

УДК 658.3977

**Тематичний розділ:** Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці

**Скрильник І.І.**

старший викладач кафедри економічної кібернетики  
Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка

**Петренко Ю.В.**

студент напряму підготовки з економічної кібернетики  
Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка

**ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНИХ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ  
ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛОВОГО ПРИБУТКУ  
ПАТ «ПОЛТАВСЬКИЙ ТУРБОМЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД»**

У статті розглядається побудова прогнозу валового прибутку підприємства на 2016 р. на основі адаптивних методів та моделей. У результаті дослідження автори визначили метод, що дав оптимальний результат якості прогнозу. Також доведено на основі наукових принципів адекватність отриманих результатів. Робота носить прикладний характер і може застосовуватися у сфері економічної діяльності підприємств різної форми власності, а також використовуватися у навчальному процесі.

**Ключові слова:** валовий прибуток, модель, динамічна регресія, проноз, адекватність моделі.

**Постановка проблеми.** Дослідження економічних процесів машинобудівних підприємствах за допомогою економіко-математичного моделювання, прогнозування, застосування новітніх інформаційних технологій надає змогу оцінити рівень ефективності діяльності підприємства за минулий період та спрогнозувати стан підприємства на майбутні періоди часу.

Прогнозування валового прибутку таких підприємств є актуальною задачею, оскільки це допомагає ефективному управлінню виробничими процесами, залученню інвесторів, складанню перспективних планів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існує велика кількість наукових праць українських та зарубіжних вчених, спеціалістів, присвячених дослідженню, прогнозуванню економічних та фінансових показників підприємства. Визначенню доцільності та ефективності здійснення прогнозування показників економічної діяльності приділили у своїх працях такі українські вчені як К.І. Редченко [1, с. 142 – 148], Т.В. Головка [2, с. 150], Ю.І. Ільєнко, Г.В. Шершньова [3], Н.Ф. Алексєєва [4, с. 120 – 123], О.І. Яшкіна [5, с. 210 – 213]. Методи і моделі прогнозування висвітлювалися у працях О.Є. Ширягіна І.С. [6, с. 251 – 263], І.С. Кондіуса [7]. Прогнозування економічних показників на основі дослідження тренд-сезонних процесів розглядалося І.І. Скрильник, М.В. Замашкою [8, с. 117 – 122], Р.М. Окань [9, с. 166 – 173].

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є дослідження на основі економіко-математичного аналізу побудованої прогнозної моделі валового прибутку ПАТ «Полтавський турбомеханічний завод».

**Виклад основного матеріалу.** Побудова прогнозу валового прибутку підприємства здійснювалася на основі адаптивної моделі Хольта-Муїра та методу динамічної регресії з початковою умовою  $Y_{поч.} = Y_{сер.}$ . Адаптивні методи та моделі мають наступні властивості :

- вони застосовуються для широкого кола задач;
- адаптивне прогнозування не потребує великого об'єму інформації, воно базується на інтенсивному аналізі інформації, що міститься в окремих часових рядах;
- модель, що описує структуру показника та його динаміку, як правило, відрізняється ясністю та простотою математичного формулювання;
- неоднорідність часових рядів та їх зв'язків знаходить відображення в адаптивній еволюції параметрів або навіть структури моделей.

**Постановка задачі.** За заданими значеннями ПАТ «Полтавський тербомеханічний завод» (табл. 1) побудувати прогноз валового прибутку підприємства на 2016 р. На основі економіко-математичного аналізу дослідити отримані результати на адекватність. При побудові прогнозних значень прибутку необхідно враховувати рівень інфляції у країні за 2012 – 2015 рр., порівняно з базовим 2012 р. (табл. 2) [10].

Таблиця 1

**Валовий прибуток ПАТ «Полтавський турбомеханічний завод»**

Квартали	Роки				
	2012	2013	2014	2015	2016
	тис. грн.				
1	82938,0	87928,0	95273,0	102374,0	Прогноз
2	84384,0	90568,0	95981,0	118273,0	
3	85129,0	93128,0	96129,0	120394,0	
4	85769,0	94487,0	97756,0	140211,0	

Таблиця 2

**Коефіцієнти інфляції за 2012-2015 рр.**

2012				2013			
0,029	0,011	-0,001	-0,009	0,020	-0,025	-0,023	-0,018
2014				2015			
0,010	0,060	0,115	0,195	0,292	0,698	0,725	0,753

**Застосування адаптивної моделі Хольта-Муїра.** Щоб розрахувати прогноз за методом Хольта-Муїра потрібно: розрахувати експоненціально-згладжений ряд (1); визначити значення тренду (2):

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot Y_{t-1}; \quad (1)$$

$$T_t = \beta \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1}, \quad (2)$$

де  $L_t$  – згладжена величина на поточний період;  $\alpha$  – коефіцієнт згладжування ряду;  $Y_t$  – поточне значення ряду;  $L_{t-1}$  – згладжена величина за попередній період;  $T_{t-1}$  – значення тренду за попередній період,  $\beta$  – коефіцієнт згладжування тренду. Коефіцієнти згладжування задаються вручну і знаходяться у діапазоні від 0 до 1.

Прогноз обчислюється за формулою (3):

$$Y_{t+p} = L_t + \left(\frac{1}{\alpha} + p - 1\right) \cdot T_t, \quad (3)$$

де  $\hat{Y}_{t+p}$  – прогноз за методом Хольта-Муїра на  $p$  період;  $L_t$  – експоненціально згладжена величина за останній період;  $p$  – порядковий номер періоду, на який робимо прогноз;  $T_t$  – тренд за останній період [9, с. 166 – 173].

Розрахунки проводилися у програмі Microsoft Excel (рис. 1). Побудовані прогнозні значення на основі адаптивної моделі Хольта-Муїра мають точність 99,73% при коефіцієнтах згладжування ряду та тренду  $\alpha = 1$   $\beta = 1$ .

	A	B	C	D	E	F	I	J	K	L	M
1	a=	1					Оцінка точності прогнозу на 1 період вперед				
2	b=	1									
3	рік	період	валовий прибуток, тис. грн.	валовий прибуток (перераховано відносно 2012 р.), тис. грн.	Lt, експоненціально-згладжений ряд	Tt, значення тренду	прогноз на 1 період аналіза	похибка моделі	відхилення похибки	Точність прогнозу	Ряд з моделлю прогнозу, Yt+P = Lt+P*Tt
4		1	82938,0	82938,00	82938	0	82938,00			99,73%	82938,00
5		2	84384,0	84384,00	84384,00	1446,00	82938,00	1446,00	0,000		82938,00
6		3	85129,0	85129,00	85129,00	745,00	85830,00	-701,00	0,000		85830,00
7		4	<b>85769,0</b>	<b>85769,00</b>	85769,00	640,00	85874,00	-105,00	0,000		85874,00
8		1	87928,0	88905,97	88905,97	3136,97	86409,00	2496,97	0,001		86409,00
9		2	90568,0	91853,96	91853,96	2947,99	92042,93	-188,98	0,000		92042,93
10		3	93128,0	94259,11	94259,11	2405,15	94801,95	-542,84	0,000		94801,95
11		4	<b>94487,0</b>	<b>95345,11</b>	95345,11	1086,00	96664,26	-1319,16	0,000		96664,26
12		1	95273,0	95655,62	95655,62	310,52	96431,10	-775,48	0,000		96431,10
13		2	95981,0	89201,67	89201,67	-6453,95	95966,14	-6764,47	0,006		95966,14
14		3	96129,0	85220,74	85220,74	-3980,93	82747,72	2473,02	0,001		82747,72
15		4	<b>97756,0</b>	<b>81327,79</b>	81327,79	-3892,96	81239,82	87,97	0,000		81239,82
16		1	102374,0	76684,64	76684,64	-4643,14	77434,83	-750,19	0,000		77434,83
17		2	118273,0	68843,42	68843,42	-7841,22	72041,50	-3198,08	0,002		72041,50
18		3	120394,0	68993,70	68993,70	150,27	61002,20	7991,50	0,013		61002,20
19		4	<b>140211,0</b>	<b>79260,03</b>	79260,03	10266,34	69143,97	10116,06	0,016		69143,97
20											89526,37
21											99792,71
22											110059,05
23											120325,38

Рис. 1. Розрахунок прогнозних значень валового прибутку підприємства на 2016 р. (за моделлю Хольта-Муїра)

Побудовано графіки фактичних даних валового прибутку підприємства та тренда з прогнозом на 2016 р. (рис. 2).

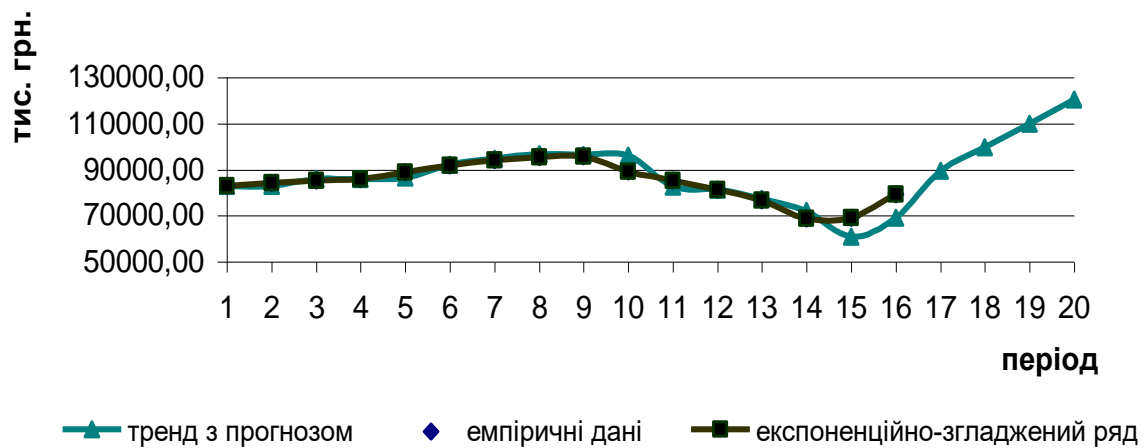


Рис. 2. Графік чистого прибутку підприємства на 2016 р.  
(на основі моделі Хольта-Муіра)

**Застосування адаптивного методу динамічної регресії.** Для даної моделі початковий коефіцієнт згладжування визначено за формулою Брауна,  $\alpha = 0,12$ . Друге прогнозне значення обчислено за формулою (4):

$$\bar{y}_2 = \bar{y}_1 + \alpha(y_2 - \bar{y}_1) = \alpha y_2 + (1 - \alpha)\bar{y}_1. \quad (4)$$

Для кожного наступного періоду прогнозне значення розраховується на основі попереднього значення (5):

$$\bar{y}_{i+1} = \alpha \cdot y_{i+1} + (1 - \alpha) \cdot \bar{y}_i. \quad (5)$$

Параметр  $\alpha$  змінюється динамічно. Для обчислення його наступних значень визначаються помилки прогнозу на два періоди та на один період (6):

$$y_{t+2} - \bar{y}_t; y_{t+1} - \bar{y}_t \quad (6)$$

Шукану оцінку для параметра  $\alpha$  у момент часу  $t$  розраховуємо за формулою (7):

$$\alpha_t = \frac{\sum_{t=1}^T (y_{t+2} - \bar{y}_t)(y_{t+1} - \bar{y}_t)}{\sum_{t=1}^T (y_{t+1} - \bar{y}_t)^2}. \quad (7)$$

Прогнозні значення показника визначаються на основі отриманого останнього значення  $\alpha$  [11, с. 98 – 102]:

$$y_{t+1} = y_t \cdot \alpha_t + (1 - \alpha_t) y_{t-1}; \quad y_{t+2} = y_{t+1} \cdot \alpha_t + (1 - \alpha_t) y_t. \quad (8)$$

Для визначення початкового значення  $Y_0$  використана середня арифметична, розрахована за трьома першими значеннями рівнів вихідного часового ряду.

При таких параметрах точність прогнозу дорівнює 99,93% (рис. 3).

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Рік	Квартал	Рівні	Валовий прибуток, тис. грн.	Прогнозні значення, Yp	(Yt-Yp)*2	Похибка прогнозу на два періоди	Похибка прогнозу на один період	Добуток похибок	квадрат відхилень	alfa	Похибка моделі	Середньоквадратичне відхилення
2		1	1	82938,00	84150,33	1469752,11						-1212,33	0,0002
3	2012	2	2	84384,00	84177,82	42508,74					<b>0,12</b>	206,18	0,0000
4		3	3	85129,00	88161,64	9196894,74	978,67	233,67	228681,78	54600,11	4,19	-3032,64	0,0013
5		4	4	85769,00	83816,57	3811991,44	1591,18	951,18	1513489,62	904736,68	1,82	1952,43	0,0005
6		1	5	88905,97	83787,07	26203048,79	744,33	-2392,64	-1780906,14	5724717,79	-0,01	5118,89	0,0033
7	2013	2	6	91853,96	93903,90	4202280,74	8037,39	5089,40	40905462,63	25901970,04	1,25	-2049,94	0,0005
8		3	7	94259,11	94359,80	10138,11	10472,04	8066,88	84476661,82	65074570,95	1,28	-100,69	0,0000
9		4	8	95345,11	95627,93	79987,89	1441,21	355,21	511935,13	126175,77	1,29	-282,82	0,0000
10		1	9	95655,62	95663,58	63,32	1295,82	985,31	1276787,31	970832,74	1,29	-7,96	0,0000
11	2014	2	10	89201,67	87356,78	3403621,84	-6426,25	27,70	-177976,56	767,03	1,29	1844,89	0,0004
12		3	11	85220,74	84401,08	671857,17	-10442,84	-6461,91	67480627,59	41756240,42	1,38	819,67	0,0001
13		4	12	81327,79	80009,40	1738147,06	-6029,00	-2136,04	12878159,28	4562655,96	1,43	1318,39	0,0003
14	2015	1	13	76684,64	75038,53	2709694,86	-7716,43	-3073,29	23714822,01	9445103,54	1,50	1646,12	0,0005
15		2	14	68843,42	65005,52	14729508,59	-11165,98	-3324,75	37124133,28	11053994,30	1,62	3837,90	0,0031
16		3	15	68993,70	70981,27	3950440,33	-6044,83	-6195,11	37448383,37	38379344,89	1,50	-1987,57	0,0008
17		4	16	79260,03	80527,89	1607459,23	4221,50	-6195,11	-26152671,98	38379344,89	<b>1,15</b>	-1267,86	0,0003
18	2016	1			82905,07								<b>0,0007</b>
19		2			84731,15							<b>точність</b>	<b>99,93%</b>
20		3			85374,86								
21		4			85753,10								

Рис. 3. Розрахунок прогнозних значень валового прибутку підприємства на 2016 р. (на основі методу динамічної регресії)

Побудовано графіки фактичних даних валового прибутку підприємства та тренда з прогнозом на 2016 р. (рис. 4).

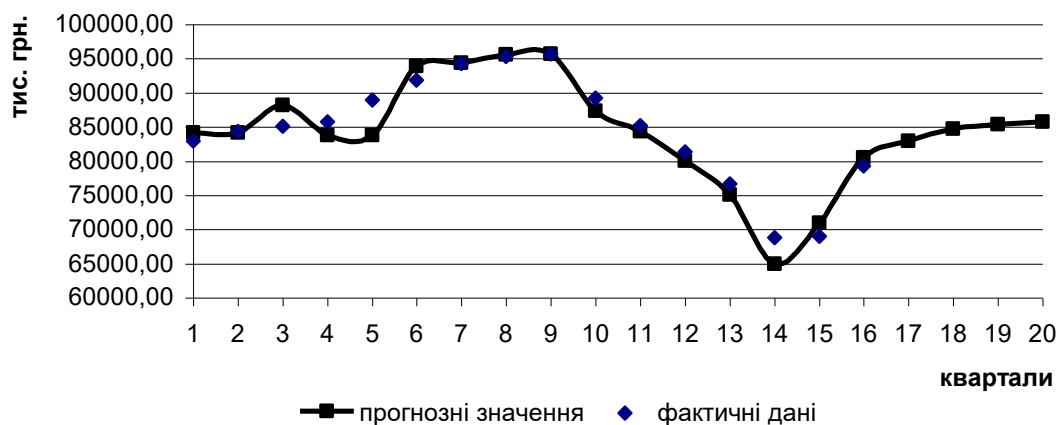


Рис. 4. Графік чистого прибутку підприємства на 2016 р. (на основі методу динамічної регресії)

Найкращих результатів отримано за допомогою методу динамічної регресії з початковою умовою  $Y_{поч.} = Y_{сер.}$ .

**Перевірку адекватності отриманих результатів** було проведено на основі аналізу компоненти  $\varepsilon_t = y_t - f(t)$ , ( $t = 1, 2, \dots, n$ ), яка повинна задовольняти наступним властивостям:

- випадковість коливань рівнів залишкової послідовності;
- рівність математичного очікування випадкової компоненти нулю;
- відповідність розподілу випадкової компоненти нормальному закону розподілу;
- незалежність значень рівнів випадкової компоненти.

Усі властивості повинні виконуватися одночасно [11, с. 210 – 220].

У роботі випадковість коливань рівнів залишкової послідовності досліджується за допомогою критерію піків. Адекватність моделі визначається нерівністю  $p > p_{кр.}$ , де  $p_{кр.}$  обчислюється за формулою (9, 10):

$$p_{кр.} = \left[ \bar{p} - 1,96 \sqrt{\sigma_p^2} \right], \quad (9)$$

$$\bar{p} = 2(n - 6) / 3, \quad \sigma^2 = (16n - 29) / 90. \quad (10)$$

Рівність математичного очікування випадкової компоненти нулю визначається за допомогою t-критерія Стьюдента (11):

$$t_p = \bar{\varepsilon} / \sqrt{n} / S, \quad (11)$$

де  $\bar{\varepsilon}$  – математичне сподівання;  $S$  – стандартне відхилення.

Отримані результати було порівняно з його табличним значенням, якщо  $t_p < t_{табл.}$ , то модель вважається адекватною.

За допомогою RS-критерія було визначено відповідність розподілу випадкової компоненти нормальному закону розподілу (12):

$$R = \varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}; \quad S = \sqrt{\sum \varepsilon_t^2 / (n - 1)}. \quad (12)$$

Значення  $R/S$  порівнювалися з табличними нижніми та верхніми границями цього відношення. Якщо значення попадає в інтервал між критичними границями, то гіпотеза про адекватність моделі приймається.

Незалежність значень рівнів випадкової компоненти встановлено на основі критерія Дарбіна – Уотсона (13):

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=2}^n \varepsilon_t^2}. \quad (13)$$

Розрахункове значення порівнюється з табличними критичними значеннями. Якщо  $d > d_2$ , то гіпотеза про незалежність рівнів залишкової послідовності приймається, тобто трендова модель адекватна. Якщо  $d < d_1$ , то ця гіпотеза відкидається і модель неадекватна. При значеннях  $d_1 < d < d_2$  не можна зробити той або інший висновок. Усі ці умови повинні виконуватися одночасно. У таблиці представлено розрахунки адекватності отриманих результатів (табл. 3).

Розрахунки показали, що всі умови адекватності виконуються одночасно (табл. 3). Отже, отримана прогнозна модель є адекватною.

Таблиця 3

### Перевірка адекватності прогнозної моделі валового прибутку на основі методу динамічної регресії

Метод	Умова випадковості залишків	Умова рівності математичного сподівання 0	Нормальне розподілення рівнів залишків	Відсутність автокореляції
Метод динамічної регресії з початковою умовою $Y_{поч.} = Y_{сер.}$	Виконується. $p=10,$ $10 > -20.$	Виконується. $t_{розр.} < t_{табл.},$ $0,86 < 2,13.$	Виконується. $R/S_{пост.} = 4,1,$ $3,18 < 4,1 < 4,49.$	Виконується. $d=2,05; d_1=1,2;$ $d_2=1,41.$ $2,05 > 1,41.$

Побудовано графік фактичних даних, валового прибутку підприємства та тренд з прогнозом на 2016 р.. Також на графіку показано інтервал довіри прогнозних значень (рис. 5).



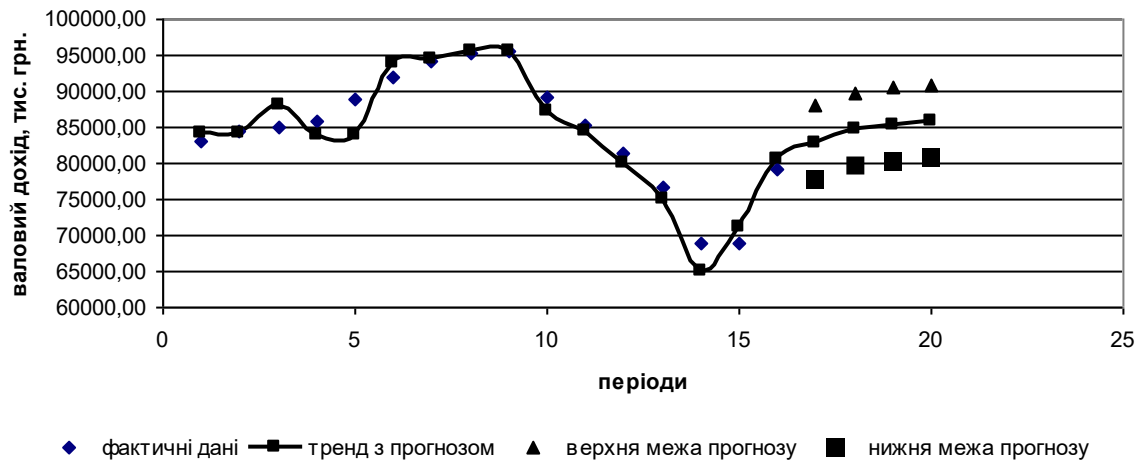


Рис. 5. Графік прогнозу загального прибутку ПАТ «Полтавський турбомеханічний завод»

На основі статистичних даних та методу динамічної регресії визначено прогноз валового прибутку підприємства на 2016 р. У першому кварталі прогнозне значення становить  $Y_{np} = 82905,07$  тис. грн. і знаходиться у межах  $[87951,53; 77858,62]$  тис. грн., у другому кварталі –  $Y_{np} = 84731,15$  тис. грн. і знаходиться у межах  $[89777,6; 79684,7]$  тис. грн., у третьому –  $Y_{np} = 85374,86$  тис. грн. і знаходиться у межах  $[90421,31; 80328,41]$  тис. грн., у четвертому –  $85753,1$  і знаходиться у межах  $[90799,55; 80706,64]$  тис. грн.

**Висновки і пропозиції.** Із вказаного вище можна зробити наступні висновки:

- побудовано прогноз валового прибутку ПАТ «Полтавський турбомеханічний завод» на 2016 р. на основі адаптивної моделі Хольта-Муіра та методу динамічної регресії;
- найкращі результати було отримано при застосуванні адаптивного методу динамічної регресії;
- було досліджено адекватність отриманих результатів при застосуванні методу динамічної регресії;
- розраховано інтервали довіри для прогнозних значень та встановлено, що отримані результати не виходять за критичні межі;

- отримані результати моделювання можуть бути рекомендовані для планування виробничого процесу ПАТ «Полтавський турбомеханічний завод»;
- дана задача може бути використана у навчальному процесі при викладанні дисциплін «Прогнозування соціально-економічних процесів», «Адаптивні моделі в економіці».

**Скрыльник И.И.**

**Петренко Ю.В.**

Полтавский национальный технический университет  
имени Юрия Кондратюка

## **ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВАЛОВОЙ ПРИБЫЛИ ПАО «ПОЛТАВСКИЙ ТУРБОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД»**

**Резюме.** В статье рассматривается построение прогноза валовой прибыли предприятия на 2016 г. на основе адаптивных методов и моделей. В результате исследования авторы определили метод, который дал оптимальный метод качества прогноза. Также доказано на основе научных принципов адекватность полученных результатов. Работа имеет прикладной характер и может использоваться в сфере экономической деятельности предприятий различной формы собственности, а также в учебном процессе.

**Ключевые слова:** валовая прибыль, модель, динамическая регрессия, прогноз, адекватность модели.

**Skrylnikov I.I.**

**Petrenko U.V.**

Poltava National Technical University  
named after Yuri Kondratyuk

# APPLICATION OF ADAPTIVE METHODS AND MODELS FOR PREDICTING THE GROSS PROFIT OF PJSC "POLTAVA TURBOMECHANICAL PLANT"

**Summary.** The article considers the construction of the forecast of gross profit of the enterprise for 2016 on the basis of adaptive methods and models. As a result of the research, the authors determined the method that gave the optimal method of forecast quality. The adequacy of the results obtained is also proved on the basis of scientific principles. The work is of an applied nature and can be used in the sphere of economic activity of enterprises of various forms of ownership, as well as in the educational process.

**Keywords:** Gross profit, model, dynamic regression, forecast, adequacy of the model.

## Список літератури

1. Редченко К.І. Стратегічний аналіз у бізнесі: навч. посібник / К. І. Редченко. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2003. – 272 с.
2. Головка Т. В.. Стратегічний аналіз: навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / Т. В. Головка, С. В. Сагова. – К.: КНЕУ, 2002. – 198 с.
3. Ільєнко Ю.І. Особливості прогнозування економічних показників на підприємствах туристичного бізнесу / Ю.І. Ільєнко, Г.В. Шершньова // Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Туган-Барановського. – 2013. – № 3(59). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://journals.urau.ua/visdonnuetec/article/view/20700>
4. Алексєєва Н.Ф. Методи прогнозування взаємопов'язаних показників соціально-економічного розвитку України / Н.Ф. Алексєєва // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Частина 1. – 2008. – № (48). – С. 120 – 123.
5. Яшкіна О.І. Прогнозування соціально-економічних показників по коротких рядах динаміки / О.І. Яшкіна // Матеріали міжнародної науково-

практичної конференції «Трансформація ринкових відносин в Україні: організаційно-правові та економічні проблеми». ОНУ. – 2003. – С. 210 – 213.

6. Ширягіна О.Є. Автоматизація моделей прогнозування прибутку / О. Є. Ширягіна // Актуальні проблеми економіки. – 2009. – № 11 (101). – С. 251 – 263.

7. Кондіус І.С., Конспект лекцій за темою: «Прогнозування соціально-економічних процесів» (частина 1 навчально-методичного комплексу «Прогнозування соціально-економічних процесів») : методичні матеріали з питань самостійної роботи із спеціальною літературою / Том 1 / І.С. Кондіус. – Севастополь : Севастопольський центр перепідготовки та підвищення кваліфікації, 2013. – 76 с.

8. Скрильник І.І. Прогнозування прибутку Качанівського ГПЗ ПАТ «Укрнафта» на основі дослідження тренд-сезонних процесів / І.І. Скрильник, М.В. Замашка // Економіка і регіон: Науковий вісник Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. – ПолтНТУ, 2013. – № 3. – С. 117 – 122.

9. Скрильник І.І. Прогнозування чистого доходу агрофірми «Урожай» на основі адаптивних моделей / І.І. Скрильник, Р.М. Окань // Економіка і регіон: Науковий вісник Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. – ПолтНТУ, 2013. – № 4. – С. 166 – 173.

10. Головне управління статистики у Полтавській області. Електронний ресурс: <http://pl.ukrstat.gov.ua/>

11. Скрильник І.І. Навчальний посібник з дисципліни «Прогнозування соціально-економічних процесів» для економічних спеціальностей усіх форм навчання / І.І. Скрильник, О.Г. Климко – Полтава: Видавництво ПолтНТУ, 2012. – С. 94 – 97.

Стаття відправлена: 17.02.2016 р.

© Скрильник І.І.