

РОЗДІЛ 9. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ  
ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ МАЛОГО ПІДПРИЄМСТВАAPPLICATION OF ADAPTIVE FORECASTING METHODS  
FOR PLANNING SMALL ENTERPRISE ACTIVITIES

УДК 519.86

<https://doi.org/10.32843/infrastruct43-85>**Шевченко О.М.**к.е.н., доцент,  
доцент кафедри економічної теорії  
та економічної кібернетики  
Національний університет  
«Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка»**Щербініна С.А.**старший викладач кафедри економічної  
теорії та економічної кібернетики  
Національний університет  
«Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка»**Shevchenko Olena**National University  
“Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”**Shcherbinina Svitlana**National University  
“Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”

У статті встановлено доцільність застосування адаптивних методів прогнозування для планування діяльності малого підприємства. Авторами на базі фінансової звітності одного з малих підприємств Полтавської області визначено прогностичне значення чистого доходу від реалізації продукції для оперативного планування його діяльності. Для прогнозування застосовано метод Хольта, метод Хольта-Муїра, метод динамічної регресії та модель Брауна. Перевірено динамічний ряд вибраних даних на наявність тренду та тренду дисперсії, що дало змогу використовувати його для прогнозування. Побудовані моделі перевірено на адекватність за методом серій, методом піків (поворотних точок) та RS-критерієм. Усі побудовані моделі є адекватними до статистичних даних. Розраховано якість прогнозу побудованих моделей. Вибрані для прогнозування моделі можна застосовувати на практиці для аналізу і планування економічних показників на малих підприємствах.

**Ключові слова:** адаптивні методи прогнозування, метод Хольта, метод Хольта-Муїра, метод динамічної регресії, модель Брауна.

В статье установлено целесообразность применения адаптивных методов

прогнозирования для планирования деятельности малого предприятия. Авторами на базе финансовой отчетности одного из малых предприятий Полтавской области определены прогностические значения чистого дохода от реализации продукции для оперативного планирования его деятельности. Для прогнозирования применены метод Хольта, метод Хольта-Муира, метод динамической регрессии и модель Брауна. Проверен динамический ряд выбранных данных на наличие тренда и тренда дисперсии, что позволило использовать его для прогнозирования. Построенные модели проверены на адекватность по методу серий, методу пиков (поворотных точек) и RS-критерию. Все построенные модели являются адекватными статистическим данным. Рассчитано качество прогноза построенных моделей. Выбранные для прогнозирования модели можно применять на практике для анализа и планирования экономических показателей на малых предприятиях.

**Ключевые слова:** адаптивные методы прогнозирования, метод Хольта, метод Хольта-Муира, метод динамической регрессии, модель Брауна.

*The article establishes the expediency of using adaptive forecasting methods for planning the activities of a small enterprise. For successful operation of small businesses need to have the appropriate management tools that will minimize the risk of financial loss. Planning and forecasting are one of the most important tools for enterprise management. Given the stochastic conditions of the market environment, for the timely adjustment of results and strategies of a small enterprise it is better to use adaptive forecasting methods that allow to obtain the required level of adequacy of economic indicators. The authors on the basis of financial statements of one of the small enterprises of Poltava region determined the forecast values of net income from sales for operational planning of its activities. The Holt method, the Holt-Muir method, the dynamic regression method and the Brown model were used for prediction. The time series of selected data for forecasting the presence of trend and trend of variance is checked. The verification was performed by the methods of differences of average levels; Foster-Stewart method and rank correlation method. The results of the calculations confirmed the presence of a trend in this series, which allowed to use it for forecasting. The constructed models were tested for adequacy by the method of series, the method of peaks (turning points) and RS-criterion. All constructed models are adequate to the statistics according to three criteria. The quality of the forecast of the constructed models by adaptive forecasting methods is calculated. The highest values of forecast quality were obtained by models built by the Holt method, the Holt-Muir method and the dynamic regression method. Based on these models, it is proposed to determine the forecast values for the future for the operational planning of a small enterprise. The constructed models of adaptive forecasting can be applied in practice for the analysis and planning of economic indicators at small enterprises. The obtained forecast values can be used for operational planning of the investigated small enterprise.*

**Key words:** adaptive prediction methods, Holt method, Holt-Muir method, dynamic regression method, Brown model.

**Постановка проблеми.** Малий бізнес в Україні важко назвати драйвером економічного розвитку, хоча він є одним із найбільш впливових секторів економіки. Головними екзогенними чинниками такого стану є відсутність належної державної підтримки малого підприємництва та несприятлива податкова політика. Ендогенними чинниками є нестача досвіду кадрового потенціалу, неефективне управління та неналежний фінансовий контроль.

Для успішного функціонування малим підприємствам потрібно мати відповідний інструментарій управління, що дасть змогу мінімізувати ризики фінансових утрат. Планування і прогнозування є одними із найважливіших інструментів управління підприємством. Зважаючи на стохастичність умов ринкового середовища, для своєчасного коригування результатів та стратегій діяльності малого підприємства краще застосовувати адаптивні прогностичні методи, які дають змогу

отримати необхідний рівень адекватності економічних показників.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Питанню застосування адаптивних методів прогнозування присвячено значну кількість наукових праць вітчизняних науковців. Теоретико-методологічне обґрунтування та практичне використання адаптивних моделей прогнозування під час розроблення заходів адаптації представлено в роботі Г.М. Азаренкової та Є.А. Олефір [1]. Важливість та головні завдання фінансового планування та прогнозування у забезпеченні фінансової стійкості підприємства відзначили К.Г. Сердюков, Ю.М. Великий [2]. Сутність адаптивних моделей прогнозування та їх практичне застосування для коротко- та середньострокового прогнозування розглядав С.П. Кобець [3]. Сучасний стан фондового ринку України на основі використання інструментарію адаптивного прогнозування досліджували Н.М. Михайленко та О.О. Мірошниченко [4]. Основні переваги та недоліки використання адаптивних методів для прогнозування рівня чистого доходу підприємства визначив К.В. Горбатюк [5]. Доцільність використання адаптивних методів прогнозування одновимірних часових даних, основною властивістю яких є зміна коефіцієнтів побудованої моделі під час надходження нової інформації, довели В.Г. Семенова, К.Д. Семенова [6]. Модельне забезпечення прогнозування розвитку інноваційно орієнтованих систем на основі методу комбінування адаптивних принципів та раціональності очікувань обґрунтувала А.О. Коломицева [7]. Отже, питання застосування адаптивних методів прогнозування є актуальним і потребує подальшого дослідження.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є визначення прогнозних значень чистого доходу малого підприємства Полтавської області від надання сервісних послуг для оперативного планування на підприємстві.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Обґрунтування важливості прогнозування у вирішенні завдань сучасного управління економічними системами потребує підвищення вимог до надійності та адаптації прогнозних оцінок до нової інформації. Застосування адаптивних методів прогнозування дає змогу досягти адекватності в описі економічних процесів.

Адаптивні методи та моделі мають такі властивості: застосовуються для широкого кола завдань; не потребують великого обсягу інформації, оскільки базуються на інтенсивному аналізі інформації, що міститься в окремих часових рядах; відрізняються ясністю та простотою математичного формулювання; неоднорідність часових рядів та їх зв'язків знаходить відображення в адаптивній еволюції параметрів.

Адаптація є ітеративним процесом визначення поточних значень параметрів моделі на підставі

відомих і нових значень ознак, і завдяки зазначеним властивостям адаптивні методи найуспішніше можуть використовуватися для короткострокового та оперативного прогнозування економічних показників [5].

Оперативне планування – це попередній фінансовий документ для визначеного періоду, де відображено величину доходів, що планується отримати, витрат, які понесе компанія, а також величину залученого капіталу, необхідного для ведення бізнесу. Оскільки термін оперативного планування частіше за все обмежений одним роком, то застосування адаптивних методів прогнозування для визначення величини доходів на майбутній період буде доцільним.

Прикладну частину дослідження виконано на базі фінансової звітності одного з малих підприємств Полтавської області. На рис. 1 представлено динаміку чистого доходу від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) підприємства з I кв. 2016 р. по IV кв. 2019 р. включно.

В основі деяких методів екстраполяції лежить виділення тренду (кількісний опис тенденції, що спостерігається зі зміною часового ряду). Перш ніж виділити тренд, необхідно перевірити гіпотезу про те, чи існує він узагалі. Для виявлення наявності тренду використано три методи виявлення тенденцій: перевірка різниці середніх рівнів; метод Фостера-Стюарта; метод рангової кореляції. Результати перевірки наведено в табл. 1 [8].

Результати розрахунків підтверджують наявність тенденції у даному ряді, що дає змогу використовувати його для прогнозування.

Для прогнозування було вибрано такі адаптивні методи: метод Хольта, метод Хольта-Муїра, метод динамічної регресії та модель Брауна.

Модель Хольта використовується для прогнозування часових рядів, коли є тенденція до зростання або падіння часового ряду. Якщо часовий ряд має тенденцію до зростання або спадання, то разом з оцінкою поточного рівня ряду потрібно виділити тренд. Для управління рівнем та нахилом у моделі Хольта вводяться коефіцієнти згладжування ряду  $\alpha$  та тренду  $\beta$ .

Експоненціально-згладжений ряд розраховується за формулою:

$$L_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}), \quad (1)$$

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.

Коефіцієнт згладжування ряду  $\alpha$  задається вручну і знаходиться у діапазоні від 0 до 1. Для першого періоду на початку даних експоненціально-згладжений ряд дорівнює першому значенню ряду (наприклад, чистому доходу від реалізації продукції (послуг) за перший квартал)  $L_1 = Y_1$

Значення тренду розраховується за формулою:

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

де  $T_t$  – значення тренду за поточний період;  $\beta$  – коефіцієнт згладжування тренду;  $L_t$  – експоненціально-згладжена величина за поточний період;  $L_{t-1}$  – експоненціально-згладжена величина за попередній період;  $T_{t-1}$  – значення тренду за попередній період. Коефіцієнт згладжування ряду  $\beta$  задається вручну і знаходиться у діапазоні від 0 до 1. Значення тренду для першого періоду дорівнює 0 ( $T_1 = 0$ ). Прогноз на  $p$  періодів уперед дорівнює:

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t, \quad (3)$$

де  $\hat{Y}_{t+p}$  – прогноз за методом Хольта 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 [3].

Результати прогнозування за методом Хольта представлено на рис. 2, 3.

Щоб розрахувати прогноз за моделлю Хольта-Муїра, потрібно розрахувати експоненціально-згладжений ряд (4) та визначити значення тренду (5):

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot Y_{t-1}, \quad (4)$$

$$T_t = \beta \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1}, \quad (5)$$

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 тренда за попередній період;  $\beta$  – коефіцієнт згладжування тренда. Коефіцієнти згладжування задаються вручну і знаходяться у діапазоні від 0 до 1.

Прогноз обчислюється за формулою

$$Y_{t+p} = L_t + \left(\frac{1}{\alpha} + p - 1\right) \cdot T_t, \quad (6)$$

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].

Результати прогнозування за методом Хольта-Муїра представлено на рис. 4, 5.

Метод динамічної регресії містить один параметр  $\alpha$  і був запропонований саме для оновлення значень  $\alpha$ . Прогнозним значенням для першого періоду вважаємо його реальне значення  $\bar{y}_1 = y_1$ .

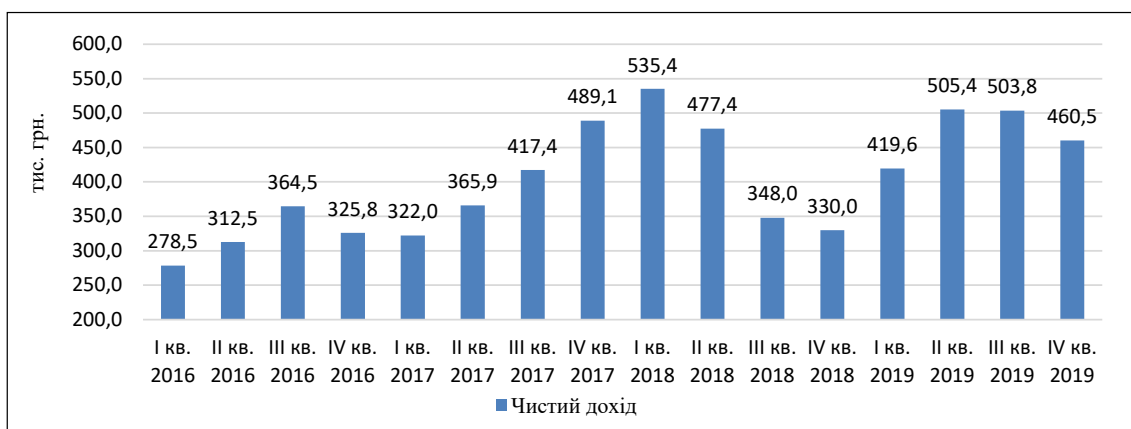


Рис. 1. Динаміка чистого доходу малого підприємства

Джерело: складено авторами на основі фінансової звітності

Таблиця 1

Параметри перевірки ряду динаміки на наявність тенденції

Назва методу	Метод перевірки різниці середніх рівнів				Метод Фостера-Стюарта			Метод рангової кореляції
Критерії наявності тренду	$F_{розр} < F_{табл}$ $t_{розр} > t_{табл}$				$t_s > t_{табл}$ $t_d > t_{табл}$			$r \rightarrow 1$
	$F_{розр}$	$F_{табл}$	$t_{розр}$	$t_{табл}$	$t_s$	$t_d$	$t_{табл}$	$R$
Чистий дохід	1,262	2,12	2,47	2,15	6,734	0,461	2,16	0,883
Результат	Гіпотеза про однорідність приймається				Тренд присутній			Присутній додатний тренд

Джерело: авторські розрахунки

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1				a=0,9				Точність прогнозу			
2				b=0,2							
3	Квартали	Період	Чистий дохід від реалізації продукції (послуг), тис. грн.	Lt, експоненціально-згладжений ряд	Tt, значення тренду	p, номер періоду для прогнозу	Прогноз за методом Хольта, Yt+p=Lt+p*Tt	Прогноз на 1 період аналіза	Похибка моделі	Відхилення похибки	Точність прогнозу
4	I кв. 2016	1	278,5	278,5	0			278,5			98,58%
5	II кв. 2016	2	312,5	309,10	6,12			278,5	34,00	0,012	
6	III кв. 2016	3	364,5	359,57	14,99			315,22	49,28	0,018	
7	IV кв. 2016	4	325,8	330,68	6,21			374,56	-48,76	0,022	
8	I кв. 2017	5	322,0	323,52	3,54			336,89	-14,85	0,002	
9	II кв. 2017	6	365,9	362,03	10,53			327,07	38,85	0,011	
10	III кв. 2017	7	417,4	412,88	18,60			372,57	44,79	0,012	
11	IV кв. 2017	8	489,1	483,36	28,97			431,48	57,65	0,014	
12	I кв. 2018	9	535,4	533,07	33,12			512,33	23,04	0,002	
13	II кв. 2018	10	477,4	486,26	17,13			566,19	-88,82	0,035	
14	III кв. 2018	11	348,0	363,54	-10,84			503,39	-155,39	0,199	
15	IV кв. 2018	12	330,0	332,27	-14,92			352,70	-22,70	0,005	
16	I кв. 2019	13	419,6	409,36	3,48			317,35	102,23	0,059	
17	II кв. 2019	14	505,4	496,18	20,15			412,84	92,60	0,034	
18	III кв. 2019	15	503,8	505,07	17,90			516,33	-12,51	0,001	
19	IV кв. 2019	16	460,5	466,73	6,65			522,97	-62,48	0,018	
20	I кв. 2020	1				1	473,38				
21	II кв. 2020	2				2	480,03				
22	III кв. 2020	3				3	486,68				

Рис. 2. Результати прогнозування чистого доходу від реалізації продукції (послуг) за методом Хольта у MS Excel

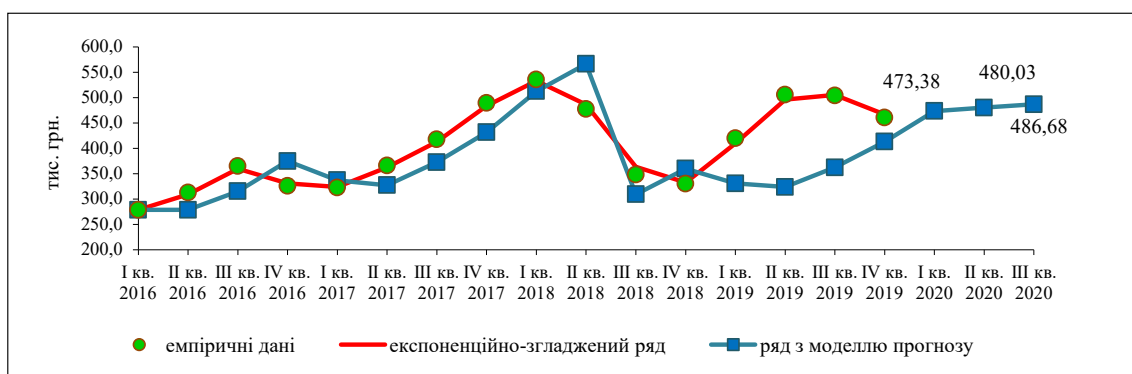


Рис. 3. Графічне зображення динаміки чистого доходу за методом Хольта

Джерело: авторські розрахунки

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1				a=0,9				Точність прогнозу			
2				b=0,2							
3	Період	Чистий дохід від реалізації продукції (послуг), тис. грн.	Lt, експоненціально-згладжений ряд	Tt, значення тренду	p, номер періоду для прогнозу	Прогноз за методом Хольта, Yt+p=Lt+p*Tt	Прогноз на 1 період аналіза	Похибка моделі	Відхилення похибки	Точність прогнозу	
4	I кв. 2016	278,50	278,5	0			278,5			96,85%	
5	II кв. 2016	312,50	281,25	0,55			278,5	34,00	0,012		
6	III кв. 2016	364,50	328,11	9,81			281,8	82,70	0,051		
7	IV кв. 2016	325,80	294,20	1,07			337,916	-12,12	0,001		
8	I кв. 2017	322,0	289,94	0,00			295,26912	26,77	0,007		
9	II кв. 2017	365,9	329,33	7,88			289,9455584	75,97	0,043		
10	III кв. 2017	417,4	376,41	15,72			337,2075755	80,15	0,037		
11	IV кв. 2017	489,1	441,78	25,65			392,1321007	96,99	0,039		
12	I кв. 2018	535,4	484,40	29,04			467,4351711	67,94	0,016		
13	II кв. 2018	477,4	432,54	12,86			513,4466983	-36,07	0,006		
14	III кв. 2018	348,0	314,49	-13,32			445,4050892	-97,41	0,078		
15	IV кв. 2018	330,0	295,67	-14,42			301,1657392	28,83	0,008		
16	I кв. 2019	419,6	376,18	4,57			281,2478043	138,33	0,109		
17	II кв. 2019	505,4	455,35	19,49			380,7462848	124,69	0,061		
18	III кв. 2019	503,8	455,39	15,60			474,8401974	28,98	0,003		
19	IV кв. 2019	460,5	416,00	4,60			470,98	-10,50	0,001		
20	I кв. 2020				1	421,11					
21	II кв. 2020				2	425,71					
22	III кв. 2020				3	430,31					

Рис. 4. Результати прогнозування чистого доходу від реалізації продукції (послуг) за методом Хольта-Муїра у MS Excel

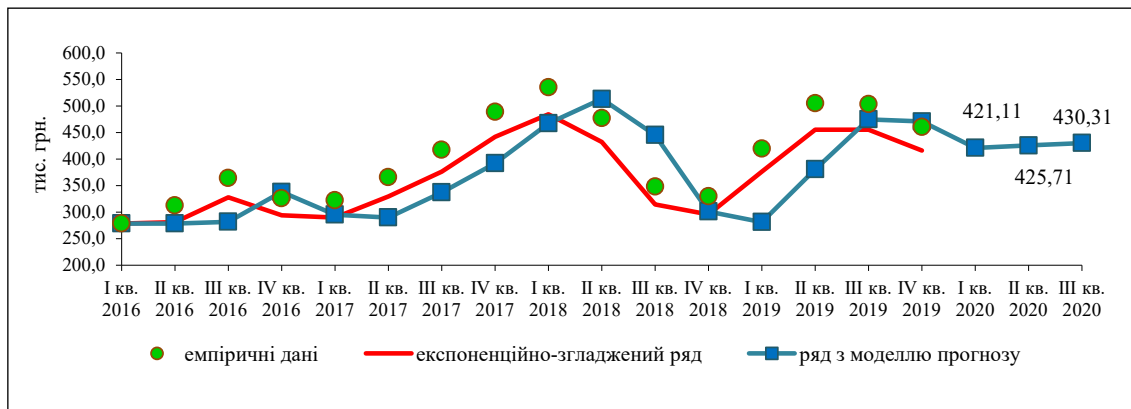


Рис. 5. Графічне зображення динаміки чистого доходу за методом Хольта-Муїра

Джерело: авторські розрахунки

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Квартали	Чистий дохід від реалізації продукції (послуг), тис. грн. (yt)	Прогноз F(t)	Квадрат відхилень (yt-F(t)) <sup>2</sup>	Різниця між фактичним значенням і прогнозом	Різниця між фактичним значенням і прогнозом	Добуток різниць	Квадрат різниці на один період назад	α	Якість прогнозу
2	I кв. 2016	278,50	278,50	0,000	на два періоди	на один період назад				0,27340
3	II кв. 2016	312,50	278,50	1156,000						0,27340
4	III кв. 2016	364,50	496,03	17299,986	86,000	34,000	2924,000	1156,000	2,529	0,08618
5	IV кв. 2016	325,80	356,86	964,483	47,300	86,000	4067,800	7396,000	0,818	0,16652
6	I кв. 2017	322,0	322,89	0,729	-173,989	-170,229	29618,115	28978,053	0,975	0,20339
7	II кв. 2017	365,9	363,20	7,391	9,064	-34,816	-315,569	1212,162	0,937	0,16075
8	III кв. 2017	417,4	417,05	0,098	94,466	43,026	4064,549	1851,271	0,994	0,12192
9	IV кв. 2017	489,1	495,17	36,575	125,924	54,159	6819,838	2933,149	1,084	0,08648
10	I кв. 2018	535,4	541,14	33,226	118,328	72,078	8528,842	5195,236	1,143	0,07241
11	II кв. 2018	477,4	471,48	34,754	-17,798	40,202	-715,508	1616,225	1,092	0,09539
12	III кв. 2018	348,0	318,71	857,714	-193,139	-63,764	12315,360	4065,870	1,237	0,20876
13	IV кв. 2018	330,0	332,45	6,008	-141,480	-123,480	17469,879	15247,244	1,217	0,19186
14	I кв. 2019	419,6	439,73	406,007	100,867	11,287	1138,459	127,391	1,231	0,10967
15	II кв. 2019	505,4	525,50	402,356	172,989	87,129	15072,323	7591,439	1,305	0,07679
16	III кв. 2019	503,8	497,58	38,933	64,090	65,710	4211,402	4317,853	1,288	0,08565
17	IV кв. 2019	460,5	449,45	121,881	-65,014	-21,679	1409,422	469,971	1,298	0,10498
18	I кв. 2020		551,68	21205,326						0,15192
19	II кв. 2020		559,67							84,81%
20	III кв. 2020		562,11							

Рис. 6. Результати прогнозування чистого доходу від реалізації продукції (послуг) за методом динамічної регресії у MS Excel

Друге прогнозне значення одержуємо з рівності:

$$\bar{y}_2 = \bar{y}_1 + \alpha(\bar{y}_2 - \bar{y}_1) = \alpha\bar{y}_2 + (1 - \alpha)\bar{y}_1 \quad (7)$$

Для кожного наступного етапу прогнозне значення встановлюється на основі попереднього:

$$\bar{y}_{i+1} = \alpha \cdot y_{i+1} + (1 - \alpha) \cdot \bar{y}_i \quad (8)$$

Значення параметра  $\alpha$  змінюється динамічно. Для його зміни потрібно визначити помилки прогнозу на два періоди та на один період:  $y_{t+2} - \bar{y}_t$  – похибка прогнозу на два періоди;  $y_{t+1} - \bar{y}_t$  – похибка на один період.

Шукана оцінка для параметра  $\alpha$  в момент часу  $t$  отримується за мінімізації суми квадратів похибок за попередні періоди:

$$\alpha_t = \frac{\sum_{t=1}^T (y_{t+2} - \bar{y}_t)(y_{t+1} - \bar{y}_t)}{\sum_{t=1}^T (y_{t+1} - \bar{y}_t)^2} \quad (9)$$

Сума береться за всіма періодами – від першого до періоду з номером  $T$ , де  $T$  – період, до якого ми дійшли на етапі моделювання [10].

Результати прогнозування за методом динамічної регресії представлено на рис. 6, 7.

Модель Брауна може відображати розвиток не тільки у вигляді лінійної тенденції, а й у вигляді випадкового процесу, який не має тенденції, а також у вигляді параболічної тенденції, що змінюється.

Розрізняють моделі нульового, першого та другого ступенів виду:

$$\begin{aligned} Y(t+k) &= A_0; \\ Y(t+k) &= A_0 + A_1k; \\ Y(t+k) &= A_0 + A_1k + A_2k^2, \end{aligned} \quad (10)$$

де  $t$  – поточний час;  $k$  – час упередження.

Модель Брауна першого порядку містить два параметри –  $A$  і  $B$ . Для її використання необхідно



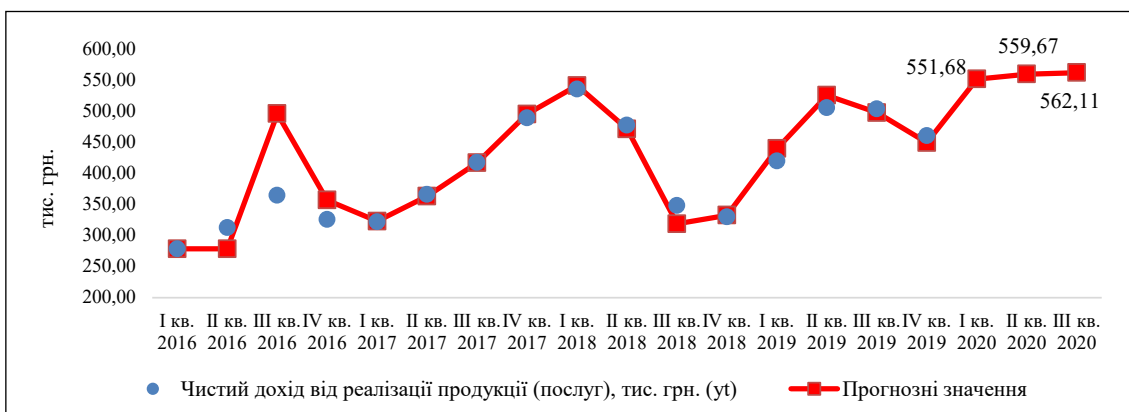


Рис. 7. Графічне зображення динаміки чистого доходу за методом динамічної регресії

Джерело: авторські розрахунки

Квартал	t	Чистий дохід від реалізації продукції (послуг), тис. грн. (Yt)	A	B	Теоретичні дані з прогнозом	Yt-F(t)	β (мінюється)	A	B	(Yt-F(t)) <sup>2</sup>	Якість прогнозу
I кв. 2016	1	278,50	12,20	285,51	297,71	-19,209	0,3	12,2006	285,508	368,97	0,82567
II кв. 2016	2	312,50	10,47	295,98	316,92	-4,423		6,43187	25,0485	19,57	0,65578
III кв. 2016	3	364,50	10,07	306,05	336,27	28,225		0,47356	26,9065	796,67	0,48201
IV кв. 2016	4	325,80	12,61	318,67	369,12	-43,323		3,5982	4	1876,92	0,60333
I кв. 2017	5	322,0	8,71	327,38	370,96	-48,917		2604,94	2895,83	2392,85	0,61750
II кв. 2017	6	365,9	4,31	331,69	357,57	8,351				69,74	0,47828
III кв. 2017	7	417,4	5,06	336,76	372,21	45,154				2038,84	0,36765
IV кв. 2017	8	489,1	9,13	345,89	418,91	70,216				4930,32	0,26768
I кв. 2018	9	535,4	15,45	361,33	500,36	35,016				1236,12	0,22343
II кв. 2018	10	477,4	18,60	379,93	565,92	-88,544				7840,10	0,23102
III кв. 2018	11	348,0	10,63	390,56	507,49	-159,489				25436,69	0,52881
IV кв. 2018	12	330,0	-3,72	386,84	342,15	-12,146				147,53	0,58807
I кв. 2019	13	419,6	-4,82	382,02	319,39	100,187				10037,36	0,36377
II кв. 2019	14	505,4	4,20	386,22	445,01	60,430				3651,74	0,25068
III кв. 2019	15	503,8	9,64	395,86	540,43	-36,608				1340,12	0,25229
IV кв. 2019	16	460,5	6,34	402,20	503,69	-43,209				1867,01	0,30201
I кв. 2020	1				408,54					6404,56	0,44300
II кв. 2020	2				414,89						35,70%
III кв. 2020	3				421,23						

Рис. 8. Результати прогнозування чистого доходу від реалізації продукції (послуг) за моделлю Брауна у MS Excel

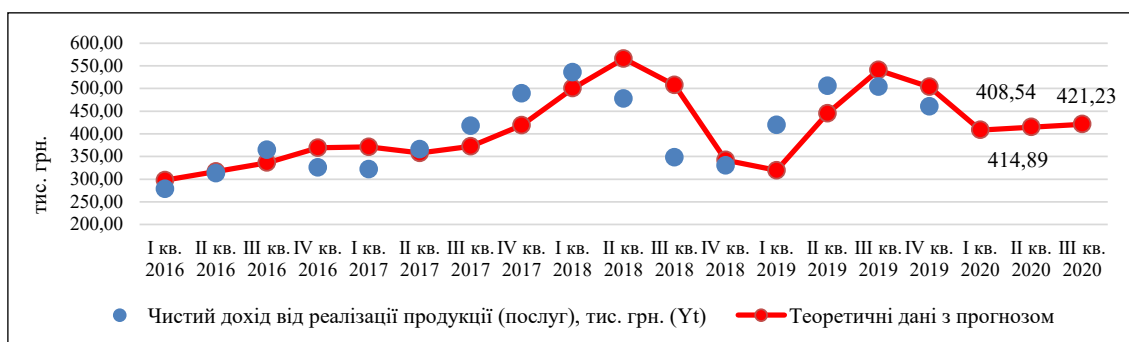


Рис. 9. Графічне зображення динаміки чистого доходу за моделлю Брауна

Джерело: авторські розрахунки

вибрати також коефіцієнт  $\beta \in [0,1; 0,3]$ , який характеризує знецінення даних за одиницю часу і відображає ступінь довіри більш пізнім спостереженням [10].

Параметри моделі A і B обчислюються за лінійною функцією. Наступні значення змінюються динамічно за формулами:

$$\begin{aligned} B_t &= A_{t-1} + B_{t-1} + \beta^2 \cdot (y_{t-1} - \bar{y}_{t-1}); \\ A_t &= A_{t-1} + \beta^2 \cdot (y_{t-1} - \bar{y}_{t-1}). \end{aligned} \quad (11)$$

Результати прогнозування за моделлю Брауна представлено на рис. 8, 9.

Незалежно від виду та способу побудови економіко-математичної моделі питання про

Основні характеристики адекватності адаптивних методів прогнозування чистого доходу малого підприємства

Критерій	Критерій піків	R/S критерій		Критерій серій	Висновок про адекватність моделі
Умова	Наявність випадковості залишків	Умова нормального розподілення залишків	Рівність математичного сподівання залишкової компоненти 0	Випадковість коливань рівнів	
Умова адекватності	$p > [\bar{p} - 1,96\sqrt{\sigma_p^2}]$	$R/S_{\min} < R/S < R/S_{\max}$	$t_{\text{розр}} < t_{\text{табл}}$	$K_{\max} < [3,3(\lg n + 1)]$ $v > [1,2(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1})]$	
Значення сталих показників	$[\bar{p} - 1,96\sqrt{\sigma_p^2}] = 6$	$R/S_{\min} = 3,18$ $R/S_{\max} = 4,49$	$t_{\text{табл}} = 2,13$	$[3,3(\lg n + 1)] = 7$ $[1,2(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1})] = 4$	
Метод Хольта	$p = 7$	3,793	$t_{\text{розр}} = 0,14$	$K_{\max} = 4, v = 7$	адекватна
	адекватна	виконується	$\mu = 0$	адекватна	
Метод Хольта-Муїра	$p = 7$	3,182	$t_{\text{розр}} = 2,12$	$K_{\max} = 4, v = 7$	адекватна
	адекватна	виконується	$\mu = 0$	адекватна	
Метод динамічної регресії	$p = 9$	4,28	$t_{\text{розр}} = 0,94$	$K_{\max} = 3, v = 7$	адекватна
	адекватна	виконується	$\mu = 0$	адекватна	
Модель Брауна	$p = 7$	3,974	$t_{\text{розр}} = 0,414$	$K_{\max} = 4, v = 7$	адекватна
	адекватна	виконується	$\mu = 0$	адекватна	

Джерело: авторські розрахунки

можливість її застосування для аналізу і прогнозування економічного явища може бути розв'язане лише після встановлення адекватності, тобто відповідності досліджуваному процесу або об'єкту. Побудовані моделі перевірено на адекватність за методом серій, методом піків (поворотних точок) та RS-критерієм (табл. 2) [8].

Отже, за результатами перевірки на адекватність метод Хольта, метод Хольта-Муїра, метод динамічної регресії та модель Брауна адекватні за трьома критеріями.

Розраховано якість прогнозу побудованих моделей за адаптивними методами прогнозування: метод Хольта – 98,58%, метод Хольта-Муїра – 96,85%, метод динамічної регресії – 84,81%, модель Брауна – 55,7%. На основі моделей, що мають найвищі значення якості прогнозу, запропоновано визначити прогнозні значення на майбутній період для оперативного планування малого підприємства. За критерієм песимізму в I кв. 2020 р. прогнозне значення чистого доходу від реалізації продукції (послуг) знаходиться на рівні 421,11 тис грн, у II кв. – на рівні 425,71 тис грн, а в III кв. – на рівні 430,31 тис грн. За критерієм оптимізму даний показник становитиме 551,67 тис грн у I кв. 2020 р., 559,67 тис грн – у II кв. 2020 р. та 562,11 тис грн – у III кв. 2020 р.

**Висновки з проведеного дослідження.** Побудовані моделі адаптивного прогнозування можна застосовувати на практиці для аналізу і планування економічних показників на малих

підприємствах. Отримані прогнозні значення можна використовувати для оперативного планування діяльності досліджуваного малого підприємства.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Азаренкова Г.М., Олєфір Є.А., Крюкова Г.К. Використання адаптивних моделей прогнозування в сучасних умовах фінансово-економічного простору. *Бізнес Інформ*. 2015. № 10. С. 149–155.
2. Сердюков К.Г., Великий Ю.М., Лєснікова К.С. Роль фінансового планування та прогнозування у забезпеченні фінансової стійкості підприємства. *Економіка і суспільство*. 2017. № 11. С. 277–282.
3. Кобець С.П., Лузіна А.О. Застосування адаптивних моделей для прогнозування чистого доходу від реалізації продукції. *Ефективна економіка*. 2019. № 4. URL : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6991> (дата звернення: 19.05.2019)
4. Михайличенко Н.М., Мірошніченко О.О. Адаптивне прогнозування як інструмент дослідження тенденцій розвитку фондового ринку України. *Економічний вісник Донбасу*. 2018. № 2(52). С. 79–83.
5. Горбатюк К.В. Застосування адаптивних методів для прогнозування рівня чистого доходу підприємства. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2018. № 4(15). С. 434–444.
6. Семенова В.Г., Семенова К.Д. Використання моделей одного часового ряду для прогнозування економічних показників у сучасних умовах. *Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики*. 2018. № 3(26). С. 334–340.

7. Коломицева А.О. Умови й переваги використання адаптивно-раціональних прогнозів у завданнях розвитку інноваційно орієнтованих систем. *Проблеми економіки*. 2012. № 2. С. 48–50.

8. Щербініна С.А., Дорошина К.М. Застосування методів екстраполяції для аналізу діяльності підприємства. *Економіка і регіон*. 2013. № 6. С. 101–107.

9. Скрильник І.І., Приходько Д.В. Застосування економіко-математичних методів та моделей для прогнозування чистого прибутку ПАТ «Полтавський завод медичного скла». *Економіка і регіон*. 2017. № 2(63). С. 78–84.

10. Климко О.Г., Черниш Ю.М. Застосування адаптивних моделей для прогнозування рівня доходів малого підприємства. *Радиоелектроника и информатика*. 2013. № 4(63). С. 44–47.

#### REFERENCES:

1. Azarenkova H.M., Olefir Ye.A., Kriukova H.K. (2015). Vykorystannia adaptyvnykh modelei prohnozuvannia v suchasnykh umovakh finansovo-ekonomichnoho prostoru [The use of adaptive forecasting models in modern conditions of financial and economic space]. *Biznes Inform*, 10, 149-155. (in Ukrainian)

2. Serdiukov K.H., Velykyi Yu.M., Liesnikova K.S. (2017). Rol finansovoho planuvannia ta prohnozuvannia u zabezpechenni finansovoi stiikosti pidpriemstva [The role of financial planning and forecasting in ensuring the financial stability of the enterprise]. *Ekonomika i suspilstvo*, 11, 277-282. (in Ukrainian)

3. Kobets S.P., Luzina A.O. (2019). Zastosuvannia adaptyvnykh modelei dlia prohnozuvannia chystoho dokhodu vid realizatsii produktsii [Application of adaptive models for forecasting a net sales]. *Efektivna ekonomika*, 4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6991>, last visit: 19.05.2019 (in Ukrainian)

4. Mykhailychenko N.M., Miroshnychenko O.O. (2018). Adaptivne prohnozuvannia yak instrument doslidzhennia tendentsii rozvytku fondovoho rynku Ukrainy [Adaptive forecasting as a tool for study-

ing the development trends of the stock market of Ukraine]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu*, 2(52), 79-83. (in Ukrainian)

5. Horbatiuk K.V. (2018). Zastosuvannia adaptyvnykh metodiv dlia prohnozuvannia rivnia chystoho dokhodu pidpriemstva [Application of adaptive methods for forecasting the level of net income of the enterprise]. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia*, 4(15), 434-444. (in Ukrainian)

6. Semenova V.H., Semenova K.D. (2018). Vykorystannia modelei odnogo chasovoho riadu dlia prohnozuvannia ekonomichnykh pokaznykiv u suchasnykh umovakh [Using one-time models to forecast economic indicators in modern conditions]. *Finansovo-kredytna diialnist: problemy teorii ta praktyky*, 3(26), 334-340. (in Ukrainian)

7. Kolomutseva A.O. (2012). Umovy i perevahy vukorystannia adaptyvno-ratsionalnykh prohnoziv u zavdanniakh rozvytku innovatsiino-orientovanykh sistem [Conditions and advantages of using adaptive-rational forecasts in the tasks of development of innovation-oriented systems]. *Problemy ekonomiky*, 2, 48-50. (in Ukrainian)

8. Shcherbinina S.A., Doroshina K.M. (2013). Zastosuvannia metodiv ekstrapoliatsii dlia analizu diialnosti pidpriemstva [Application of extrapolation methods for the analysis of enterprise activity]. *Ekonomika i rehion*, 6, 101-107. (in Ukrainian)

9. Skrylnyk I.I., Prykhodko D.V. (2017). Zastosuvannia ekonomiko-matematychnykh metodiv ta modelei dlia prohnozuvannia chystoho prybutku PAT "Poltavskiy zavod medychnoho skla" [Application of economic and mathematical methods and models for forecasting the net profit of PJSC "Poltava Medical Glass Plant"]. *Ekonomika i rehion*, 2(63), 78-84. (in Ukrainian)

10. Klymko O.H., Chernysh Ya.M. (2013). Zastosuvannia adaptyvnykh modelei dlia prohnozuvannia rivnia dokhodiv maloho pidpriemstva [Application of adaptive models for forecasting the level of income of a small enterprise]. *Radioelektronika i informatyka*, 4(63), 44-47. (in Ukrainian)