

11. Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці

Скрильник І.І.,

старший викладач кафедри економічної кібернетики

Полтавський національний технічний університет

імені Юрія Кондратюка

Власенко Н.С.,

студентка 4 курсу напряму підготовки

«Економічна кібернетика»

Полтавський національний технічний університет

імені Юрія Кондратюка

**ПОБУДОВА ПРОГНОЗНОЇ МОДЕЛІ ЧИСТОГО ДОХОДУ
ПІДПРИЄМСТВА СФЕРИ ОБСЛУГОВУВАННЯ В УКРАЇНІ**

Анотація. У статті розглядається побудова прогнозної моделі чистого доходу підприємства сфери обслуговування в Україні, зокрема ТОВ «Полтава-Капітал». При дослідженні та побудові якісної моделі використовуються такі методи: сезонна декомпозиція, аналітичне вирівнювання за допомогою кривих росту заданого ряду динаміки. Отриману прогнозну модель було використано для побудови прогнозу даного економічного показника підприємства на майбутні періоди.

Ключові слова: часовий ряд, тренд, модель, циклічна складова, прогноз.

Постановка проблеми. Досвід розвинених країн свідчить про те, що прогнозування прибутку, чистого доходу підприємства дає можливість уникати прорахунків та пов'язаних з ними втрат. З метою покращення фінансової та економічної діяльності підприємства, прибуток, чистий дохід потребує постійного аналізу та прогнозування.

Прогнозування економічних показників підприємства на майбутнє є однією із актуальних задач. Існує ряд класичних методів, що базуються на апараті математичної статистики, серед яких виділяють методи аналізу та моделювання рядів динаміки,

економетричні методи. Особливістю вказаних методів є чітка специфікація моделі, що конструюється.

Тому досить важливим є питання щодо визначення і застосування прогнозної моделі на рівні підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В економічній літературі існує велика кількість наукових праць українських та зарубіжних вчених, присвячених дослідженню тренд-сезонних процесів, прогнозуванню економічних та фінансових показників підприємства.

Так Н.В. Халіпова, І.Ю. Леснікова досліджували сезонні коливання вантажопотоку під час здійснення зовнішньоекономічної діяльності та визначали вплив сезонності на економічні процеси на прикладі перевалки нафтопродуктів [1, с. 88 – 94; 2, с. 75 – 85].

Методи і моделі прогнозування розглядалися в дослідженнях О.Є. Ширягіна І.С. [3, с. 251 – 263], Кондіуса [4]. Значну роль визначенню доцільності та ефективності здійснення прогнозування показників економічної діяльності, їх результатів в своїх працях приділили такі українські вчені як К.І. Редченко [5, с. 142; 4, с. 150], Т.В. Головкин, [6, с. 150].

Мета статті. На основі статистичних даних за 2012 – 2014 рр. побудувати прогнозну модель та отримати достовірний прогноз чистого доходу ТОВ «Полтава-Капітал» на перший квартал 2015 р.

Виклад основного матеріалу. В Україні наявний достатньо розвинутий ринок автотранспортних послуг, які надають підприємства різних форм власності. ТОВ «Полтава-Капітал відноситься» до підприємств транспортної сфери обслуговування в Україні. Дане підприємство надає послуги для перевезення вантажів автомобільним транспортом.

Постановка задачі. На основі статистичних даних (табл. 1) побудувати прогнозну модель чистого прибутку ТОВ «Полтава-Капітал», довести її адекватність та визначити прогнозне значення показника на перший квартал 2015 р. Провести аналіз результатів та зробити мотивований висновок про якість побудованого прогнозу.

Таблиця 1

Чистий прибуток підприємства за 2012 – 2014 рр.

Рік	Квартал	Чистий прибуток, грн.	Рік	Квартал	Чистий прибуток, грн.
2012	1	10198,3	2014	1	10306,2
	2	10225,3		2	10310,4
	3	10196,7		3	10328,5
	4	10151,5		4	10361,7
2013	1	9889,1	2015	1	прогноз
	2	10185,1		2	
	3	10221,7		3	
	4	10273,6		4	

Мета дослідження: провести дослідження заданого сезонного ряду (табл. 1) для отримання достовірного прогнозу чистого доходу ТОВ «Полтава-Капітал».

Методи дослідження: сезонна декомпозиція, аналітичне вирівнювання заданого ряду динаміки за допомогою кривих росту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити сукупність таких послідовних питань: провести згладження ряду (видалити циклічні коливання з часового ряду); визначити вид моделі часового ряду (адитивна чи мультиплікативна); виділити та видалити сезонні коливання із ряду динаміки; визначити вид функції тренду; оцінити параметри тренда та побудувати прогнозну модель, довести адекватність побудованої моделі, визначити на основі побудованої моделі точковий прогноз чистого прибутку на перший квартал 2015 р.

Розвиток економічного явища характеризується часовим рядом, до складу якого входять: основна тенденція, циклічна, сезонна та випадкова складові.

Перевірка наявності тренду заданого часового ряду. Щоб побудувати прогнозну модель чистого доходу підприємства, було перевірено гіпотезу про наявність тенденції досліджуваного процесу. Для цього використано метод рангової кореляції [7, с. 117 – 122].

При використанні вказаного методу було обчислено коефіцієнт рангової кореляції за формулою:

$$r = 1 - \frac{4 \cdot Q}{n \cdot (n-1)}, \quad (1)$$

де Q – число пар рівнів числового ряду, у яких $y_t > y_{t+1}$ ($i = 1, 2, \dots, n-t$) для всіх $t = 1, 2, \dots, n-1$, n – число рівнів ряду.

$$r = 1 - \frac{4 \cdot 8}{12 \cdot (12-1)} = 0,75. \quad (2)$$

Обчислене значення $r > 0$ і наближається до 1, що говорить про наявність додатного тренду.

Видалення циклічної складової з часового ряду. Щоб позбутися циклічної складової можна виконати згладжування заданого ряду динаміки, використовуючи метод ковзної середньої за трьома послідовними його рівнями (рис. 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Рік	Квартали	Номер кварталу	Валовий прибуток	Ряд ковзної середньої	Циклічна складова	Абсолютне відхилення у сезоні (оцінка сезонних коливань)	Виправлене абсолютне відхилення у сезоні (оцінка сезонних коливань)	Ряд з видаленою сезонною компонентою
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	2012	I	1	10198,3			32,16	29,65	10168,65
4		II	2	10225,3	10206,77	18,53			10195,65
5		III	3	10196,7	10191,17	5,53			10167,05
6		IV	4	10151,5	10079,10	72,40			10121,85
7	2013	I	5	9889,1	10075,23	-186,13	-24,58	-27,09	9916,19
8		II	6	10185,1	10098,63	86,47			10212,19
9		III	7	10221,7	10226,80	-5,10			10248,79
10		IV	8	10273,6	10267,17	6,43			10300,69
11	2014	I	9	10306,2	10296,73	9,47	-0,07	-2,57	10308,77
12		II	10	10310,4	10315,03	-4,63			10312,97
13		III	11	10328,5	10333,53	-5,03			10331,07
14		IV	12	10361,7					10364,27
15	2015		13				7,51	0,00	

Рис. 1. Таблиця розрахунків для проведення аналізу та побудови прогнозу чистого доходу ТОВ «Полтава-Капітал»

Щоб визначити вид моделі (адитивна чи мультиплікативна), яка характеризує ряд динаміки, було виділено у ньому циклічну складову за формулою

$$C_t = Y_{t-1} - \%_{t-1}, t = 2, 3, \dots, n-1, \quad (1)$$

де Y_{t-1} – рівні ряду спостереження, $\hat{Y}_{t-1}$ – рівні згладженого ряду. Так як цілісна складова має періодичний характер зміни своїх значень, то заданий ряд динаміки описується адитивною моделлю

$$Y_t = U_t + C_t + V_t + \varepsilon_t, t = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (2)$$

де U_t – тренд ряду динаміки, C_t – циклічна складова ряду динаміки, V_t – сезонна складова ряду динаміки, ε_t – випадкова складова заданого ряду динаміки.

Виділення та видалення сезонної складової з часового ряду. Для цього виконано розрахунки абсолютних відхилень у сезоні – оцінок сезонних коливань. Абсолютне відхилення обчислюється по кожному року, усереднюючи циклічну складову. Для адитивної моделі повинна виконуватися вимога, що сума оцінок сезонних коливань дорівнює нулю

$$\sum_{i=1}^m C_{T_i} = 0, \quad (3)$$

де m – кількість досліджуваних років. За отриманими розрахунками сума таких оцінок дорівнює 7,51 (рис. 1). Так як дана вимога не виконується, то було розраховано виправлені абсолютні відхилення по кожному року та знову знайдено їх суму

$$\sum_{i=1}^m C_{T_s} = \sum_{i=1}^m (C_{T_i} - C_{T_c}) = 0, \quad (4)$$

де C_{T_s} – виправлені абсолютні відхилення по кожному року; C_{T_c} – середні абсолютні відхилення по кожному року. У результаті розрахунків сума виправлених абсолютних відхилень по кожному року дорівнює нулю.

Видалення сезонної складової проводилося шляхом віднімання від рівнів заданого часового ряду відповідної оцінки сезонної складової $Y_t - C_{T_s}$ (рис. 1).

Визначення виду функції тренду. Для вибору кривої зростання у роботі застосували метод характеристик приросту, заснований на використанні окремих характерних властивостей кривих. Процедура вибору кривих з використанням цього методу включає вирівнювання ряду Y_t за допомогою

ковзної середньої за трьома точками та визначення середніх приростів та похідних величин. У відповідності з характером змін середніх приростів та похідних показників вибирається вид кривої зростання [8, с. 537 – 541]. Оскільки у результаті розрахунків відношення $\Delta Y_t / \bar{Y}_t$ є майже постійною величиною для кожного рівня ряду, то за специфікацію тренда у якості моделі вибрано просту експоненту (рис. 2).

J	K	L	M	N	O
Скінчені різніці 1 порядку	Скінчені різніці 2 порядку	Темпи приросту	Тренд, $U=a_0 \cdot a_1^t$	Ряд залишків, $E=Y_t-U$	Поворотні точки
10	11	12	13	14	15
			10095,50	102,80	
-27,00		0,00	10118,03	107,27	1
28,60	-55,60	0,00	10140,60	56,10	0
45,20	-16,60	0,00	10163,22	-11,72	0
205,66	-160,46	-0,02	10185,89	-296,79	1
-296,00	501,66	0,03	10208,62	-23,52	0
-36,60	-259,40	0,00	10231,39	-9,69	0
-51,90	15,30	0,01	10254,21	19,39	0
-8,08	-43,82	0,00	10277,09	29,11	1
-4,20	-3,88	0,00	10300,02	10,38	0
-18,10	13,90	0,00	10322,99	5,51	1
-33,20	15,10	0,00	10346,02	15,68	

Рис. 2. Таблиця розрахунків для визначення виду кривої за методом характеристик приросту

Отже, тенденцію прибутку підприємства можна представити показниковою регресією

$$Y_t = a_0 \cdot a_1^t. \quad (5)$$

Оцінка параметрів тренда та видалення його з часового ряду. Щоб оцінити параметри тренда виконано лінеаризацію рівняння тренда (7).

$$\ln Y_t = \ln a_0 + t \ln a_1. \quad (6)$$

Зроблено заміну: $\ln Y_t = Y_t^*$, $\ln a_0 = a_0^*$, $\ln a_1 = a_1^*$. Отримано наступне рівняння:

$$Y_t^* = a_0^* + a_1^* t. \quad (7)$$

Для оцінки параметрів a_0^* , a_1^* лінійної моделі (7) було використано функцію ЛИНЕЙН середовища Microsoft Excel, а потім за допомогою функції EXP() було оцінено параметри a_0 , a_1 моделі (5).

У результаті обчислень отримано, що $a_1 = 1,002$; $a_0 = 10073,03$. Отже, отримано наступну модель тренда:

$$\hat{Y}_t = 10073,03 \cdot 1,002^t. \quad (8)$$

Для встановлення адекватності отриманої моделі, необхідно визначити залишки (9)

$$\varepsilon_t = Y_t - \hat{Y}_t, \quad (9)$$

де ε_t – залишки; $\hat{Y}_t$ – тренд; Y_t – фактичний ряд динаміки.

Аналіз якості побудованої моделі часового ряду. Щоб побудована модель $\hat{Y}_t$ була адекватною, необхідно, щоб компонента $\varepsilon_t = Y_t - \hat{Y}_t$ ($t = 1, 2, 3, \dots, n$) задовольняла наступним вимогам: рівність нулю математичного сподівання; випадковість виникнення окремих відхилень від тренда; відсутність автокореляції у відхиленні моделі; відповідність ряду залишків нормальному закону розподілення. Усі вимоги повинні виконуватися без винятку [9, с. 83 – 87].

Перевірка рівності нулю математичного сподівання. При дослідженні висунуто основну гіпотезу $H_0 : M_{\varepsilon_t} = 0$, тобто перевірено $\bar{\varepsilon} = 0$ та розраховано випадкову величину Стюдента за формулою

$$t_{кр.} = \frac{|\bar{\varepsilon}|}{S} \sqrt{n}, \quad (10)$$

де S_{ε} – незміщене середньоквадратичне відхилення ряду залишків. За таблицею розподілу Стюдента при $\alpha = 0,05$ (заданому) знайдено $t_{таб.}(\alpha, n)$. Якщо $t_{таб.} > t_{кр.}$, то вважають, що $M_{\varepsilon_t} = 0$, у противному випадку $M_{\varepsilon_t} \neq 0$. Для перевірки цієї вимоги стосовно прийнятого тренда визначено середнє значення залишків $\bar{\varepsilon} = 0,38$, незміщене середньоквадратичне відхилення ряду залишків

$S = 102,56$, випадкову величину Стюдента $t_{розр.} = 0,01$, а також $t_{таб.} = 2,23$.

Оскільки $t_{таб.} > t_{кр.}$, то $M_{\varepsilon_t} = 0$.

Перевірка умови випадковості виникнення окремих відхилень від тренда. Авторами використано метод поворотної точки. Загальне число поворотних точок у ряді залишків дорівнює $p = 4$. Обчислено критичне значення p для критерія випадковості відхилення від тренда за формулою

$$p_{кр.} = \left[\bar{p} - 1,96\sqrt{\sigma_p^2} \right], \quad (11)$$

де $\bar{p} = \frac{2}{3}(n-2)$, $\sigma^2 = \frac{16n-29}{90}$. Якщо виконується нерівність

$$p > p_{кр.}, \quad (12)$$

то трендова модель вважається адекватною. За розрахунками отримано, що $p_{кр.} = -15$, отже, нерівність (12) виконується.

Перевірка наявності або відсутності автокореляції у відхиленні моделі. Наявність автокореляції перевіряється за допомогою критерія Дарбіна – Уотсона:

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

За розрахунками отримано, що $d = 1,42$, $d_1 = 1,08$, $d_2 = 1,36$, а значить $d_2 < d < 2$. Це дає право стверджувати про відсутність автокореляції у залишках та адекватність визначеної моделі.

Відповідність ряду залишків нормальному закону розподілення. Для встановлення такої відповідності використано RS-критерій

$$RS_{снот.} = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}}{S_{\varepsilon}}; \text{ де } S_{\varepsilon} = \sqrt{\sum \varepsilon_t^2 / (n-1)}, \quad (14)$$

який за розрахунками відповідно дорівнює $RS_{снот.} = 3,94$. Табличні дані нижньої та верхньої критичних границь визначеної величини мають відповідно

такі значення: $r_1 = 3,18$, $r_2 = 4,49$. Отже, $r_1 < RS_{\text{сност.}} < r_2$, тобто виконується відповідність ряду залишків нормальному закону розподілення.

Отже, побудована модель визначення чистого доходу ТОВ «Полтава-Капітал» якісна, а значить вона адекватно описує емпіричні дані.

Оцінка адекватності показникового тренда. Для оцінки адекватності отриманої показникової регресії фактичним даним використано критерій Фішера, розрахункове значення якого визначено за формулами:

$$F_p = \frac{\sigma_{\hat{Y}}^2}{S^2}, \quad (15)$$

$$\text{де } S^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_p)^2}{n - m - 1}, \quad \sigma_{\hat{Y}}^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (\hat{Y}_p - \bar{Y}_t)^2}{m}. \quad (16)$$

Отримане значення було порівняно з табличним $F_{(\alpha, k_1, k_2)}$, де $k_1 = m, k_2 = n - m$ (n – число рівнів ряду динаміки, m – кількість параметрів моделі). У результаті проведених обчислень отримали, що $F_p = 4,5$, а $F_{\text{табл.}} = 3,6$. Оскільки $F_p > F_{\text{табл.}}$, то з надійністю $P = 1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$ можна вважати, що побудована математична модель адекватна фактичним даним.

Якість прогнозової моделі визначено за формулою

$$(1 - \frac{\sum \delta_i}{n}) \cdot 100\%, \quad \text{де } \delta_i = \frac{\varepsilon_i^2}{Y_i^2}. \quad (17)$$

За розрахунками якість становить 99,9%.

Визначення точкового прогнозу та його верифікація. За отриманою моделлю (8) побудовано точковий прогноз чистого доходу підприємства на перший квартал 2015 р., який складає 10369,10 млн. грн.

Графічна інтерпретація побудованої моделі часового ряду. За отриманими результатами обчислень побудовано графіки ряду фактичних даних, ряду, очищеного від впливу циклічної та сезонної складової, а також тренду (рис. 3).

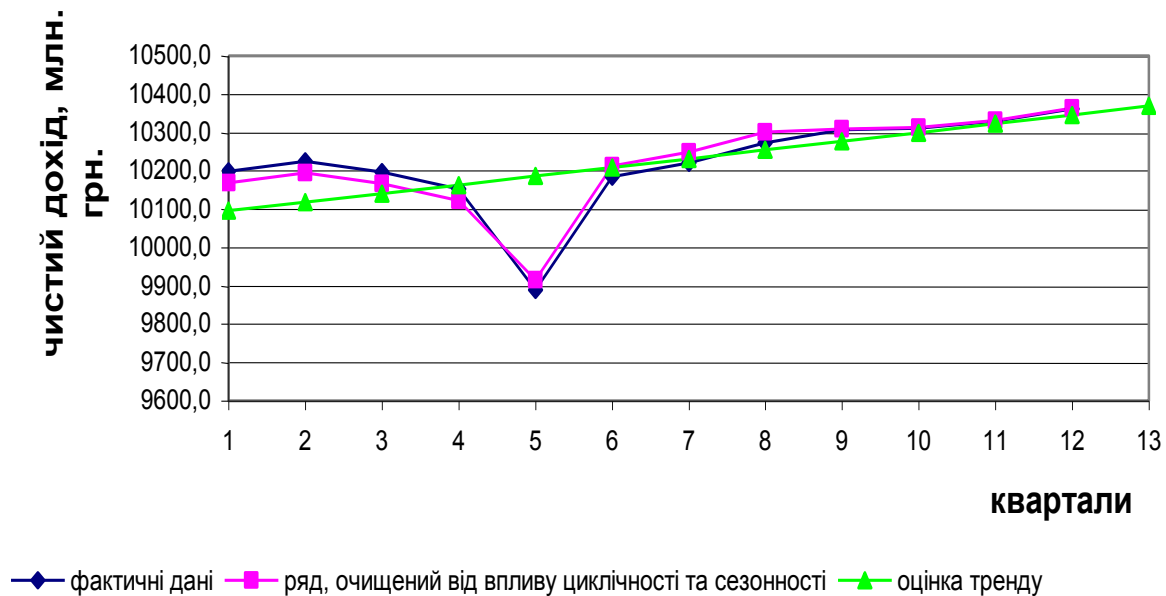


Рис. 3. Графік чистого доходу ТОВ «Полтава-Капітал» за 2012 – 2014 рр. та прогноз чистого доходу на перший квартал 2015 р.

Висновки і пропозиції. На основі статистичних даних побудовано прогнозну модель чистого доходу ТОВ «Полтава-Капітал» виду $\hat{Y}_t = 10073,03 \cdot 1,002^t$.

Проведено аналіз якості побудованої моделі. Модель є адекватною, оскільки усі умови адекватності виконуються: математичне сподівання залишків дорівнює нулю, доведено випадковість залишків моделі, відсутність автокореляції, а також відповідність залишків нормальному закону розподілення.

Оскільки $F_p > F_{табл.}$, то з надійністю $P = 0,95$ можна вважати, що прийнята математична модель $\hat{Y}_t = 10073,03 \cdot 1,002^t$ адекватна експериментальним даним і на основі цієї моделі можна здійснювати економічний аналіз та будувати прогнози.

У результаті застосування алгоритму повного аналітичного дослідження заданого часового ряду отримано достовірний прогноз чистого доходу підприємства.

Представлений алгоритм аналітичного дослідження тренд-сезонних процесів може також бути використаний із навчальною метою при викладанні дисципліни «Прогнозування соціально-економічних процесів».

Література:

1. Халіпова Н.В. Дослідження тренд-сезонних процесів під час аналізу вантажопотоків зовнішньоекономічної діяльності / Н.В. Халіпова, І.Ю. Леснікова // Вісник АМСУ. – 2009. – № 2. – С. 88 – 94.
2. Халіпова Н.В. Порівняльний аналіз прогнозних моделей вантажопотоків зовнішньоекономічної діяльності / Н.В. Халіпова, І.Ю. Леснікова // Вісник АМСУ. Серія : «Технічні науки». – 2010. – № 1. – С. 75 – 85.
3. Ширягіна О.Є. Автоматизація моделей прогнозування прибутку / О.Є. Ширягіна // Актуальні проблеми економіки. – 2009. – № 11 (101). – С. 251 – 263.
4. 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.
5. Редченко К.І. Стратегічний аналіз у бізнесі: навч. посібник / К.І. Редченко. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2003. – 272 с.
6. Головка Т.В. Стратегічний аналіз: навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / Т. В. Головка, С. В. Сагова. – К.: КНЕУ, 2002. – 198 с.
7. 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.
8. Скрильник І.І. Побудова прогнозної моделі прибутку Качанівського ГПЗ ПАТ «Укрнафта» / І.І. Скрильник. Матеріали тез міжнародної конференції

«Нафтогазова енергетика – 2013», 7.10.13 – 11.10.13. Управління, інновації, економіка. Івано-Франківськ, 2013. – С. 537 – 541.

9. Скрильник І.І. Побудова прогнозової моделі валового прибутку підприємства «ХейделбергЦемент Україна» / І.І. Скрильник, Н.О. Шумовська. Матеріали тез міжнародної конференції «Новини наукової думки – 2013», 27.10.13 – 05.11.13. Математичні методи в економіці. – Прага: Publishing House “Education and Science”, 2013. – С. 83 – 87.

Скрильник І.І., Власенко Н.С. Построение прогнозной модели чистой прибыли предприятия сферы обслуживания в Украине

Аннотация. В статье рассматривается построение прогнозной модели чистого дохода предприятия, которое принадлежит сфере обслуживания в Украине, в частности, ООО «Полтава-Капитал». При исследовании и построении качественной модели используются следующие методы: сезонная декомпозиция, аналитическое выравнивание с помощью кривых роста заданного ряда динамики. Полученная прогнозная модель была использована для построения прогноза данного экономического показателя предприятия на будущие периоды.

Skrylnik I.I., Vlasenko N.S. Building a predictive model of net income service businesses in Ukraine

Summary. The article discusses the construction of a predictive model of net profit of the enterprise, which belongs to the service sector in Ukraine, in particular, of «Poltava-Capital». In the study and construction of the following methods qualitative model: seasonal decomposition, analytical alignment with a predetermined number of the dynamics of growth curves. The resulting predictive model was used to construct the forecast of economic indicators of the company for future periods.

Keywords: time series, trend, model, cyclical component of the forecast.

Стаття відправлена: 25.02.2016 р.

© Скрильник І.І., Власенко Н.С.