. Индексы сезонности эталонного временного ряда

### Обсуждение результатов

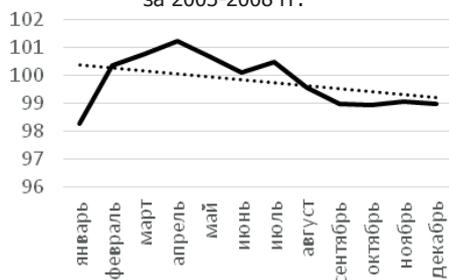
Нефтяная промышленность – ведущая отрасль промышленности в России. Нефть является главной статьёй российского экспорта, помимо этого, от уровня цен на нефть и нефтепродукты существенно зависит курс ино-

странных валют к рублю. Эксперты выделяют различные факторы, оказывающие влияние на цены нефти, например:

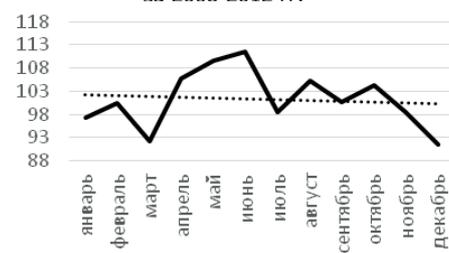
1. Геополитические события в важных нефтяных регионах, а также вокруг важных логистических узлов;
2. Изменение спроса на стоимость нефти;
3. Количество запасов сырой нефти;
4. Количество буровых вышек;
5. Решения ОПЕК по квотам;
6. Климатические факторы.



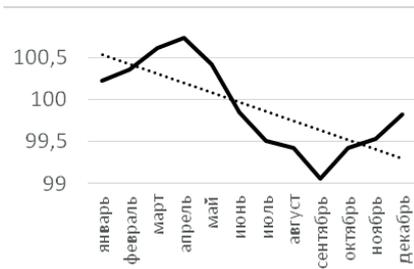
а) индексы сезонности Brent за 2003-2008 гг.



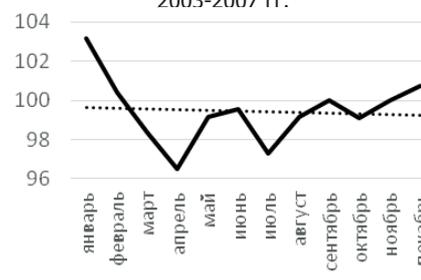
в) индексы сезонности Brent за 2008-2012 гг.



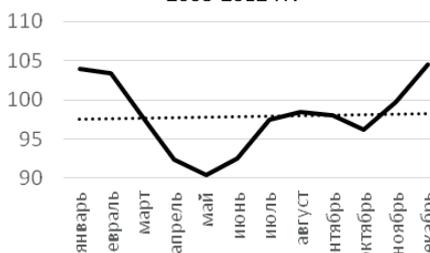
д) индексы сезонности Brent за 2013-2017 гг.



б) индексы сезонности курса доллара 2003-2007 гг.



г) индексы сезонности курса доллара 2008-2012 гг.



е) индексы сезонности курса доллара 2013-2017 гг.

Рис. 2. Индексы сезонности цен на нефть марки Brent и курса доллара к рублю, 2003-2017 гг.

Климатические факторы, как правило, взаимосвязаны с сезонностью года [12]. Для исследования влияния сезонности на формирование цен на нефть применим рассмотренный ранее метод. Для этого исследуем ежеме-

сячный ряд цен на нефть марки Brent за 15 лет, разделив на временные интервалы по 5 лет. Графическое изображение индексов сезонности представлено на рисунке 2а, 2в, 2д.

Аналогичную процедуру применим для исследования временного ряда курса доллара к рублю. По мнению большинства экспертов, курсы валют не обладают сезонной компонентой [9]. Полученные в ходе проведенных расчетов индексы сезонности курса доллара предложены к визуализации на рисунке 2б, 2г, 2е.

Визуализация представленных графиков на рис. 2 не позволяет сделать вывод о наличии сезонной компоненты во временных рядах цен на Brent и утверждать факт полного отсутствия сезонности для временного ряда курса доллара.

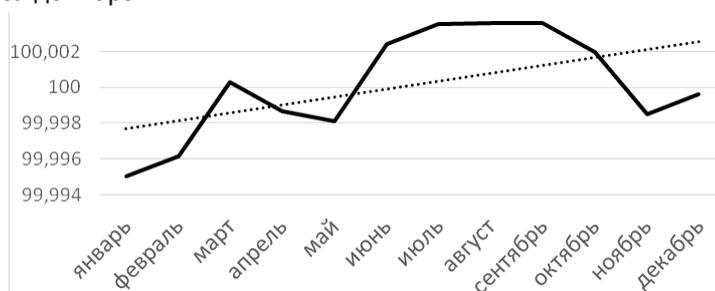


Рис. 3. Индексы сезонности временного ряда оптовых продаж воды в городах Краснодарского края

Для сравнения полученных результатов рассмотрим ряд с ярко выраженной сезонной компонентой — объем оптовых продаж воды в городах Краснодарского края (продажи воды напрямую связаны с сезонностью, что обусловлено физиологическими потребностями людей). Спрос на воду особо повышается в теплые периоды года, что подтверждается результатом выполнения всех 9 этапов выделения сезонной компоненты на рис. 3. В марте, июле-октябре значения сезонной волны выше тренда. Резкий всплеск в марте можно объяснить подготовкой поставщиков к теплому сезону — пополнение запасов до увеличения цен.

### Заключение

Таким образом, метод Четверикова позволяет нам выделять сезонную компоненту во временных рядах с явно существующей зависимостью от времени года. Говорить о сезонности в таких временных рядах, как цены на Brent и курс доллара, достаточно сложно, так как на их значение большое влияние оказывают геополитические факторы, например, договоренности стран ОПЕК.

В настоящее время одна из самых распространенных форм прогнозирования — прогнозирование на основе временного ряда. Составление таких экономических прогнозов позволяет определять цели развития, рассчитывать объемы ресурсов для их достижений, осуществлять долгосрочное, среднесрочное и текущее планирование, предвидеть последствия прини-

маемых решений и осуществляемых мероприятий. Другими словами, прогнозирование помогает ЛПР минимизировать риски и потери.

Авторами планируется проведение дальнейшего исследования представленных в работе временных рядов для прогнозирования динамики развития процессов с использованием как гибридных методов, так и методов нелинейной динамики. Для эффективного применения нелинейной динамики в экономике необходимо производить комплексный анализ временных рядов, необходимо учитывать: сезонность, геополитические факторы, непрерывность происходящих процессов с учетом особенностей, присущих экономическим системам, и дополнить новыми тестами и моделями, созданными специально для этой предметной области [1, 8, 2, 3].

#### Список источников

1. Бессонов В.А. *Введение в анализ российской макроэкономической динамики переходного периода*. Москва, ИЭПП, 2003.
2. Давнис В.В., Коротких В.В., Юрова Я.А. Регрессионно-матричная модель многомерных экономических процессов // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2016, no. 11 (83), с. 19-29.
3. Давнис В.В. Экономический анализ финансовой устойчивости организации с использованием прогнозных моделей // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2012, no. 2 (26), с. 33-44.
4. Ильясов Р.Х. Сплайн-анализ «тонкой» структуры взаимозависимости экспортных цен на природный газ и нефть // *Научно-технические ведомости СПбГПУ*, 2008, no. 6 (68), с. 348-352.
5. Кумратова А.М. *Прогноз динамики экономических систем: клеточный автомат*: монография. Краснодар, КубГАУ, 2015.
6. Кумратова А.М. Точный прогноз как эффективный способ снижения экономического риска агропромышленного комплекса // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2014, no. 103, с. 293-311.
7. Кумратова А.М. и др. Прогностическое исследование природно-экономического процесса // *Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ*, 2016, no. 116, с. 1454-1466.
8. Кумратова А.М. и др. Модифицированная система моделей и методов прогнозирования временных рядов с памятью // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, no. 1 (61), с. 8-19.
9. Стогней А. Курс по сезону: как стоимость доллара зависит от времени года. // *РБК*. Доступно: <http://www.rbc.ru/money/17/11/2015/564a08e99a7947b79209c162> (дата обращения: 27.05.18).
10. Ткаченко В.В., Великанова Л.О. Модели и методы совершенствования управления производством зерна в условиях северной зоны Краснодарского края // *Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ*, 2008, no. 37, с. 104-123.
11. Федосеев В.В., Гармаш А.Н. и др. *Экономико-математические методы и прикладные модели*: учеб. пособие для вузов / под ред. В.В. Федосеева. Москва, ЮНИТИ, 2001.
12. Энциклопедия экономиста. Доступно: <http://www.grandars.ru> (дата обращения: 27.05.18).

---

# DETECTION OF TREND-SEASONAL COMPONENTS IN THE TIME SERIES OF ECONOMIC PROCESSES

---

**Popova Elena Vitalevna**, Dr. Sc. (Econ.), Prof.

**Kumratova Alfira Menligulovna**, Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

**Nedogonova Tatiana Alexeevna**, student

**Vasilenko Andrey Igorevich**, student

Kuban State Agrarian University, Kalinina st., 13, Krasnodar, Russia, 350044; e-mail: elena-popov@yandex.ru

*Purpose:* to study trend-seasonal economic processes on the basis of time series, with the subsequent preparation of data for forecasting the dynamics of development using the methods of forecasting both hybrid and nonlinear dynamics methods. *Discussion:* in today's economy, forecasting based on time series is often used to minimize risks and losses. One of the most significant factors that must be considered at the initial stage of the analysis of time series data is seasonality. In this paper, an algorithm for identifying the seasonal Chetverikov component is presented, its approbation on the basis of a reference series is carried out, and a study is made to identify the seasonal component in the time series of Brent crude oil prices, the dollar-to-ruble exchange rate and the time series of wholesale bottled drinking water in the cities of the Krasnodar Territory. *Results:* chetverikov's method allows us to single out a seasonal component in time series with a clearly existing dependence on the time of year. Talking about seasonality in such time series as Brent prices and the dollar rate is quite difficult, as their importance is influenced by geopolitical factors, for example, the arrangements of the OPEC countries. The authors plan to conduct a further study of the time series presented in the work to predict the dynamics of the development of processes using both hybrid methods and methods of nonlinear dynamics.

**Keywords:** chetverikov method, seasonal component, time series, reference time series.

## References

1. Bessonov V.A. *Vvedenie v analiz rossijskoj makroekonomicheskoj dinamiki perehodnogo perioda*. Moscow, IJePP, 2003.
2. Davnis V.V., Korotkikh V.V., Yurova Ya.A. Regressionno-matrichnaya model mnogomernyh ekonomicheskikh processov [Regression-matrix model of multidimensional economic processes]. *Sovremennaja ekonomika: problemy i reshenija*, 2016, no. 11 (83), pp. 19-29. (In Russ.)
3. Davnis V.V. Ekonomicheskij analiz finansovoy ustoychivosti organizacii s ispolzovaniem prognoznih modeley [Economic analysis of financial stability of the organization using forecast models]. *Sovremennaja ekonomika: problemy i reshenija*, 2012, no. 2 (26), pp. 33-44. (In Russ.)
4. Ilyasov R. Kh. Splayn-analiz «tonkoy»

strukturi vzaimozavisimosti exportnih cen na prirodny gaz i neft [Spline analysis of the «fine» structure of the interdependence of export prices for natural gas and oil]. *Nauchno-tehicheskie vedomosti St. Petersburgskogo GPU*, 2008. no. 6 (68), pp. 348-352. (In Russ.)

5. Kumratova A.M. *Prognoz dinamiki ekonomicheskikh system: kletochiy avtomat* [Forecast of the dynamics of economic systems: cellular automaton: monograph]. KubGAU, 2015. (In Russ.)

6. Kumratova A.M. Tochniy prognoz kak effektivnyy sposob snizheniya ekonomicheskogo riska APK [Exact forecast as an effective way to reduce the economic risk of the agro-industrial complex]. *Politematicheskyy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal KubGAU*, 2014, no. 103, pp. 293-311. (In Russ.)

7. Kumratova A.M. Prognosticheskoe issledovanie prirodno-ekonomicheskogo processa [Predictive study of the natural and economic process]. *Politematicheskyy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal KubGAU*, 2016, no. 116, pp. 1454-1466. (In Russ.)

8. Kumratova A.M. Modificirovannaya

sistema modeley I metodov prognozirovaniya vremennih ryadov s pamyat'yu [Modified system of models and methods for predicting time series with memory]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2015, no. 1 (61), pp. 8-19. (In Russ.)

9. Stogney A. Kurs po sezonu: kak stoimost dollara zavisit ot vremeni goda. // *RBK*. Available at: <http://www.rbc.ru/money/17/11/2015/564a08e99a7947b79209c162> (accessed: 27.05.18). (In Russ.)

10. Tkachenko V.V. Modeli I metody sovershenstvovaniya upravleniya proizvodstvom zerna v usloviyah severnoy zoni Krasnodarskogo kraya [Models and methods for improving the management of grain production in the northern zone of the Krasnodar Territory]. *Politematicheskyy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal KubGAU*, 2008, no. 37, pp. 104-123. (In Russ.)

11. Fedoseev V.V., Garmash A.N. i dr. *Jekonomiko-matematicheskie metody i prikladnye modeli: ucheb. posobie dlja vuzov / pod red. V.V. Fedoseeva*. Moscow, JuNITI, 2001. (In Russ.)

12. *Enciklopediya ekonomista*. Available at: <http://www.grandars.ru> (accessed: 27.05.18). (In Russ.)