

ПРОГНОЗУВАННЯ ОБ'ЄМУ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІЗ СЕЗОННИМ ХАРАКТЕРОМ

Анотація. У статті розглядається один із можливих алгоритмів побудови прогнозу виробництва продуктів сільського господарства із сезонним характером.

Ключові слова: часовий ряд, прогнозування, тренд, сезонна компонента, модель.

Summary. This paper is considered one of the possible algorithms for the prediction of agricultural products with the seasonal nature.

Key words: time series, forecasting, trend, seasonal component, model.

Постановка проблеми. Майже в кожній галузі науки зустрічаються явища, які цікаво й важливо вивчати в їхньому розвитку і зміні, тобто в часі. Такі явища і процеси розглядаються в теорії часових рядів. Основною рисою, яка виокремлює аналіз часових рядів серед інших видів статистичного аналізу, є істотність порядку, у якому проводяться спостереження.

Економічне прогнозування є важливим інструментом забезпечення аграрної політики, дозволяє виявити основні тенденції виробництва сільськогосподарської продукції, дає оцінку можливих варіантів розвитку галузі з урахуванням впливу ринку та інших факторів, є необхідною ланкою в системі планування як на федеральному, регіональному, так і на районному рівнях управління.

За роки реформ трансформаційні процеси в економіці України привели до зміни системи принципів, методів, підходів у теорії та практиці прогнозування й планування.

Однак на сьогоднішній день не створена цілісна система прогнозування й планування сільського господарства на всіх рівнях управління. Практично не ведеться прогнозно-планова робота в районах на середньострокову перспективу, а якщо й ведеться, то далеко не на достатньому науково-методичному рівні. У зв'язку із цим розробка наукових основ і практичних рекомендацій із прогнозування розвитку сільського господарства регіону є досить своєчасною та актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У теорію та методологію прогнозування розвитку вітчизняної економіки серед учених найбільш значимий внесок зробили: А. Г. Аганбегян, М. М. Алексеєва, В. О. Базаров, В. І. Борисевич, А. Р. Белоусов, І. В. Бестужев-Лада, В. В. Глушенко, Л. В. Кантарович, Н. Д. Кондратьєв, В. О. Лисичкін, Є. М. Четиркін та ін.

Дослідженням проблем прогнозування й планування сільськогосподарського виробництва присвячені роботи Г. В. Беспяхотного, І. Б. Загай-Това, А. К. Камаліяна, Р. Г. Кравченка,

Є. Н. Крилатих, О. І. Костяєва, В. В. Кузнєцова, А. П. Курносова, К. П. Личко, В. В. Милосердова, А. С. Міндріна, С. Б. Огнівцева, О. В. Петрікова, О. Н. Тарасова, К. С. Тернових, І. Ф. Хищкова, І. Г. Ушачева, Л. П. Яновського та ін.

Докладне обговорення методів аналізу даних, представлених у виді часових рядів, тобто у виді послідовностей вимірів, моментів часу, можна знайти в роботах таких учених, як: Anderson, Бокс і Дженкінс, Kendall, Walker.

Мета статті — показати, як за допомогою часових рядів здійснюється прогноз, яким чином побудована статистична модель часового ряду використовується для вироблення оптимального розв'язання за допомогою простих рекурентних співвідношень.

Виклад основного матеріалу дослідження. У наш час існує багато питань, пов'язаних із розробкою адекватних умовам перехідної економіки прогнозів розвитку сільськогосподарського виробництва, особливо на районному рівні управління, але вони недостатньо вивчені й методично вирішені. Це, насамперед, обґрунтування перспективних параметрів розвитку сільськогосподарського виробництва на рівні району в умовах невизначеності, імовірнісного характеру подій, циклічності розвитку виробництва.

Питання моделювання економічних процесів стоять досить гостро в періоди нестійкого економічного стану підприємств і України в цілому. Застосування методик моделювання дозволяє підвищити ефективність виробництва економічної одиниці, у тому числі підприємств, що працюють у сфері сільського господарства, за рахунок оптимального управління запасами, доходами, витратами у зв'язку з тим, що первинним завданням сільськогосподарського підприємства є максимізація врожаю.

Зокрема, моделі, побудовані на часових рядах, повністю визначають способи прогнозування величин залежно від того, яким чином змінюються зв'язки між окремими рівнями ряду: лінійно, параболічно, експоненційно тощо.

Крім того, побудована на часових рядах модель дозволяє оцінити, як при одержанні прогнозу використовуються дані з минулого, дозволяє визначити дисперсію помилок прогнозу й обчислити межі, у яких із заданою ймовірністю будуть перебувати майбутні значення ряду.

При вивченні багатьох економічних явищ часто використовують щорічні, шоквартальні, шомісячні, щоденні дані. Наприклад, місячна інфляція, місячна заробітна плата, річний ВВП, щоденні курси валют тощо. Ця інформація є часовою вибіркою, яка називається динамічним або часовим рядом.

Динамічним рядом називається сукупність спостережень якого-небудь явища (показника), упорядкована залежно від зростаючих або спадних значень іншого явища (показника, ознаки).

Часовий ряд — це набір значень якого-небудь показника, прив'язаних до послідовних, звичайно рівновіддалених моментів часу.

Основною метою статистичного аналізу часових рядів є вивчення співвідношення між закономірністю та випадковістю у формуванні значень ряду й оцінка кількісного заходу їх впливу. Завданням аналізу ряду в соціально-економічних системах є вивчення структури і класифікація основних факторів, під впливом яких формуються складові елементи часового ряду та його розклад на ці складові. Закономірності, що пояснюють динаміку показника в минулому, використовуються для прогнозування його значень у майбутньому, а облік випадковості дозволяє визначити ймовірність відхилення від закономірного розвитку та його можливої величини [1].

Динаміка багатьох типів часових рядів носить хвилеподібний, поступально-циклічний характер. У деяких рядах періоди швидкого якісного розвитку чергуються з періодами повільного нагромадження кількісних змін. Ця обставина дозволяє описувати подібні часові ряди за допомогою різного типу логістичних кривих, що досить важливо для прогнозування стійкості динамічної траєкторії різних економічних процесів.

Циклічний характер процесів, відбитий у часових рядах, описується цілою низкою методів, що дозволяють аналізувати сезонні коливання, а також більш довгі цикли економічної кон'юнктури.

У нашому дослідженні наведено один із можливих алгоритмів побудови прогнозу об'єму виробництва для продуктів сільського господарства із сезонним характером. Відразу слід зазначити, що перелік таких товарів набагато ширший, ніж здається. Справа в тому, що поняття «сезон» у прогнозуванні застосуємо до будь-яких систематичних коливань, наприклад, якщо мова йде про вивчення товарообігу протягом тижня, під терміном «сезон» розуміється один день. Крім того, цикл коливань може суттєво відрізнятися (як у більший, так і в менший бік) від величини один

рік. І якщо вдається виявити величину циклу цих коливань, то такий часовий ряд можна використовувати для прогнозування з використанням адитивних і мультиплікативних моделей.

Адитивну модель прогнозування можна навести у виді формули:

$$F = T + S + E,$$

де F — прогнозоване значення; T — тренд; S — сезонний компонент; E — помилка прогнозу.

Застосування мультиплікативних моделей обумовлене тим, що в деяких часових рядах значення сезонного компонента становить певну частку трендового значення. Ці моделі можна навести формулою:

$$F = T \cdot S \cdot E.$$

На практиці відрізнити адитивну модель від мультиплікативної можна за величиною сезонної варіації. Адитивній моделі властива практично постійна сезонна варіація, тоді як у мультиплікативній вона зростає або спадає, графічно це виражається в зміні амплітуди коливання сезонного фактора [2].

Для прогнозування об'єму виробництва або продажу, що має сезонний характер, пропонується такий алгоритм побудови прогнозу моделі:

1. Визначається тренд, що якнайкраще апроксимує фактичні дані.

2. Віднімаючи з фактичних значень об'ємів продажів (виробництва) значення тренда, визначають величини сезонного компонента і коректують таким чином, щоб їх сума була рівною нулю.

3. Розраховуються помилки моделі як різниці між фактичними значеннями і значеннями моделі.

4. Будується модель прогнозування.

5. На основі моделі будується остаточний прогноз об'єму продажів (виробництва). Для цього пропонується використовувати методи експонентного згладжування, що дозволяє врахувати можливість майбутню зміну економічних тенденцій, на основі яких побудована трендова модель. Сутність цього виправлення полягає в тому, що воно нівелює недолік адаптивних моделей, а саме: дозволяє швидко врахувати нові економічні тенденції.

$$F_{np\ t} = aF_{\phi\ t-1} + (1 - a)F_{m\ t},$$

де $F_{np\ t}$ — прогнозне значення об'єму продажів (виробництва); $F_{\phi\ t-1}$ — фактичне значення об'єму продажів (виробництва) у попередньому році; $F_{m\ t}$ — значення моделі; a — константа згладжування [3].

Константу згладжування рекомендується визначати методом експертних оцінок як ймовірність збереження існуючої ринкової кон'юнктури, тобто якщо основні характеристики змінюються (коливаються з тою же швидкістю) амплітудою, що й колись, значить, передумов до зміни ринкової кон'юнктури немає, і, отже, $a \rightarrow 1$, якщо навпаки, то $a \rightarrow 0$ [4, с. 46].

Практична реалізація цього методу виявила деякі його особливості:

— для складання прогнозу необхідно точно знати величину сезону. Дослідження показують, що множина продуктів має сезонний характер, величина сезону при цьому може бути різною і коливатися від одного тижня до десяти років і більше;

— застосування поліноміального тренда замість лінійного дозволяє значно скоротити помилку моделі;

— за наявності достатньої кількості даних метод дає гарну апроксимацію і може бути ефективно використаний під час прогнозування об'єму продажів у інвестиційному проектуванні [5].

Вихідними даними для прогнозування було взято об'єми виробництва продукції тваринництва за два сезони. Ця статистика характеризується тим, що значення об'єму продажів мають виражений сезонний характер зі зростаючим трендом. Вихідна інформація наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Об'єми виробництва продукції тваринництва за два сезони

Період	Виробництво м'яса (у живій вазі), тис. т		Період	Виробництво м'яса (у живій вазі), тис. т			
2011	1	січень	14,3	2012	13	січень	8,2
	2	лютий	6,6		14	лютий	7
	3	березень	8,1		15	березень	8,5
	4	квітень	18,4		16	квітень	8,2
	5	травень	6,7		17	травень	4,8
	6	червень	5,9		18	червень	6,5
	7	липень	6,7		19	липень	5,1
	8	серпень	7		20	серпень	5,4
	9	вересень	6,7		21	вересень	6,2
	10	жовтень	12,8		22	жовтень	11,9
	11	листопад	13,1		23	листопад	12,3
	12	грудень	17,8		24	грудень	15,9

Створимо моделі, які описують виробництво продукції тваринництва.

Кількість створюваних моделей визначається методом підбору. При цьому слід враховувати, що більша кількість побудованих моделей дасть можливість вибрати найбільш точну модель, що описує виробництво продукції.

Спочатку нам невідомо, яке з рівнянь трендів дасть найкращий результат, тому на цьому етапі моделювання найдоцільніше використовувати всі лінії тренда, які може будувати програмний продукт MS Excel: лінійний тренд; логарифмічний тренд; поліноміальний тренд; степеневий тренд; експоненціальний тренд.

За коефіцієнтами детермінації видно, що найбільш гарний поліном, а найменш — лінійний тренд. Але оскільки коефіцієнт детермінації не визначає точність всієї моделі, то вибір тренда на цьому етапі ми зробити не можемо.

Рівняння ліній тренда приймають вид, указаний на рис. 1. Отримаємо цифрові значення ліній тренда за кожен місяць. Результати розрахунків наведені в табл. 2.

У випадку, якщо здійснюється не тактичний, а стратегічний аналіз, тобто зібрані дані хоча б за 4 сезони, то сезонна компонента може бути наведена окремими рівняннями, що збільшить точність *S*. Але оскільки вихідні дані є лише за два періоди, то вибір середніх величин в розрахунку сезонних компонент є оптимальним.

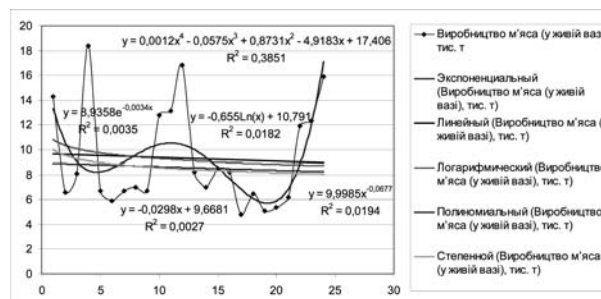


Рис. 1. Лінії тренда

Розраховуємо сезонну компоненту для кожного з рівнянь тренда. Від фактичних даних віднімаємо значення ліній тренда для кожного із сезонів.

За розрахунками видно, що відхилення сезонних коливань моделі з поліноміальним трендом від 0 дуже велике, і стверджувати, що в моделі виявлена сезонність, ми не можемо. А якщо припускати, що сезонність існує, виходячи з економічних міркувань і знань специфіки ринку і товару, то помилка моделі в підсумку зросте. Таким чином, висока точність моделі, що отримана завдяки вибору полінома, буде нейтралізована низькою точністю сезонної компоненти.

За сумою середніх величин видно, що в моделях з лінійним і логарифмічним трендами спостерігається сезонність коливань, тому що сума середніх величин сезонних коливань близька до 0.

Розраховані сезонні компоненти для кожного з рівнянь тренду під час прогнозування просто

Таблиця 2

Значення ліній тренда за кожен місяць

Період	Виробництво м'яса (у живій вазі), тис. т	Експоненціальний тренд	Лінійний тренд	Логарифмічний тренд	Поліноміальний тренд	Степеневий тренд
1	14,3	8,905	9,638	10,791	13,305	9,999
2	6,6	8,874	9,609	10,337	10,621	9,540
3	8,1	8,844	9,579	10,071	9,054	9,282
4	18,4	8,814	9,549	9,883	8,33	9,103
5	6,7	8,784	9,519	9,737	8,2035	8,966
6	5,9	8,755	9,489	9,617	8,463	8,856
7	6,7	8,725	9,46	9,516	8,919	8,764
8	7	8,695	9,43	9,429	9,413	8,686
9	6,7	8,666	9,4	9,352	9,818	8,617
10	12,8	8,636	9,370	9,283	10,033	8,555
11	13,1	8,607	9,340	9,220	9,9865	8,500
12	16,8	8,578	9,311	9,163	9,636	8,450
13	8,2	8,549	9,281	9,111	8,968	8,405
14	7	8,52	9,251	9,062	7,997	8,363
15	8,5	8,491	9,221	9,017	6,767	8,324
16	8,2	8,462	9,191	8,975	5,35	8,287
17	4,8	8,433	9,162	8,935	3,849	8,253
18	6,5	8,405	9,132	8,898	2,392	8,222
19	5,1	8,376	9,102	8,862	1,140	8,191
20	5,4	8,348	9,072	8,829	0,28	8,163
21	6,2	8,319	9,042	8,797	0,029	8,136
22	11,9	8,291	9,013	8,766	0,631	8,111
23	12,3	8,263	8,983	8,737	2,362	8,086
24	15,9	8,235	8,953	8,709	5,524	8,063

переносяться на відповідні місяці прогнозного періоду.

Отримавши 5 сезонних компонент (S) з 5 рівняннями тренду (T), ми можемо розрахувати помилки побудованих моделей.

На підставі розрахованих помилок розрахуємо середньоквадратичне відхилення (СКВ) для кожного із періодів.

Знаходимо середньоквадратичну помилку моделі за формулою:

$$E = \sum O^2 : \sum (T + S)^2,$$

де: T — трендові значення обсягу продажів; S — сезонна компонента; O — відхилення моделі від фактичних значень.

Розрахувавши середнє значення СКВ (табл. 3), отриманих для кожної моделі, розрахуємо точність за формулою:

(точність моделі) = $[1 - (\text{середнє значення СКВ})] * 100$ %.

Точність моделі з експоненціальним трендом дорівнює 97,8 %; точність моделі з лінійним трен-

Таблиця 3

Середньоквадратичне відхилення значень моделі від фактичних даних

Період	СКВ експоненц. моделі	СКВ лінійної моделі	СКВ логарифмічної моделі	СКВ поліноміальної моделі	СКВ степеневі моделі
1	0,0632	0,0631	0,0334	0,0838	0,0686
2	0,0029	0,0029	0,0127	0,9661	0,0001
3	0,0020	0,0020	0,0068	0,0025	0,0000
4	0,1335	0,1333	0,1141	0,0153	0,1733
5	0,0171	0,0169	0,0080	1,2630	0,0590
6	0,0056	0,0056	0,0101	1,0500	0,0003
7	0,0106	0,0105	0,0058	2,2600	0,0505
8	0,0097	0,0095	0,0059	1,4490	0,0477
9	0,0001	0,0001	0,0000	0,5966	0,0147
10	0,0005	0,0005	0,0002	0,2165	0,0063
11	0,0003	0,0003	0,0001	0,1961	0,0056
12	0,0003	0,0003	0,0002	0,1058	0,0038
13	0,0429	0,0672	0,0451	0,2310	0,0249
14	0,0353	0,0033	0,0185	2,1080	0,0750
15	0,0224	0,0022	0,0088	0,3212	0,0385
16	0,1145	0,1407	0,1308	0,2970	0,1067
17	0,0001	0,0192	0,0105	1,1070	0,0007
18	0,0518	0,0063	0,0128	0,4650	0,0666
19	0,0004	0,0118	0,0072	1,2930	0,0017
20	0,0004	0,0106	0,0072	0,8750	0,0011
21	0,0139	0,0001	0,0000	1,1270	0,0165
22	0,0016	0,0005	0,0003	0,0328	0,0018
23	0,0018	0,0003	0,0002	0,0510	0,0020
24	0,0009	0,0003	0,0002	0,0553	0,0009
Середнє значення	0,0222	0,0211	0,0183	0,6737	0,0319

дом дорівнює 97,9 %; точність моделі з логарифмічним трендом дорівнює 98,2 %; точність моделі з поліноміальним трендом дорівнює 32,6 %; точність моделі зі степеневим трендом дорівнює 96,8 %.

Таким чином, високою точністю володіють моделі з експоненціальним трендом, з лінійним трендом, з логарифмічним трендом, зі степеневим трендом (див. рис. 2). Величини отриманих помилок дозволяють говорити, що побудовані моделі добре апроксимують фактичні дані, тобто вони цілком відображають економічні тенденції, що визначають обсяг продажів, і є передумовою для побудови прогнозів високої якості.

Модель з логарифмічним трендом є найбільш точною, тому що її показник точності найбільш високий. Отже, прогноз, зроблений на підставі даних логарифмічної моделі, буде найбільш точним. І тільки на цьому етапі моделювання ми можемо зробити остаточний висновок про перевагу

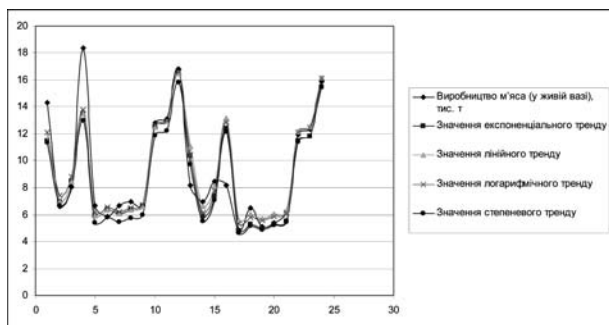


Рис. 2. Моделі, які побудовані на основі різних ліній тренда

моделі. Вибравши модель з логарифмічним трендом, надалі будемо працювати тільки з нею.

Щоб побудувати довірчий інтервал, скористаємося даними СКВ для моделі з логарифмічним трендом (СКВ = 0,0018). Довірчий інтервал прийме вид:

$$(F^*[1 - СКВ]; F^*[1 + СКВ]).$$

Дані такого розрахунку наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Довірчий інтервал для моделі з логарифмічним трендом

F-СКВ	F-СКВ	F-СКВ	F-СКВ	F-СКВ	F-СКВ
11,86901	12,31103	6,604511	6,850469	5,25143	5,446998
7,301331	7,57324	12,37774	12,8387	5,733445	5,946964
8,665731	8,988451	12,70499	13,17814	5,471107	5,674857
13,50259	14,00544	16,27398	16,88003	5,792064	6,007766
6,03835	6,263223	10,21968	10,60027	6,059676	6,285344
6,439882	6,679709	6,05006	6,275369	11,87074	12,31282
6,113188	6,340849	7,63082	7,914999	12,2307	12,68618
6,381263	6,618907	12,61116	13,08081	15,82826	16,41772

Визначивши найбільш точну модель, можемо побудувати прогноз змін виробництва м'яса на 3-й сезон (рис. 3).

Якщо уявити графічно прогноз, розрахований за допомогою обраної моделі, то результати прогнозування приймуть такий вид (табл. 5).

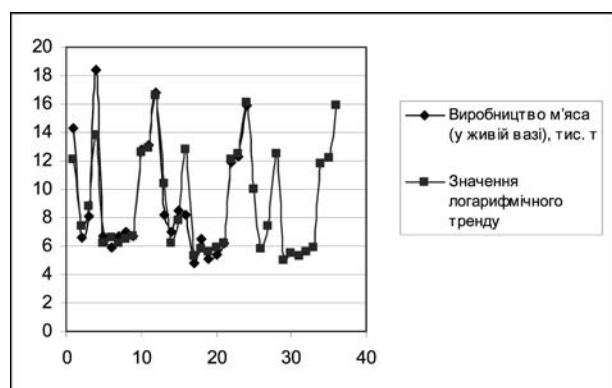


Рис. 3. Прогноз виробництва м'яса в третьому сезоні

Таблиця 5

Розрахунок прогнозних значень моделі з логарифмічним трендом

Період	Логарифмічний тренд	Сезонна компонента	Довірчий інтервал	
			-	+
25	1,299	9,981636	9,799171	10,1641
26	-2,8997	5,757247	5,652004	5,86249
27	-1,2443	7,387927	7,252875	7,522979
28	3,871	12,47941	12,25128	12,70753
29	-3,586	4,999421	4,908031	5,090811
30	-3,0576	5,505616	5,404973	5,606259
31	-3,2894	5,252338	5,156325	5,348352
32	-2,929	5,591943	5,489722	5,694164
33	-2,6243	5,876488	5,769065	5,98391
34	3,3254	11,80663	11,59081	12,02246
35	3,72212	12,18437	11,96164	12,4071
36	7,4136	15,8574	15,56752	16,14727

Висновки. Отже, при моделюванні господарського процесу завжди необхідно будувати декілька моделей, щоб порівняти результати. І якщо при побудові прогнозу на 1 рік можна скористатися середніми величинами при визначенні сезонних коливань, то при створенні стратегічного плану необхідні більш точні моделі, а значить — більш складні методи. Поліном використовувати в моделюванні господарських процесів вкрай ризиковано, тому що, незважаючи на високу точність трендової компоненти, можна отримати спотворені дані. Визначити точність моделі можна тільки після розрахунку і тренда, і сезонної компоненти. У розглянутому прикладі вибір логарифмічного тренда більш переважний, ніж вибір полінома. Необхідний додатковий аналіз зовнішнього середовища для побудови більш адекватної моделі (з використанням експоненціального згладжування).

Таким чином, прогнозування й планування можна визначити як систему, що включає виконання розробок: гіпотези, прогнозу, концепції, програми, плану із широким використанням формалізованих методів та їхньою комбінацією, застосуванням багатofакторних моделей, здатних відбити в перспективі нерівномірність економічної динаміки, забезпечуючи при цьому точність і надійність прогнозів і планів.

Прогнозування сільськогосподарського виробництва має свої особливості, які визначаються кліматичними умовами і, відповідно, складністю прогнозування врожайності та продуктивності, особливості, обумовлені технологією виробництва, розміщенням трудових, виробничих і земельних ресурсів, досить складною системою взаємозв'язків сільськогосподарського виробництва з іншими галузями матеріального виробництва. Тому велику значимість у визначенні перспектив розвитку сільськогосподарського виробництва має економіко-математичне моделювання.

Література

1. Домбровский В. В. Математическая модель управления запасами при случайном сезонном спросе и ненадежных поставщиках / В. В. Домбровский, Е. В. Чаусова // Вестник томского государственного университета. — 2000. — № 271. — С. 141–146.
2. Момот В. М. Решение задачи прогнозирования товара с сезонным характером продаж / В. М. Момот, Г. Г. Тевзадзе // Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі: проблеми теорії та практики. — 2008. — № 3. — С. 118–124.
3. Алгоритм прогнозирования объема продаж в MS Excel — Теория и практика финансового анализа [Электронный ресурс] // Корпоративный менеджмент. — 2010. — Режим доступа : http://www.cfin.ru/finanalysis/sales_forecast.shtml.
4. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования / Е. М. Четыркин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Статистика, 1997. — 75 с.
5. Временные ряды и прогнозирование [Электронный ресурс] // Анализ моделей с аддитивной компонентой. — 2009. — Режим доступа : http://sider.home.nov.ru/book/side2/ch9_3.htm.