

4 Выполнение заданий по жилищному строительству за январь-декабрь 2018 г // Национальный статистический комитет Республик Беларусь. – Минск, 2019. – 45 с.

УДК 338.2(476)+316.42(476)

*Д.М. Швайба*

*Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт*

*Рэспубліка Беларусь, Мінск*

*shvabia@tut.by*

### **САЦЫЯЛЬНА-ЭКАНАМІЧНАЯ БЯСПЕКА: ВЫКАРЫСТАННЕ ТРЭНДАВЫХ МАДЭЛЯЎ**

*Shvaiba D. M. Belarusian national technical University, Republic of Belarus, Minsk.*

**SOCIO-ECONOMIC SECURITY: THE USE OF TREND MODELS.** The correctness of the trend choice for forecasting the characteristics of socio-economic security statistics can be qualified by the mean square error and the aspect of "Ascending" and "Descending" series (although there are other aspects, for example, the aspect based on the median of the sample). According to the proposed model, it is possible to predetermine the average monitoring errors for the development of the lower and upper limits of the forecast version of the values of the characteristics of socio-economic security statistics. The creation of a model is a rather labor-intensive process, as a result of which it is advisable to use, as a rule, the deterministic component of trend models when predicting the characteristics of socio-economic security statistics.

**KEYWORDS:** socio-economic security; the government; society; enterprise; employee; threat; security; interests; Economics, analysis, system.

*Карэктнасць выбару трэнду для прагназавання характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі магчыма кваліфікаваць пры дапамозе велічыні сярэднеквадратичнай памылкі і аспекту «ўзыходзячых» і «сыходзяч» серый (хоць ёсць і іншыя аспекты, да прыкладу, аспект, які базуецца на медыя выбарцы). Па прапанаванай мадэлі магчыма прадвызначыць сярэднія памылкі маніторынгу для распрацоўкі ніжняй і верхняй межы прагнознага варыянтна значэнняў характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі. Стварэнне мадэлі – даволі працавыдатковы працэс, з прычыны чаго пры прагназаванні характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі мэтазгодна ўжываць, як правіла, дэтэрмінаваны складнік трэндавых мадэляў.*

**КЛЮЧАВЫЯ СЛОВЫ:** сацыяльна-эканамічная абароненасць; дзяржава; грамадства; прадпрыемства; работнік; пагроза; інтарэсы; эканоміка, аналіз, сістэма.

Карэктнасць выбару трэнду для прагназавання характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі магчыма кваліфікаваць пры дапамозе велічыні сярэднеквадратычнай памылкі і аспекту «ўзыходзячых» і «сыходных» серый (хоць ёсць і іншыя аспекты, да прыкладу, аспект, які базуецца на медыяне выбаркі) [1].

Аспект «ўзыходзячых» і «сыходзячых» серый грунтуецца на аналізе адхіленняў вычсленых узроўняў дадзеных статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі ад наяўных у часовым шэрагу. Шэраг  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ , дэманструюць розніцу паміж наяўнымі ( $Y_j$ ) і разліковымі ( $\hat{Y}_j$ ) паказчыкамі часовага шэрагу узроўняў характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі, змяняецца паслядоўнасць, плюсаў і мінусаў, разлічаных пры дапамозе супастаўлення разнавіднасцяў шэрагам змешчаных выпадковых велічынь ( $\varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j$ ) з 0-ем. Калі  $\varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j > 0$ , то прастаўляецца знак плюс, калі  $\varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j < 0$ , то прастаўляецца знак мінус. Калі 2-ве побач знаходзячыся велічыні  $\varepsilon_{j+1} = \varepsilon_j$  і  $\varepsilon_{j+1} = 0$ , то расце толькі адна з іх. Агульная сума плюсаў і мінусаў будзе менш альбо роўная  $n$ , дзе  $n$ -колькасць выпадковых велічынь. З шэрагу плюсаў і мінусаў вылічваецца даўжыня серыі  $K_{max}$ , якая характарызуецца колькасцю запар размяшчаючыхся плюсаў і мінусаў і лікам серый  $V(n)$ .

Здагадка аб выпадковым характары адхіленняў эмпірычных значэнняў часовага шэрагу ад трэнду для 5%-га значэння значнасці не адпрэчваецца, у выпадку калі вырабляюцца наступныя 2 абставіны:

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

$$K_{max}(n) \leq K_o(n) \quad (2)$$

Велічыня  $K_o(n)$  вылікоўваецца чэсваць наступным чынам: пры  $n < 26$  роўнае 5, пры  $26 < n < 153$  і  $153 < n < 1170$   $K_o$  роўнае 6 і 7.

Падставамі адхіленні маюць усе шанцы быць некарэктная канфігурацыя трэнду, вельмі вялікая даўжыня самай доўгай серыі, кароткі дынамічны шэраг, невялікая колькасць серый і г.д.

Сярэднеквадратычную памылку знойдзем па формуле:

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

дзе:  $Y_j$  – наяўныя ўзроўні дадзеных статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі;

$\hat{Y}_j$  – разлічаныя ўзроўні дадзеных статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі;

$N$  – колькасць узроўняў дадзеных статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі ў часовым шэрагу;

$P$  – лік параметраў трэндавай мадэлі.

Вызначэнне характарыстык трэндавай мадэлі, падлік сярэднеквадратчнай памылкі і выкарыстанне аспекту «ўзыходзячых» і «сыходзячых» серый правядзем на мадэлі лінейнай формы (для пакінутых мадэляў прывядзем канчатковыя вынікі без папярэдніх разлікаў) (табліцы 1., 2.).

Сістэма звычайных раўнанняў будзе мець наступны выгляд:

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

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

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

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

Трэндавая мадэль лінейнай формы прымае выгляд  $Y = 2243,925 + 376,207t$ , дзе  $t$  для  $t+1$  г. = 17.

Пры дапамозе гэтай мадэлі разлічым значэнні  $Y$  в  $t - 15 \div t$  гг. і вызначым значэнне  $Y_j - \hat{Y}_j$  (табліца 5.6. слупок 6). Калі  $Y_j - \hat{Y}_j > 0$ , то знак «+», пры  $Y_j - \hat{Y}_j < 0$  – «-».

**Табліца 1 – Першасныя дадзеныя і папярэднія разлікі для вылічэння параметраў трэндавай мадэлі лінейнай формы**

Год	Y	t	Y <sub>t</sub>	t <sup>2</sup>	Y - Ŷ
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
Σ	87067	136	867980	1496	-4160,124
					+4160,166

Крыніца: распрацоўка аўтара

Сярэднеквадратычная памылка будзе раўняцца  $\pm 639,534$ :

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

З табліцы 2 можна ўбачыць, што  $K_{max} = 7$ ,  $V(n)=4$ . Такім чынам, трэндавую мадэль лінейнай формы не мае сэнсу выкарыстоўваць для прагназавання дадзеных эканамічнай статыстыкі, бо

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

$$K_0(n)=5$$

Трэндавы мадэлі 2-16 будуць мець выгляд:

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

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

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

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

$$Y_t = (0,0002990973 - 0,000000907865t - 0,000000002060924t^2)^{-1},$$

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

$$Y_t = 2644,263 + 4412,47 \lg t,$$

$$Y_t = 17837,59 - 21601,111 \lg t + 7839,529 \lg^2 t,$$

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

$$Y_t = 2930,298 \times 1,006697^t,$$

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

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

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

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

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

**Табліца 2 – Агульная колькасць серый і працягласць самай доўгай з серый  $K_{(n)}$ , разлічаных для мадэляў 1-16**

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

Крыніца: распрацоўка аўтара

У выніку прымянення аспекту “ўзыходзячых” і “сыходзячых” серый выяўлена, што трэндавыя мадэлі 6, 13, 15 адэкватна ахарактарызоўваюць дынаміку узроўняў дадзеных статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі ў t-15 Т г.

Па дадзеных мадэлях даследавалася наяўнасць цыклаў у часовым шэрагу узроўняў дадзеных статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі (табліца 3).

Прапрацоўка табліцы 3. дазваляе прызнаць, што ў часовым шэрагу значэнняў характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі немагчыма адзначыць дакладных цыклаў, але ў графе 2-ой і 3-й ёсць па 2 чатырохгадовых цыкла, у 2-ой, трэцяй і чацвёртай – у адпаведнасці з гэтым 1, 2 і 3 трохгадовых.

**Табліца 3 – Папярэднія разлікі для выяўлення наяўнасці цыклаў ў часовым шэрагу узроўняў дадзеных статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі**

Год	Мадэль		
	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

Крыніца: распрацоўка аўтара

Зрэшты гэта не ўяўляе падставы для вываду аб наяўнасці цыклаў у часовым шэрагу значэнняў характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі бо, дадзеныя цыклы не супадаюць па часе, няма выразнай чарговасці перавышэння фактычных значэнняў характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі над разліковымі, вылічанымі па мадэлях, або, наадварот, разліковых над фактычнымі [2; 3]. Найкарацейшая сярэднеквадратычная памылка атрымліваецца па 15-й мадэлі.

Пры вызначэнні велічыні памылкі прагнозу прымяняюцца розныя падыходы. Напрыклад, часовы шэраг узроўняў дадзеных статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі  $(1, \dots, N)$  умоўна падзяляецца на 2-е

часткі: рэтраспектыўную –  $p(1 \dots K)$  і апярэджання –  $L(K+1, \dots, N)$ . Па паказчыках рэтраспектыўнага перыяду выбудоўваецца мадэль  $Y = a_0 + a_1 t$  і ўяўляе прагноз на  $K+1, \dots, N$  гады. Памылкі прагнозу  $\varepsilon$  у  $K+1, \dots, N$  гадах вычэсваецца як рознасць паміж наяўнымі ўзроўнямі дадзеных статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі і прагназуемымі, выяўленымі пры дапамозе распрацаванай мадэлі. Затым адначасова на адзін год павялічваецца працягласць рэтраспекцыі ( $1, \dots, K+1$ ) і памяншаецца працягласць перыяду апярэджання ( $K+2, \dots, N$ ).

Зноў будуюцца прагнозная мадэль і вылічаюцца памылкі прагнозу і г.д. да таго часу, пакуль працякае перыяд апярэджання. Сярэднія памылкі прагнозу для кожнага з гадоў перыяду апярэджання  $L$  знойдем па сродкам дзялення сумы памылак для таго года, выяўленых па розных мадэлях, але іх лік (для апошняга года апярэджання  $\bar{\varepsilon} = \varepsilon$ , т. я. для разліка  $\varepsilon$  ўжываецца толькі адна мадэль, пабудаваная па  $1, \dots, N-1$  дадзеных). На базе атрыманых паказчыкаў будуюцца прагнозная мадэль, якая дэманструе залежнасць сярэдняй памылкі прагнозу ад 2-ух паказчыкаў - памеру дапрагнознага перыяду ( $p$ ) і памеру папярэджання ( $L$ ):

$$\varepsilon = \varphi(p, L) \quad (5)$$

Па прапанаванай мадэлі магчыма прадвызначыць сярэднія памылкі маніторынгу для распрацоўкі ніжняй і верхняй межаў прагнознага варыянту значэнняў характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі. Стварэнне мадэлі – даволі працавыдатковы працэс, з прычыны чаго пры прагназаванні характарыстык статыстыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі мэтазгодна ўжываць, як правіла, дэтэрмінаваных складнік трэндавых мадэляў.

Літаратура:

1 Френкель, А.А. Прогнозирование производительности труда: методы и модели / А.А. Френкель. – М. : Экономика, 1989. – 213 с.

2 Швайба Дз.М. Забеспячэнне сацыяльна-эканамічнай абароненасці на мікраўзроўні: інстытуцыянальныя механізмы ўліку інтэрэсаў / Дз.М. Швайба // Проблемы управления. – 2018. – № 4(70). – С. 53–58.

3 Shvaiba, D. (2018). Socio-economic security of the hierarchical system [Электронный ресурс] / D. Shvaiba. – Bulletin of Science and Practice. – № 4(6). – С. 248-254. – Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/shvaiba-d-n> – Дата доступа: 15.06.2018.