

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-2-108-112>

УДК 338.2 (476)+316.42 (476)

## Трендовые модели для анализа социально-экономической безопасности

Канд. экон. наук, доц. Д. Н. Швайба<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2020

Belarusian National Technical University, 2020

**Реферат.** Корректность выбора тренда для прогнозирования характеристик статистики социально-экономической безопасности возможно квалифицировать при помощи величины среднеквадратической ошибки и аспекта «восходящих» и «нисходящих» серий (хотя есть и иные аспекты, к примеру аспект, базирующийся на медиане выборки). По предложенной модели можно предопределять средние ошибки мониторинга для разработки нижнего и верхнего пределов прогнозного варианта характеристик статистики социально-экономической безопасности. Создание модели – довольно трудозатратный процесс, вследствие чего при прогнозировании характеристик статистики социально-экономической безопасности целесообразно применять, как правило, детерминированную составляющую трендовых моделей. При этом предположение о случайном характере отклонений эмпирических значений временного ряда от тренда для 5%-го значения значимости не отвергается. Проработка материала разрешает признать, что во временном ряду характеристик статистики социально-экономической безопасности невозможно отметить точные циклы. Впрочем, это не представляет основания для вывода о наличии циклов во временном ряду значений характеристик статистики социально-экономической безопасности, ибо данные циклы не совпадают по времени, нет четкой очередности превышения фактических значений характеристик статистики социально-экономической безопасности над расчетными, исчисленных по моделям, или, напротив, расчетных над фактическими. При вычислении ошибки прогноза можно применять разные подходы. Таким образом, вопрос выбора трендовых моделей для анализа социально-экономической безопасности является закономерным в силу различия достоверности данных при применении разных моделей, а правильность выбора позволит повысить эффективность самого анализа. Тем самым исследование приобретает практическую значимость для хозяйствующих субъектов и целых отраслей.

**Ключевые слова:** социально-экономическая защищенность, государство, общество, предприятие, работник, угроза, интересы, экономика, анализ, система

**Для цитирования:** Швайба, Д. Н. Трендовые модели для анализа социально-экономической безопасности / Д. Н. Швайба // *Наука и техника*. 2020. Т. 19, № 2. С. 108–112. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-2-108-112>

## Trend Models for Analysis of Socio-Economic Security

D. N. Shvaiba<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

**Abstract.** Correctness of the trend selection for predicting characteristics of socio-economic security statistics can be qualified with the help of a mean square error value and an aspect of “Ascending” and “Descending” series (although there are other aspects, for example, the aspects based on the median of a sample). According to the proposed model, it is possible to predetermine average monitoring errors for development of lower and upper limits of the forecast version in respect of values for characteristics of socio-economic security statistics. Model creation is a labor-intensive process, so that when predicting characteristics of socio-economic security statistics, it is advisable to use, as a rule, a deterministic component of trend models. At the same time, an assumption about random nature of deviations in empirical values of time series from a trend for 5 % significance value is not rejected. Study of the material allows us to admit that it is impossible to note exact cycles

### Адрес для переписки

Швайба Дмитрий Николаевич  
Белорусский национальный технический университет  
ул. Я. Коласа, 12,  
220013, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.: +375 17 292-75-31  
shvabia@tut.by

### Address for correspondence

Shvaiba Dzmitry N.  
Belarusian National Technical University  
12, Ya. Kolasa str.,  
220013, Minsk, Republic of Belarus  
Tel.: +375 17 292-75-31  
shvabia@tut.by

in time series of values for characteristics of socio-economic security statistics. However, this does not represent a basis for the conclusion about presence of cycles in time series of values for characteristics of socio-economic security statistics because these cycles do not coincide in time, there is no clear priority in exceedance of actual values for characteristics of socio-economic security statistics over the calculated ones obtained with the help of models, or, on the contrary, exceedance of the calculated values over the actual ones. Various approaches can be used to calculate a magnitude of the forecast error. Thus, a question pertaining to selection of trend models for an analysis of socio-economic security is natural due to difference in reliability of data when using different models, and correctness of the selection will improve an efficiency of the analysis. So the study acquires practical significance for economic entities and entire industries.

**Keywords:** socio-economic security, government, society, enterprise, employee, threat, interests, economics, analysis, system

**For citation:** Shvaiba D. N. (2020) Trend Models for Analysis of Socio-Economic Security. *Science and Technique*, 19 (2), 108–112. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-2-108-112> (in Russian)

## Введение

Исходя из специфики поставленной задачи корректность выбора тренда для прогнозирования характеристик статистики социально-экономической безопасности возможно квалифицировать при помощи величины среднеквадратической ошибки и аспекта «восходящих» и «нисходящих» серий (хотя есть и иные аспекты, к примеру базирующиеся на медиане выборки) [1]. Это формирует предметное поле исследования и раскрывает возможности для новых изысканий.

## Основная часть

Аспект «восходящих» и «нисходящих» серий базируется на анализе отклонений вычисленных уровней данных статистики социально-экономической безопасности от имеющихся во временном ряду. Ряд величин  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ , демонстрирующих разницу между имеющимися ( $Y_j$ ) и расчетными ( $\hat{Y}_j$ ) показателями временного ряда уровней характеристик статистики социально-экономической безопасности, изменяет последовательность плюсов и минусов, рассчитанных при помощи сопоставления разновидностей рядом находящихся случайных величин ( $\varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j$ ) с нулем. Если  $(\varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j) > 0$ , то проставляется знак плюс, если  $(\varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j) < 0$ , то минус. Если рядом находятся две величины  $\varepsilon_{j+1} = \varepsilon_j$  и  $\varepsilon_{j+1} = 0$ , то растет лишь одна из них. Общая сумма плюсов и минусов будет менее либо равна  $n$ , где  $n$  – количество случайных величин. Из ряда плюсов и минусов высчитывается длина серии  $K_{\max}$ , которая характеризуется количеством подряд размещающихся плюсов и минусов и числом серий  $V_n$  [2].

Предположение о случайном характере отклонений эмпирических значений временного ряда от тренда для 5%-го значения значимости не отвергается в случае, если выполняются два обстоятельства:

$$V_n > \frac{1}{3} \left[ (2n-1) - 1,96 \sqrt{\frac{16n-29}{90}} \right]; \quad (1)$$

$$K_{\max, n} \leq K_{0, n}. \quad (2)$$

Величина  $K_{0, n}$  вычисляется следующим образом: при  $n < 26$   $K_{0, n} = 5$ , при  $26 < n < 153$  и  $153 < n < 1170$   $K_{0, n} = 6$  и  $K_{0, n} = 7$  соответственно.

Основаниями отклонения имеют все шансы быть некорректная конфигурация тренда, очень внушительная длина самой длинной серии, краткий динамический ряд, небольшая численность серий и т. д. [3, 4].

Среднеквадратическую ошибку найдем по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_j - \hat{Y}_j)^2}{N - p - 1}}, \quad (3)$$

где  $Y_j, \hat{Y}_j$  – имеющиеся и рассчитанные уровни данных статистики социально-экономической безопасности;  $N$  – число уровней данных статистики социально-экономической безопасности во временном ряду;  $p$  – число параметров трендовой модели.

Определение характеристик трендовой модели, исчисление среднеквадратической ошибки и использование аспекта «восходящих» и «нисходящих» серий проведем на модели линейной формы (для оставшихся моделей приведем конечные итоги в табл. 1, 2 без предварительных расчетов) [5].

Таблица 1  
Первичные данные и предварительные расчеты для вычисления параметров трендовой модели линейной формы

Primary data and preliminary calculations for linear trend model parameters

Год	$Y$	$t$	$Y_t$	$t^2$	$Y - \hat{Y}$
$t-15$	3450	1	3450	1	-829,868
$t-14$	2570	2	7140	4	-573,661
$t-13$	3720	3	11160	9	-347,453
$t-12$	3890	4	15560	16	-141,246
$t-11$	4015	5	20075	25	+109,961
$t-10$	4135	6	24810	36	+366,169
$t-9$	4430	7	31010	49	+447,376
$t-8$	4639	8	37112	64	+614,583
$t-7$	5074	9	45666	81	+555,791
$t-6$	5317	10	53170	100	+688,998
$t-5$	5660	11	62260	121	+722,205
$t-4$	6270	12	75240	144	+488,413
$t-3$	6968	13	90584	169	+166,620
$t-2$	7748	14	108472	196	-237,173
$t-1$	8625	15	129375	225	-737,965
$t$	9556	16	152896	256	-1292,758
$\Sigma$	87067	136	867980	1496	-4160,124

Источник: разработка автора.

Таблица 2  
Общее количество серий  $V_n$  и протяженность самой длинной из серий  $K_n$ , рассчитанных для моделей с показателями 1–16  
Total number of  $V_n$  series and length size of the  $K_n$  longest series calculated for models with indicators 1–16

$V_n$	$K_n$	$V_n$	$K_n$
$V_1 = 4$	$K_1 = 7$	$V_9 = 3$	$K_9 = 8$
$V_2 = 7$	$K_2 = 5$	$V_{10} = 7$	$K_{10} = 5$
$V_3 = 2$	$K_3 = 10$	$V_{11} = 5$	$K_{11} = 7$
$V_4 = 3$	$K_4 = 8$	$V_{12} = 4$	$K_{12} = 7$
$V_5 = 7$	$K_5 = 5$	$V_{13} = 8$	$K_{13} = 4$
$V_6 = 8$	$K_6 = 3$	$V_{14} = 4$	$K_{14} = 7$
$V_7 = 4$	$K_7 = 7$	$V_{15} = 8$	$K_{15} = 3$
$V_8 = 2$	$K_8 = 8$	$V_{16} = 5$	$K_{16} = 6$

Источник: разработка автора.

Система обычных уравнений будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \Sigma Y = a_0 N + a_1 \Sigma t; \\ \Sigma Y_t = a_0 \Sigma t + a_1 \Sigma t^2; \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} 87067 = 16a_0 + 136a_1; \\ 867980 = 136a_0 + 1496a_1; \end{cases}$$

$$a_0 = \frac{\begin{vmatrix} \Sigma Y & \Sigma t \\ \Sigma Y_t & \Sigma t^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} N & \Sigma t \\ \Sigma t & \Sigma t^2 \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} 87067 & 136 \\ 867980 & 1496 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 16 & 136 \\ 136 & 1496 \end{vmatrix}} = 224,925;$$

$$a_1 = \frac{\begin{vmatrix} N & \Sigma Y \\ \Sigma t & \Sigma Y_t \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} N & \Sigma t \\ \Sigma t & \Sigma t^2 \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} 16 & 87067 \\ 136 & 867980 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 16 & 136 \\ 136 & 1496 \end{vmatrix}} = 376,207.$$

Трендовая модель линейной формы приобретает вид  $Y = 2243,925 + 376,207t$ , где  $t = 17$  для  $(t + 1)$ .

При помощи этой модели рассчитаем значения  $Y$  в  $(t - 15)/t$  году и определим значение  $Y_j - \hat{Y}_j$  (табл. 1, столбец 6). Если  $(Y_j - \hat{Y}_j) > 0$ , то проставляется знак «+», если  $(Y_j - \hat{Y}_j) < 0$ , то знак «-».

Среднеквадратическая ошибка

$$\sigma = \sqrt{\frac{(-829,868)^2 + \dots + (1292,758)^2}{16 - 1 - 1}} = \pm 639,534.$$

Из табл. 2 можно увидеть, что для  $V_n = 4$  показатель  $K_{\max} = 7$ . Таким образом, трендовую модель линейной формы не имеет смысла использовать для прогнозирования данных экономической статистики [6, 7], ибо:

$$V_n > \frac{1}{3} \left[ (2 \cdot 16 - 1) - 1,96 \sqrt{16 \cdot 16 - \frac{29}{90}} \right] = 7,220;$$

$$K_{0,n} = 5.$$

Трендовые модели с показателями 2–16 будут иметь вид:

$$Y_t = 3806,217 - 144,5828t + 30,63514t^2;$$

$$Y_t = 6376,873 - \frac{44256,67}{t};$$

$$Y_t = 8116,604 - \frac{199933,7}{t} + \frac{1564967}{t^2};$$

Таблица 3

Предварительные расчеты для выявления наличия циклов во временном ряду уровней данных статистики социально-экономической безопасности  
Preliminary calculations for revealing cycle presence in time series of statistical socio-economic security data levels

Год	Модель		
	6	13	15
$t - 15$	0,999	0,999	0,924
$t - 14$	1,000	1,001	0,996
$t - 13$	1,004	1,008	1,017
$t - 12$	1,009	1,014	1,025
$t - 11$	0,997	1,003	1,011
$t - 10$	0,980	0,984	0,990
$t - 9$	0,998	0,999	1,003
$t - 8$	0,989	0,986	0,989
$t - 7$	1,018	1,010	1,014
$t - 6$	0,997	0,985	0,990
$t - 5$	0,986	0,971	0,976
$t - 4$	1,006	0,989	0,995
$t - 3$	1,019	1,004	1,010
$t - 2$	1,019	1,014	1,015
$t - 1$	1,005	1,019	1,010
$t$	0,965	1,014	0,968

Источник: разработка автора.

$$Y_t = (0,0002990973 - 0,000000907865t)^{-1};$$

$$Y_t = (0,0002990973 - 0,000000907865t - 0,00000002060924t^2)^{-1};$$

$$Y_t = 1160,220t^{0,3540418};$$

$$Y_t = 2644,263 + 4412,476 \lg t;$$

$$Y_t = 17837,59 - 21601,6111 \lg t + 7839,529 \lg t^2;$$

$$Y_t = 0,7016990t^{1,743727} + 3412,954;$$

$$Y_t = 2930,298 \cdot 1,006697^t;$$

$$Y_t = 2930,298e^{0,006675617t};$$

$$Y_t = 522,414e^{0,01582776t} + 2849,258;$$

$$Y_t = \frac{t}{0,006711343 + 0,00092224431t};$$

$$Y_t = \frac{t}{0,0005123886 + 0,0003330353t - 0,000001416418t^2};$$

$$Y_t = \sqrt{2055910 - 413294,4t - 5085,797t^2}.$$

В результате применения аспекта «восходящих» и «нисходящих» серий выявлено, что трендовые модели с показателями 6, 13, 15 адекватно характеризуют динамику уровней данных статистики социально-экономической безопасности в  $(t - 15)/t$  году [8]. По этим моделям исследовалось наличие циклов во временном ряду уровней данных статистики социально-экономической безопасности (табл. 3).

Анализируя табл. 3, следует признать, что во временном ряду значений характеристик статистики социально-экономической безопасности невозможно отметить точные циклы, ибо они не совпадают по времени, нет четкой очередности превышения фактических величин характеристик статистики социально-экономической безопасности над расчетными, исчисленных по моделям, или, напротив, расчетных над фактическими [9, 10]. Кратчайшая среднеквадратическая ошибка получается по показателям 15-й модели.

При вычислении ошибки прогноза применяются разные подходы. Например, временной ряд уровней данных статистики социально-экономической безопасности  $(1, \dots, N)$  условно разделяется на две части: ретроспективную  $p(1, \dots, K)$  и упреждения  $L(K + 1, \dots, N)$ . По показателям ретроспективного периода выстраивается модель  $Y = a_0 + a_1t$  и представляет прогноз на  $(K + 1, \dots, N)$  годы. Ошибки прогноза  $\varepsilon$  в  $(K + 1, \dots, N)$  годах вычисляются как разность между имеющимися уровнями данных статистики социально-экономической безопасности и прогнозируемыми, выявленными при помощи разработанной модели. Затем одновременно на один год увеличивается продолжительность ретроспекции  $(1, \dots, K + 1)$  и уменьшается продолжительность периода упреждения  $(K + 2, \dots, N)$ .

Снова строится прогнозная модель и вычисляются ошибки прогноза и т. д., пока протекает период упреждения. Средние ошибки прогноза для каждого из годов периода упреждения  $L$  найдем посредством деления суммы ошибок для этого года, выявленных по разным моделям (но их число для последнего года упреждения  $\bar{\varepsilon} = \varepsilon$ , так как для расчета  $\varepsilon$  применяется только одна модель, построенная

по  $(1, \dots, N - 1)$  данным). На базе полученных показателей строится прогнозная модель, демонстрирующая зависимость средней ошибки прогноза от двух показателей – размера допрогнозного периода  $p$  и размера упреждения  $L$ .

## ВЫВОД

По предложенной модели возможно определять средние ошибки мониторинга для разработки нижнего и верхнего пределов прогнозного варианта значений характеристик статистики социально-экономической безопасности. Создание модели – довольно трудозатратный процесс, вследствие чего при прогнозировании характеристик статистики социально-экономической безопасности целесообразно применять, как правило, детерминированную составляющую трендовых моделей. Это направление, в свою очередь, открывает широкие возможности для их использования в процессе мониторинга социально-экономической безопасности на отдельных хозяйствующих субъектах и в целых отраслях экономики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Френкель, А. А. Прогнозирование производительности труда: методы и модели / А. А. Френкель. М.: Экономика, 1989. 213 с.
2. Сенгачов, В. К. Экономическая безопасность России: общий курс / В. К. Сенгачов. М.: Изд-во «Дело», 2005. Гл. 5. С. 72–90.
3. Побережная, О. Е. Социально-экономическая безопасность государства: проблема оценки угроз / О. Е. Побережная, И. А. Даукш // Новая экономика. 2014. № 2. С. 306–310.
4. Зотин, А. Рейтинг – ложь, да в нем намек / А. Зотин // Коммерсантъ. Деньги. 2014. № 50. С. 47.
5. Социально-экономическое положение России, 2015 год [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2015/social/osn-12-2015.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/social/osn-12-2015.pdf). Дата доступа: 16.05.2016.
6. Стиглиц, Дж. Цена неравенства: чем расслоение общества грозит нашему будущему / Дж. Стиглиц; пер. с англ. М.: Эксмо, 2015. 508 с.
7. Уровень жизни: изменения в кризис [Электронный ресурс] // Фонд общественного мнения. Режим доступа: <http://fom.ru/Ekonomika/12345>. Дата доступа: 16.05.2016.
8. Кадомцева, С. В. Конвергенция моделей социально-экономического государства на новой технологической основе / С. В. Кадомцева, И. В. Монахова // Вестник Саратов-

ского государственного социально-экономического университета. 2015. № 5. С. 12–16.

9. Shvaiba, D. Structural Stability and Socio-Economic Security of the Hierarchical System / D. Shvaiba // Bulletin of Science and Practice. 2018. Vol. 6, No 4. P. 233–239 [Electronic resource]. Access mode: <http://www.bulletennauki.com/shvaiba-d-n-2018>. Date of access: 15.06.2018. DOI: 10.5281/zenodo.1289852.
10. Shvaiba, D. Socio-Economic Security of the Hierarchical System / D. Shvaiba // Bulletin of Science and Practice. 2018. Vol. 6, No 4. P. 248–254. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.bulletennauki.com/shvaiba-d-n>. Date of access: 15.06.2018. DOI: 10.5281/zenodo.1289862.

Поступила 30.12.2018

Подписана в печать 19.03.2019

Опубликована онлайн 31.03.2020

## REFERENCES

1. Frenkel A. A. (1989) *Forecasting of Labour Productivity: Methods and Models*. Moscow, Ekonomika Publ. 213 (in Russian).
2. Sengachov V. K. (2005) *Economic Security of Russia: General Course. Chapter 5*. Moscow, Delo Publ. 72–90 (in Russian).
3. Poberezhnaya O. E., Dauksh I. A. (2014) Socio-Economic Security of State: Problem of Threat Assessment. *Novaya Ekonomika* [New Economics], (2), 306–310 (in Russian).
4. Zotin A. (2014) Ranking – Untruth but there is a Hint in it. *Kommersant. Dengi* [Businessman. Money], (50), 47 (in Russian).
5. Socio-Economic Situation in Russia, 2015. *Federal Service for State Statistics*. Available at: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2015/social/osn-12-2015.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/social/osn-12-2015.pdf). (Accessed 16 May 2016) (in Russian).
6. Stiglitz J. (2013) *The Price of Inequality: How Today's Divided Society Endangers our Future*. W. W. Norton & Company. 449.
7. Living Standards: Changes in Crisis. *Public Opinion Foundation*. Available at: <http://fom.ru/Ekonomika/12345>. (Accessed 16 May 2016) (in Russian).
8. Kadomtseva S. V., Monakhova I. V. (2015) Convergence of the Social State Models on a New Technological Basis. *Vestnik Saratovskogo Gosudarstvennogo Sotsialno-Ekonomicheskogo Universiteta* [Bulletin of Saratov State Socio-Economic University], (5), 12–16 (in Russian).
9. Shvaiba D. (2018) Structural Stability and Socio-Economic Security of the Hierarchical System. *Bulletin of Science and Practice*, 6 (4), 233–239. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3197995>.
10. Shvaiba D. (2018) Socio-Economic Security of the Hierarchical System. *Bulletin of Science and Practice*, 6 (4). Available at: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3197996](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3197996).

Received: 30.12.2018

Accepted: 19.03.2019

Published online: 31.03.2020