

Фазочастотный критерий Валлиса-Мура в статистическом анализе наличия трендов рентабельности производства продукции растениеводства

Wallis-Moore Phase-frequency Criterion in the Statistical Analysis of the Presence of Trends in the Profitability of Crop Production

Татьяна Чайка¹

Tatiana Chaika

¹ National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

2 Kirpichov Street, Kharkiv, 61002, Ukraine

DOI: [10.22178/pos.46-1](https://doi.org/10.22178/pos.46-1)

JEL Classification: C10

Received 28.04.2019

Accepted 25.05.2019

Published online 31.05.2019

Corresponding Author:

chaykatata@gmail.com

© 2019 The Author. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License 

Аннотация. В статье рассматривается проблема определения тренда ряда динамики рентабельности сельскохозяйственной продукции украинских предприятий за период 1990-2017 годы.

Целевые задачи статьи: 1) выявить возможности и особенности применения фазочастотного критерия Валлиса-Мура для диагностики наличия (отсутствия) тренда временного ряда рентабельности сельскохозяйственного производства; 2) систематизировать имеющиеся подходы к определению критического уровня критерия Валлиса-Мура; 3) разработать рекомендации по практическому применению этого критерия при анализе динамики рентабельности сельскохозяйственного производства.

В ходе исследования было установлено, что в настоящее время существуют различные подходы к определению рекомендуемого критического значения критерия Валлиса-Мура; применительно к исследованию динамики рентабельности сельскохозяйственного производства дискуссионным остается вопрос о выборе приемлемого уровня доверительной вероятности (уровня значимости), с которой необходимо проводить исследования. Ведущими факторами, влияющими на тенденцию динамики рентабельности продукции растениеводства в Украине, являются общая экономическая ситуация в стране и природные условия. Специфика сельскохозяйственного производства, его сезонность и зависимость от погодных условий приводит к необходимости «сглаживания» естественных колебаний продуктивности и рентабельности с помощью различных инструментов экономического регулирования, в частности, с помощью привлечения внешнего финансирования.

Результаты критерия Валлиса-Мура в значительной степени зависят от заданного уровня доверительной вероятности. Выбор уровня доверительной вероятности является слабоформализуемым процессом и напрямую зависит от квалификации и опыта исследователя, а также от его оценки требований к достоверности получаемых результатов.

Научная новизна исследования состоит в уточнении методического подхода к установлению доверительной вероятности при исследовании наличия (отсутствия) тренда рентабельности сельскохозяйственной продукции.

Результаты данного исследования могут быть использованы при практической аналитической работе, связанной с анализом тенденций развития экономических процессов.

Перспективы дальнейших исследований связаны со сравнительным анализом различных подходов к анализу тренда развития экономических показателей.

Ключевые слова: критерий Валлиса-Мура; критерий Уоллиса-Мура; фазочастотный критерий; рентабельность; рентабельность сельского хозяйства; тренд; определение наличия тренда; доверительная вероятность; уровень значимости.

Abstract. The article deals with the problem of determining the trend of profitability dynamics of agricultural production of Ukrainian enterprises for the period 1990-2017.

The objectives of the article are: 1) to identify the possibilities and features of the use of the Wallis-Moore phase-frequency criterion for diagnosing the presence (absence) of a trend in a time series of profitability of agricultural production; 2) to systematize the existing approaches to the determination of the critical level of the Wallis-Moore criterion; 3) to develop recommendations for the practical application of this criterion in the analysis of the dynamics of profitability of agricultural production.

The study has found that currently there are various approaches to the determination of the recommended critical value of the Wallis-Moore criterion; with regard to the study of the dynamics of profitability of agricultural production, the question of choosing an acceptable level of confidence probability (level of significance) for conducting research remains a controversial issue. The leading factors influencing the trend of profitability of crop production in Ukraine are the general economic situation in the country and natural conditions. The specificity of agricultural production, its seasonality and dependence on weather conditions leads to the need of "smoothing out" natural fluctuations in productivity and profitability using various instruments of economic regulation, in particular, by attracting external financing.

The results of the Wallis-Moore criterion largely depend on the given level of confidence. The choice of the level of confidence is a poorly formalized process and depends directly on the qualifications and experience of the researcher, as well as on his assessment of the requirements for the reliability of the obtained results.

The scientific novelty of the study lies in clarifying the methodological approach to establishing confidence in the study of the presence (absence) of the profitability trend of agricultural products.

The results of this study can be used in practical analytical work, related to the analysis of trends in the development of economic processes.

Prospects for further research are associated with the comparative analysis of various approaches to the analysis of the development trend of economic indicators.

Keywords: Wallis-Moore criterion; phase-frequency criterion; profitability; profitability of agriculture; trend; trend detection; confidence level; significance level.

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозируемость является одной из необходимых компонент устойчивого развития. Рентабельность – важнейший относительный показатель, характеризующий способность отдельно взятого предприятия, отрасли, экономики страны в целом генерировать прибыль в расчете на единицу затраченных ресурсов. Естественно, что, в общем случае, непрерывный повышательный тренд рентабельности невозможен, на определенном уровне может быть достигнута «точка насыщения». В тоже время от развивающихся экономик, уровни рентабельности в которых существенно ниже среднемировых, небеспочвенно ожидать именно повышательного тренда уровней рентабельности. Начальным этапом исследования тенденций рентабельности является установление факта наличия (либо отсутствия) тренда рассматриваемого динамического ряда.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблемам исследования динамических рядов распределения и использования фазо-частотного критерия Валлиса-Мура посвящены работы *G. Moore, W. Wallis* [1], *T. Pohlert* [2], С. Исаковой, Ш. Мирзакуловой [3], А. Мармозы [4], Н. Садовниковой, Р. Шмойловой [5].

Изучению особенностей динамики рентабельности сельскохозяйственной продукции посвящены работы Н. Тарасовой, Л. Чернякевич [6], С. Брик [7].

В настоящее время существует значительное количество методов определения наличия (отсутствия) тренда временного ряда. Фазо-частотный критерий Валлиса-Мура – один из наиболее часто применяемых способов определения существования тренда. Однако анализ научной литературы показал присутствие различных подходов к определению рекомендуемого критического значения данно-

го критерия; применительно к исследованию динамики рентабельности сельскохозяйственного производства дискуссионным остается вопрос о выборе приемлемого уровня доверительной вероятности (уровня значимости), с которой необходимо проводить исследования. Особенности использования методов определения наличия (либо отсутствия) тренда с учетом специфики изучаемых явлений требуют дальнейшего уточнения.

Цель статьи – выявить возможности и особенности применения фазочастотного критерия Валлиса-Мура для диагностики наличия (отсутствия) тренда временного ряда рентабельности сельскохозяйственного производства. Систематизировать имеющиеся подходы к определению критического уровня критерия Валлиса-Мура. Разработать рекомендации по практическому применению этого критерия при анализе динамики рентабельности сельскохозяйственного производства.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном исследовании проведена проверка наличия (либо отсутствия) трендов рента-

бельности производства продукции растениеводства украинскими предприятиями за период 1990-2017 годы. Данные взяты из открытой статистической отчетности Государственной Службы Статистики Украины [8]. Эмпирико-статистическое исследование проводилось с помощью графического разведочного анализа и фазочастотного критерия Валлиса-Мура.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изложение основного материала исследования. Динамика рентабельности растениеводства в Украине за период 1990–2017 годы представлена на рисунке 1.

Для проверки динамического ряда на наличие тренда могут быть использованы различные методы, один из которых – критерий Валлиса-Мура (другое название – критерий Уоллиса-Мура).

Фазочастотный критерий разностей (критерий Валлиса-Мура) рассматривает абсолютные цепные приросты $\Delta_i^y = y_i - y_{i-1}$ [1].

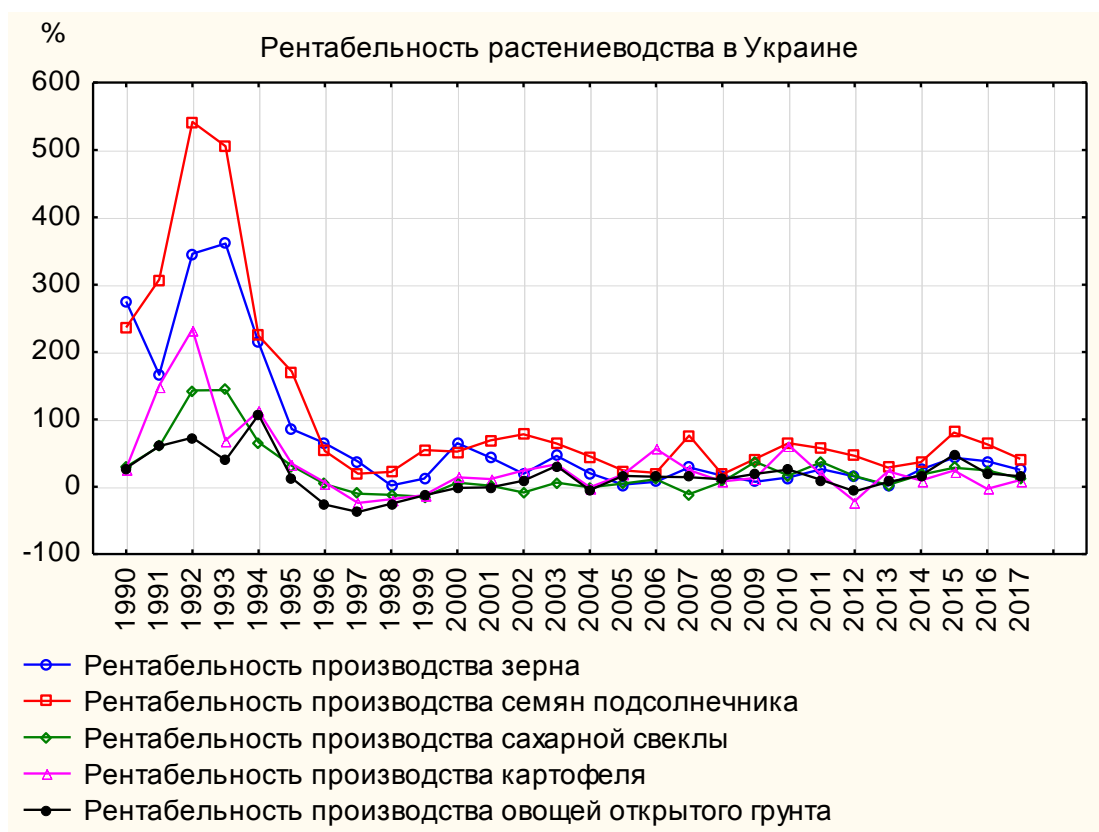


Рисунок 1 – Динамика рентабельности растениеводства в Украине за период 1990-2017 годы

Нулевая гипотеза (H_0) формулируется следующим образом: знаки абсолютных цепных приростов Δ_i^y образуют случайную последовательность (при этом под случайной подразумевается последовательность, подчиняющаяся нормальному закону распределения).

Альтернативная гипотеза (H_1): последовательность знаков абсолютных цепных приростов Δ_i^y значимо отличается от случайной (является нормально распределенной) [2].

Фактическое значение критерия Валлиса-Мура (t_ϕ) рассчитывается по формуле (1):

$$t_\phi = \frac{\left| h - \frac{2 \cdot n - 7}{3} \right| - 0,5}{\sqrt{\frac{16 \cdot n - 29}{90}}}, \quad (1)$$

где n – число уровней динамического ряда; данная формула может применяться для $n > 12$;

h – число фаз (последовательность знаков абсолютных цепных приростов Δ_i^y называется фазой). Первая и последняя фаза в расчет не принимается. Также не учитываются разности $y_i - y_{i-1} = 0$ [3].

Фазочастотный критерий разностей (критерий Валлиса-Мура) позволяет диагностировать временные ряды с количеством наблюдений $n > 12$ и не зависит от вида распределения рассматриваемой переменной [3].

Слагаемое -0,5 в числителе формулы (1) называется поправкой на непрерывность (поправкой Йейтса). При $n > 30$ эта поправка может быть опущена (2):

$$t_\phi = \frac{\left| h - \frac{2 \cdot n - 7}{3} \right|}{\sqrt{\frac{16 \cdot n - 29}{90}}}. \quad (2)$$

Далее t_ϕ сравнивается с критическим уровнем критерия Валлиса-Мура $t_{кр}$. Критический уровень критерия Валлиса-Мура является табличным значением и может быть получен из таблицы значений функции Лапласа при разных значениях t (таблицы нормального распределения) [4]. Если $t_\phi > t_{кр}$, нулевая гипотеза (H_0) отвергается, то есть признается, что рассматриваемый динамический ряд имеет тренд.

Например, если принять 5% уровень значимости полученных результатов (доверительная вероятность (P) равна 95%, или $P = 0,95000$), критическое значение $t_{кр}$, найденное по таблице значений функции Лапласа, составит: $t_{кр} = 1,96$. Таким образом, для подтверждения достоверности гипотезы (H_0) с 95 %-ой доверительной вероятностью, требуется выполнение неравенства $t_\phi > 1,96$.

Если мы хотим изменить уровень достоверности получаемых результатов, поменяется и соответствующее табличное значение $t_{кр}$. Так, при доверительной вероятности 99,99% ($P = 0,99990$) (уровень значимости 0,01%), табличное значение $t_{кр} = 3,9$. И тогда для подтверждения достоверности гипотезы (H_0) с 99,99 %-ой доверительной вероятностью, требуется выполнение неравенства $t_\phi > 3,9$.

Часто условие принятия (отвержения) нулевой гипотезы подается в упрощенном виде: если $t_\phi > 3$, нулевая гипотеза отвергается, то есть признается, что рассматриваемый динамический ряд имеет тренд [5]. Значение критического уровня $t_{кр} = 3$ соответствует доверительной вероятности $P = 0,99730$.

В таблицах 1 и 2 представлены данные о динамике рентабельности производства продукции растениеводства украинскими предприятиями за период 1990–2017 годы.

Таблица 1 – Динамика рентабельности производства продукции растениеводства (зерно, семена подсолнечника, сахарная свекла) украинскими предприятиями за период 1990–2017 годы [8]

Год	Y_{zi}	Знак Δ_{zi}^u	Нумерация фаз (зерно)	Y_{ni}	Знак Δ_{ni}^u	Нумерация фаз (семена подсолнечника)	Y_{cci}	Знак Δ_{cci}^u	Нумерация фаз (сахарная свекла)
1990	275,1			236,5			29,5		
1991	166,2	-	не учитывается	307,6	+	не учитывается	59,9	+	не учитывается
1992	346,0	+	1	541,6	+		142,9	+	
1993	361,1	+		2	505,6	-	143,5	+	
1994	214,1	-	224,1		-	66,0	-		
1995	85,6	-	170,9		-	31,2	-		
1996	64,6	-	53,0		-	3,8	-		
1997	37,5	-	3	19,4	-	-10,4	-	1	
1998	1,9	-		22,0	+	-12,0	-		
1999	12,0	+	4	54,5	+	-14,8	-	2	
2000	64,8	+		52,2	-	6,1	+		
2001	43,3	-	5	68,7	+	4	1,5	-	3
2002	19,3	-		77,9	+	-8,6	-		
2003	45,8	+	6	64,3	-	5	6,2	+	4
2004	20,1	-		45,2	-	-0,8	-		
2005	3,1	-	7	24,3	-	6	4,8	+	5
2006	7,4	+		20,7	-	11,1	+		
2007	28,7	+	8	75,9	+	7	-11,1	-	6
2008	16,4	-		18,4	-	7,1	+		
2009	7,3	-	9	41,4	+	8	37,0	+	7
2010	13,9	+		64,7	+	16,7	-		
2011	26,1	+	10	57,0	-	9	36,5	+	8
2012	15,2	-		45,8	-	15,7	-		
2013	1,5	-	11	28,5	-	10	2,7	-	9
2014	25,8	+		36,5	+	17,9	+		
2015	43,1	+	не учитывается	80,5	+	не учитывается	28,2	+	10
2016	37,8	-		63,0	-	24,3	-		
2017	25,0	-	41,3	-	12,4	-	не учитывается		

Таблица 2 – Динамика рентабельности производства продукции растениеводства (картофель и овощи открытого грунта) украинскими предприятиями за период 1990-2017 годы [8]

Год	Y_{ki}	Знак Δ_{ki}^u	Нумерация фаз (картофель)	Y_{oi}	Знак Δ_{oi}^u	Нумерация фаз (овощи открытого грунта)
1990	27,2			27,6		
1991	150,4	+	не учитывается	60,3	+	не учитывается
1992	233,8	+		72,8	+	
1993	68,6	-	1	39,4	-	1
1994	112,1	+	2	106,8	+	2
1995	34,3	-	3	12,8	-	3
1996	6,4	-		-26,5	-	
1997	-24,1	-		-37,4	-	
1998	-18,6	+	4	-25,2	+	4
1999	-12,5	+		-12,8	+	
2000	14,0	+	5	-1,7	+	4
2001	11,4	-		-0,8	+	
2002	24,2	+	6	8,9	+	5
2003	33,5	+		30,9	+	
2004	-0,7	-	7	-5,0	-	5
2005	17,8	+	8	16,1	+	6
2006	56,2	+		14,8	-	

Год	y_{ki}	Знак Δ_{ki}^y	Нумерация фаз (картофель)	y_{oi}	Знак Δ_{oi}^y	Нумерация фаз (овощи открытого грунта)
2007	24,7	-	9	14,1	-	
2008	7,9	-		11,1	-	
2009	12,9	+	10	19,1	+	8
2010	62,1	+		25,5	+	
2011	17,7	-	11	9,9	-	9
2012	-21,5	-		-6,8	-	
2013	23,0	+	12	7,0	+	10
2014	9,2	-	13	16,7	+	
2015	24,2	+	14	47,5	+	
2016	-3,2	-	15	19,7	-	
2017	10,0	+	не учитывается	15,6	-	не учитывается

В таблице используются следующие обозначения:

U_{zi} – i -й уровень динамического ряда рентабельности производства зерна в Украине;

U_{ni} – i -й уровень динамического ряда рентабельности производства семян подсолнечника в Украине;

U_{cci} – i -й уровень динамического ряда рентабельности производства сахарной свеклы в Украине;

U_{ki} – i -й уровень динамического ряда рентабельности производства картофеля в Украине;

U_{oi} – i -й уровень динамического ряда рентабельности производства овощей открытого грунта в Украине;

Δ_{zi}^y – абсолютный цепной прирост i -го уровня динамического ряда рентабельности производства зерна в Украине;

$$\Delta_{zi}^y = y_{zi} - y_{zi-1};$$

Δ_{ni}^y – абсолютный цепной прирост i -го уровня динамического ряда рентабельности производства семян подсолнечника в Украине;

$$\Delta_{ni}^y = y_{ni} - y_{ni-1};$$

Δ_{cci}^y – абсолютный цепной прирост i -го уровня динамического ряда рентабельности производства сахарной свеклы в Украине;

$$\Delta_{cci}^y = y_{cci} - y_{cci-1};$$

Δ_{ki}^y – абсолютный цепной прирост i -го уровня динамического ряда рентабельности производства картофеля в Украине;

$$\Delta_{ki}^y = y_{ki} - y_{ki-1};$$

Δ_{oi}^y – абсолютный цепной прирост i -го уровня динамического ряда рентабельности производства овощей открытого грунта в Украине; $\Delta_{oi}^y = y_{oi} - y_{oi-1}$.

Рассчитаем фактические значения критерия Валлиса-Мура (t_ϕ) для рентабельности производства зерна, семян подсолнечника, сахарной свеклы, картофеля и овощей открытого грунта при доверительных вероятностях 95,00 %, 99,73 % и 99,99 % (таблица 3). Поскольку $n = 28 < 30$, применяем формулу (1).

Что касается тенденций динамики рентабельности продукции растениеводства в Украине, следует отметить, что ведущим фактором влияния является, несомненно, общая экономическая ситуация в стране, однако необходимо принимать во внимание и влияние природных условий. Влияние неблагоприятных природных условий на спад трендов рентабельности сельскохозяйственной продукции является общемировой тенденцией [6]. Специфика сельскохозяйственного производства, его сезонность и зависимость от погодных условий приводит к необходимости «сглаживания» естественных колебаний продуктивности и рентабельности с помощью различных инструментов экономического регулирования. Как отмечает, в частности, С. В. Брик (2013), привлечение внешнего финансирования способно привести к существенному росту рентабельности собственного капитала сельскохозяйственного предприятия [7].

Таблица 3 – Применение критерия Валлиса-Мура при оценке наличия тренда рентабельности продукции растениеводства предприятий Украины в период 1990-2017 годы

Вид продукции	n	h	t_{ϕ}	Доверительная вероятность 95,00%		Доверительная вероятность 99,73%		Доверительная вероятность 99,99%	
				$t_{кр}$	Выводы о наличии тренда	$t_{кр}$	Выводы о наличии тренда	$t_{кр}$	Выводы о наличии тренда
Зерно	28	11	2,24	1,96	тренд есть	3	тренда нет	3,9	тренда нет
Семена подсолнечника	28	10	2,70	1,96	тренд есть	3	тренда нет	3,9	тренда нет
Сахарная свекла	28	12	1,78	1,96	тренда нет	3	тренда нет	3,9	тренда нет
Картофель	28	15	0,39	1,96	тренда нет	3	тренда нет	3,9	тренда нет
Овощи открытого грунта	28	10	2,70	1,96	тренд есть	3	тренда нет	3,9	тренда нет

ВЫВОДЫ

Расчеты, представленные в таблице 3:

– при доверительной вероятности 95,00% позволяют сделать выводы о наличии трендов во временных рядах рентабельности производства украинскими предприятиями зерна, семян подсолнечника и овощей открытого грунта за период 1990-2017 годы и об отсутствии трендов во временных рядах рентабельности производства украинскими предприятиями сахарной свеклы и картофеля за период 1990-2017 годы;

– при доверительной вероятности 99,73% позволяют сделать выводы об отсутствии трендов во временных рядах рентабельности производства украинскими предприятиями зерна, семян подсолнечника, сахарной свеклы, картофеля и овощей открытого грунта за период 1990-2017 годы;

– при доверительной вероятности 99,99% полученные результаты аналогичны результатам, полученным при доверительной вероятности 99,73%.

В ходе исследования было установлено, что разные авторы по-разному подходят к вопросу установления критического уровня крите-

рия Валлиса-Мура. Однако, как видим, результаты критерия Валлиса-Мура в значительной степени зависят от заданного уровня доверительной вероятности. Выбор уровня доверительной вероятности является слабоформализуемым процессом и напрямую зависит от квалификации и опыта исследователя, а также от его оценки требований к достоверности получаемых результатов.

Научная новизна данного исследования состоит в уточнении методического подхода к установлению доверительной вероятности при исследовании наличия (отсутствия) тренда рентабельности сельскохозяйственной продукции.

Практическое значение: результаты данного исследования могут быть использованы при практической аналитической работе, связанной с анализом тенденций развития экономических процессов.

Перспективы дальнейших исследований связаны с сравнительным анализом различных подходов к анализу тренда развития экономических показателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Moore, G., & Wallis, W. (1943). Time Series Significance Tests Based on Signs of Differences. *Journal of the American Statistical Association*, 38(222), 153–164. doi: 10.2307/2279535
2. Pohlert, T. (2018, July 30). *Non-parametric trend tests and change-point detection*. Retrieved from <http://cran.stat.upd.edu.ph/web/packages/trend/vignettes/trend.pdf>
3. Isakova, S., & Mirzakulova, Sh. (2018). *Statisticheskaja ocenka osnovnyh tendencij izmerennogo vremennogo rjada* [Statistical estimation of the main trends of the measured time series]. *Vestnik KRSU*, 18(12), 51–54 (in Russian)

- [Исакова, С., & Мирзакулова, Ш. (2018). Статистическая оценка основных тенденций измеренного временного ряда. *Вестник КРСУ*, 18(12), 51–54].
4. Marmoza, A. (2013). *Teoriia statystyky* [Statistic theory] (2nd ed.). Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury (in Ukrainian)
[Мармоза, А. (2013). *Теорія статистики* (2-ге вид). Київ: Центр учбової літератури].
5. Sadovnikova, N. A., & Shmojllova, R. (2009). *Analiz vremennyh rjadov i prognozirovanie* [Time Series Analysis and Forecasting]. Moscow: EAOI (in Russian)
[Садовникова, Н. А., & Шмойлова, Р. (2009). *Анализ временных рядов и прогнозирование*. Москва: ЕАОИ].
6. Tarasova, N., & Chernjakevich, L. (2013). *Tendencii razvitija pticevodstva v transformacionnoj jekonomike* [Poultry development trends in a transformational economy]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*, 4, 259 (in Russian)
[Тарасова, Н., & Чернякевич, Л. (2013). Тенденции развития птицеводства в трансформационной экономике. *Современные проблемы науки и образования*, 4, 259].
7. Brik, S. (2013). Efektyvnist finansovo-kredytneho zabezpechennia silskohospodarskoho vyrobnytstva [Efficiency of financial and credit support of agricultural production]. *Oblik, kontrol ta analiz na pidpriemstvakh APK: stan ta perspektyvy rozvytku*, 3-4 October 2013 (p. 1–2). Vinnytsia: VNAU (in Ukrainian)
[Брік, С. (2013). Ефективність фінансово-кредитного забезпечення сільськогосподарського виробництва. *Облік, контроль та аналіз на підприємствах АПК: стан та перспективи розвитку*, 3-4 жовтня 2013 р. (с. 1–2). Вінниця: ВНАУ].
8. State Statistics Service of Ukraine. (2019). Riven rentabelnosti vyrobnytstva silskohospodarskoi produktsii v silskohospodarskykh pidpriemstvakh (1990–2017). Retrieved March 1, 2019, from http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/sg/sg_rik/sg_u/rrv_sgp_u.html (in Ukrainian)
[Державна Служба Статистики України. (2019). *Рівень рентабельності виробництва сільськогосподарської продукції в сільськогосподарських підприємствах (1990–2017)*. Актуально на 01.03.2019. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/sg/sg_rik/sg_u/rrv_sgp_u.html].