

17. История бухгалтерского учета [Электронный ресурс] / Режим доступу: <http://www.mskbuh.ru/PDF/history.pdf>
18. Бухгалтерский учет: первые учетные записи [Электронный ресурс] / Режим доступу: <http://bara.ru/1/1.html>
19. [Электронный ресурс] / Режим доступу: <http://www.bbest.ru/teorfin/finkontr/razaydkontr/>
20. [Электронный ресурс] / Режим доступу: <http://www.i-u.ru/demosubject.aspx?id=128>
21. Щедров В. И., Севастьянова Е. В. Трансформация системы бухгалтерского учета в Российской Федерации для повышения инвестиционной привлекательности субъектов предпринимательской деятельности. — М.: Наука и экономика, 1998. — 120 с.
22. Моценко Н. П. Международные стандарты учета и финансовой отчетности. — М.: Финансы и статистика, 2007. — 272 с.
23. Олійник О. В. Міжнародні стандарти бухгалтерського обліку. — К.: Українська консалтингова мережа. — 56 с.
24. Вікіпедія [Электронный ресурс] / Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/МСФО>
25. Міжнародна федерація бухгалтерів. IFAC [Электронный ресурс] / Режим доступу: [Электронный ресурс] / Режим доступу: <http://proaudit.com.ua/federacii/m-zhnarodna-federacuya-buxgalter-v.html>
26. Міжнародні стандарти з бухгалтерського обліку для державного сектору [Электронный ресурс] / Режим доступу: <http://www.minfin.gov.ua/document/81042/B2.pdf>
27. Международные стандарты финансовой отчетности [Электронный ресурс] / Режим доступу: <http://www.cfin.ru/ias/overview-2.shtml>
28. Голов С. Ф., Костюченко В. М. Бухгалтерський облік та фінансова звітність за міжнародними стандартами: Практичний посібник. — К.: Лібра, 2004. — 880 с.

Надійшла до редакції: 11.01.2010

УДК 519.233.5 : 631.559

*П. М. Грицюк, канд. фіз.-мат. наук, здобувач,  
Національний університет водного  
господарства та природокористування*

### МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ МЕТЕОФАКТОРІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Робота присвячена побудові регресійних прогностичних моделей врожайності для областей України. В якості регресорів використано місячні значення сум опадів та середньодобових температур. Проведено порівняння точності регресійних моделей та моделей річної завчасності, побудованих раніше на підґрунті часових рядів врожайності озимої пшениці.

Робота посвящена построению регрессионных прогностических моделей урожайности для областей Украины. В качестве регрессоров использованы месячные значения сумм осадков и среднесуточных температур. Проводится сравнение точности регрессионных моделей и моделей годичной заблаговременности, построенных ранее на базе временных рядов урожайности озимой пшеницы.

This work is devoted to the construction of the yield regression forecast models for regions of Ukraine. As regressors rainfall and average daily temperatures monthly values are used. A comparison of the precision of regression models and other models previous annual, built on the base of yield time series of winter wheat is made.

**Ключові слова:** часові ряди врожайності, прогнозування, кореляційний аналіз, регресійна модель.

**Ключевые слова:** временные ряды урожайности, прогнозирование, корреляционный анализ, регрессионная модель.

**Keywords:** yield time series, forecasting, correlation analysis, regression model.

Прогнозування врожайності має важливе народногосподарське значення, оскільки дозволяє вирішувати задачі запобігання економічних втрат при неврожаях та високих врожаях, планування об'ємів та структури майбутніх посівів, оптимізації об'ємів та структури резервних фондів і запасів [1]. У роботах [2, 3] нами були розроблені ефективні прогностичні моделі річної і більшої завчасності, побудовані на основі аналізу часових рядів врожайності. Не викликає сумніву вплив метеорологічних факторів на майбутню врожайність [4]. Аналізу цього впливу та спробам побудови моделей врожайності, які враховують вплив метеофакторів присвячена дана робота. Вихідними даними служать часові ряди середньої врожайності озимої пшениці для областей України (дані Держкомстат України), місячні значення сум опадів та сум середньодобових температур за даними метеостанцій, розташованих на території відповідних областей України (дані взяті з сайту: <http://pogoda.ru.net>) за період 1991–2008 рр.

**1. Кореляційний аналіз.** Для оцінки впливу метеорологічних факторів на врожайність необхідно провести кореляційний аналіз зв'язку між цими факторами і врожайністю. Вегетаційний процес озимої пшениці починається у вересні, триває у жовтні (осінній період) і продовжується протягом квітня, травня та червня (весняно-літній період). Введемо позначення метеорологічних факторів:  $R_4$  — кількість опадів у квітні,  $T_4$  — сума середньодобових температур у квітні,  $R_5$  — кількість опадів у травні,  $T_5$  — сума температур у травні,  $R_6$  — кількість опадів у червні,  $T_6$  — сума температур у червні,  $R_9$  — кількість опадів у вересні,  $T_9$  — сума температур у вересні,  $R_{10}$  — кількість опадів у жовтні,  $T_{10}$  — сума температур у жовтні.

Довжина періоду спостережень становить 18 років. Ми можемо визначити відповідні коефіцієнти кореляції для всього періоду спостережень, або ж вибрати більш короткий період і, застосувавши метод ковзного часового вікна, прослідкувати динаміку зміни відповідного коефіцієнта. При цьому кількість спостережень повинна бути достатньою для забезпечення стійкості коефіцієнта кореляції. Це означає, що при пересуванні часового вікна фіксованої довжини на 1 рік вперед значення коефіцієнта кореляції повинно змінюватися незначним чином. Крім того, мала довжина ряду спостережень може спричинити недостатню статистичну значущість коефіцієнта кореляції. Значущість лінійного коефіцієнта кореляції  $r$  визначається порівнянням фактичного значення  $t$ -критерію Стьюдента:

$$t_r = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2} \quad (1)$$

з його табличним значенням при  $df = n - 2$  ступенях свободи ( $n$  — кількість спостережень) [5]. При рівні значимості  $\alpha = 0,05$  критичне значення коефіцієнта кореляції  $r$  становить 0,63 для 10 спостережень, 0,53 для 14 спостережень, 0,47 для 18 спостережень. Для об'єктивної оцінки середньої похибки прогнозної регресійної моделі необхідно побудувати прогнози для ряду послідовних років і порівняти отримані прогностичні значення з фактичними значеннями врожайності за ці роки. Тому довжина часового інтервалу, який використовується для побудови регресійної моделі, повинна бути меншою від 18 років. Враховуючи всі викладені міркування було вирішено вибрати довжину базової ділянки 14 років. Як видно з рис. 1, така кількість спостережень забезпечує достатню стійкість коефіцієнта кореляції щодо часових зрушень. Значення лінійного коефіцієнта кореляції між середньообласним значенням врожайності та місячними значеннями метеофакторів наведені у табл. 1. Відзначимо, що для вересня і жовтня коефіцієнт кореляції розраховувався між біжучою врожайністю та значеннями метеофакторів за минулий рік.

Таблиця 1

**ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ СЕРЕДНЬООБЛАСНИМ ЗНАЧЕННЯМ  
ВРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ТА МІСЯЧНИМИ ЗНАЧЕННЯМИ МЕТЕОФАКТОРІВ**

		R4	T4	R5	T5	R6	T6	R9	T9	R10	T10
1	Луганська	0,33	-0,28	0,00	0,05	0,34	-0,45	0,37	-0,22	-0,37	-0,42
2	Донецька	0,24	0,01	0,36	-0,28	0,15	-0,27	0,00	-0,32	-0,06	-0,21
3	Харківська	-0,17	-0,15	0,37	-0,12	0,14	-0,34	-0,01	-0,49	-0,22	-0,38
4	Запорізька	0,28	0,07	0,44	-0,55	0,62	-0,22	-0,01	-0,42	-0,23	-0,12
5	Дніпропетровська	0,02	0,09	0,67	-0,47	0,31	-0,36	0,10	-0,38	-0,36	-0,01
6	АР Крим	0,04	0,12	0,10	-0,60	0,28	-0,16	-0,41	-0,09	0,25	0,27
7	Сумська	0,31	-0,10	0,24	-0,34	0,30	-0,16	-0,23	-0,20	0,16	-0,16
8	Полтавська	-0,08	-0,02	-0,07	-0,27	-0,05	-0,09	-0,11	-0,23	0,10	-0,02
9	Херсонська	0,32	0,05	0,20	-0,67	0,28	-0,25	0,12	-0,34	-0,05	0,12
10	Кіровоградська	0,05	0,09	0,56	-0,53	0,24	-0,38	0,05	-0,23	-0,23	0,23
11	Чернігівська	-0,27	-0,19	0,01	-0,24	-0,05	-0,32	-0,07	0,01	0,10	-0,07
12	Миколаївська	0,20	0,03	0,46	-0,69	0,24	-0,37	0,08	-0,17	-0,14	0,20
13	Черкаська	-0,20	0,01	0,27	-0,43	0,21	-0,39	0,11	-0,34	-0,36	0,03
14	Київська	0,36	-0,09	-0,02	-0,25	0,12	-0,36	0,12	-0,09	-0,20	-0,23
15	Одеська	0,04	0,01	0,53	-0,68	0,30	-0,44	0,13	-0,38	-0,11	0,07
16	Вінницька	0,38	-0,16	0,36	-0,40	0,30	-0,32	0,11	-0,19	-0,24	-0,04
17	Житомирська	0,11	0,08	0,19	-0,48	0,06	-0,12	-0,16	0,28	-0,16	-0,11
18	Хмельницька	0,21	-0,21	0,34	-0,29	-0,18	-0,04	0,27	-0,07	0,10	-0,31
19	Рівненська	-0,25	-0,06	0,19	-0,32	0,37	-0,31	0,27	0,23	0,18	-0,19
20	Чернівецька	0,12	-0,24	0,59	-0,57	0,21	-0,30	-0,06	0,14	-0,06	-0,13
21	Тернопільська	-0,15	-0,44	0,30	-0,28	-0,29	-0,14	0,27	0,13	0,31	-0,22
22	Волинська	-0,05	-0,21	-0,08	-0,29	-0,12	-0,36	0,05	0,23	0,32	-0,36
23	Ів-Франківська	-0,61	-0,27	-0,18	-0,35	-0,26	-0,34	0,28	0,25	0,36	-0,24
24	Львівська	-0,24	-0,36	0,16	-0,24	-0,35	-0,26	0,48	0,28	0,42	-0,31
25	Закарпатська	-0,40	-0,37	0,28	-0,16	0,10	-0,30	0,30	-0,32	0,42	-0,05
	Середнє «схід»	0,08	-0,01	0,29	-0,44	0,22	-0,29	-0,01	-0,26	-0,09	-0,02
	Середнє «захід»	-0,05	-0,21	0,21	-0,36	-0,03	-0,24	0,17	0,14	0,14	-0,21
	Географічна кореляція	-0,50	-0,57	-0,17	0,01	-0,60	0,07	0,46	0,69	0,62	-0,16

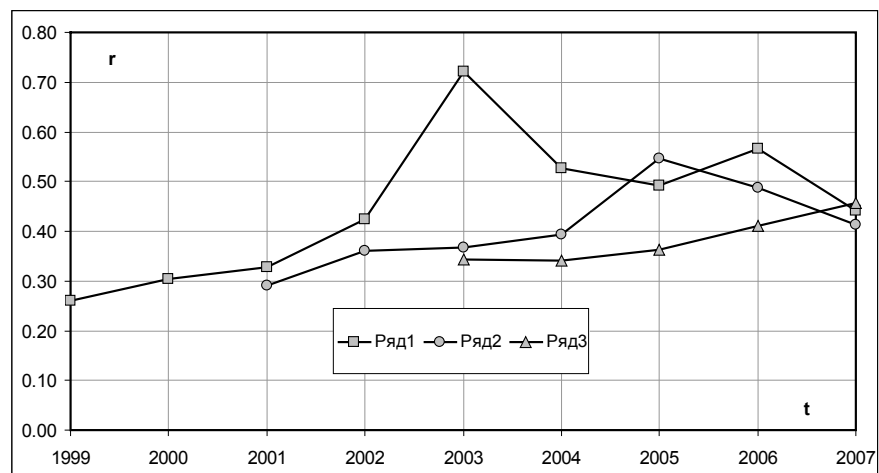


Рис. 1. Динаміка коефіцієнта кореляції між врожайністю озимої пшениці (Вінницька область) та місячною сумою опадів за травень:  
ряд 1 — довжина розрахункової бази 10 років; ряд 2 — довжина бази 12 років;  
ряд 3 — довжина бази 14 років.

Зауважимо, що порядок розташування областей у табл. 1 відповідає напрямку «схід–захід». Іншими словами, таблиця відсортована за спаданням значення географічної довготи центроїда відповідної області. У роботі [1] була встановлена географічна залежність типу коливності врожайності. Дослідження показали, що по мірі просування на схід збільшується роль регулярних коливань врожайності, тоді як для західних областей тип коливності є близьким до випадкового. Є підстави вважати, що вплив окремих метеофакторів теж буде відчувати подібний ефект. Для виявлення впливу географічного фактора на роль метеофакторів у врожайності нами був розрахований коефіцієнт кореляції між порядковими номерами областей у таблиці і значеннями відповідного метеофактора (останній рядок табл.1). В результаті ми отримали висновок, що вплив параметрів  $R4$ ,  $T4$ ,  $R6$ ,  $R9$ ,  $T9$ ,  $R10$  на врожайність озимої пшениці має географічний тренд. Відповідні значення коефіцієнтів кореляції становлять:  $r(R4) = -0,50$ ;  $r(T4) = -0,57$ ;  $r(R6) = -0,60$ ;  $r(R9) = 0,46$ ;  $r(T9) = 0,69$ ;  $r(R10) = 0,62$ . Критичне значення коефіцієнта кореляції при  $\alpha = 0,05$ ;  $n = 25$  становить  $r = 0,40$ . Умовно розділивши всі області на дві групи «схід» і «захід», ми визначили середнє значення коефіцієнта кореляції для кожної з груп (нижня частина табл. 1). До першої групи ми віднесли всі області, які наведені у таблиці під номерами 2 — 15 (від Донецької до Одеської). До другої групи були віднесені області з номерами від 16 (Вінницька) до 24 (Львівська). Луганську і Закарпатську області ми не відносили до жодної з груп, оскільки їх кореляційні характеристики помітно відрізняються від характеристик сусідніх областей. Будемо називати ті метеофактори, які є статистично значущими і позитивно (негативно) корелюють із врожайністю позитивними (негативними), а ті фактори, коефіцієнт кореляції яких із врожайністю не є статистично значущим — нейтральними. Аналізуючи табл. 1, можна зробити наступні висновки щодо ролі кожного з метеофакторів.

1. Для досягнення високої врожайності озимої пшениці у західних областях квітень повинен бути прохолодним, тобто  $T4$  є негативним метеофактором; для східних це не є важливим ( $T4$  — нейтральний метеофактор).

2. Опади у червні є позитивним фактором для східних областей і нейтральним фактором для західних областей.

3. Опади у вересні є позитивним фактором для західних областей і нейтральним фактором для східних областей.

4. Теплий вересень є позитивним фактором для західних і негативним фактором для східних областей.

5. Опади у жовтні є позитивним фактором для західних областей і негативним фактором для східних областей.

6. Теплий жовтень є негативним фактором для західних областей і нейтральним фактором для східних областей.

Фактори  $R5$ ,  $T5$ ,  $T6$ ,  $T10$  не мають географічного тренду. Це означає, що вони є однаково важливими для всіх областей України. Для всіх областей важливо щоб травень був прохолодним і помірно дощовим; червень і жовтень теж повинні бути прохолодними.

Для ряду областей таких як Запорізька, Дніпропетровська, Кіровоградська, АР Крим, Херсонська, Миколаївська, Одеська, Чернівецька, Івано-Франківська вплив метеофакторів є дуже помітним. Всі ці області належать до південної частини України. Для інших областей, таких як Донецька, Полтавська, Сумська, Київська, Чернігівська, Хмельницька, Рівненська, Волинська, метеофактори є слабким чинником врожайності.

**2. Економетричні методи прогнозування врожайності.** Найчастіше для короткострокового прогнозування часових рядів використовують стандартні економетричні методи. У цьому випадку часовий ряд представляється у вигляді функції від невеликої кількості впливаючих чинників і випадкової гауссової добавки, яка інтегрує вплив всіх випадкових чинників. Технологія такого прогнозу зазвичай містить три етапи: на першому визначаються істотні чинники, від яких залежить досліджу-

ваний фактор (для цього використовуються стандартні методи дисперсійного і кореляційного аналізу), на другому отримана модель перевіряється на нормальність і незалежність залишків (ці властивості залишків необхідні для коректної оцінки довірчого інтервалу прогнозу), а на третьому робиться оцінка якості прогнозу (зазвичай як критерій якості використовується оцінка дисперсії похибки прогнозу [6]). У цій області розроблено досить багато моделей, які використовують як зовнішні по відношенню до часового ряду чинники (наприклад, кліматичні фактори) так і минулі значення часового ряду, або його похідних (наприклад, моделі ARIMA, ARCH, GARCH).

При відборі факторів необхідно перевіряти вимогу про відсутність кореляції між цими факторами [5]. Слід пам'ятати, що перевага віддається не фактору, який найбільш тісно зв'язаний з результуючою ознакою, а фактору, який при достатньо тісному зв'язку з результатом має найменшу тісноту зв'язку з іншими факторами. Основою відбору факторів виступає матриця парних коефіцієнтів кореляції між потенційними факторами та результуючою ознакою.

**3. Модель парної регресії.** Розглянемо методіку побудови регресійної моделі врожайності на прикладі Кіровоградської області. В табл. 2 представлено значення парного коефіцієнта кореляції між найбільш важливими метеофакторами та врожайністю озимої пшениці розраховані для базового періоду 14 років. Розрахунки виконувалися для часових відрізків 1992–2005 рр., 1993–2006 рр., 1994–2007 рр., а потім усереднювалися.

Таблиця 2

**ЗНАЧЕННЯ ПАРНОГО КОЕФІЦІЄНТА КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ МІСЯЧНИМИ  
ЗНАЧЕННЯМИ МЕТЕОФАКТОРІВ ТА ВРОЖАЙНІСТЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ**

	Y	R5	T5	T6	T9	R10	T10
Y	1,00	0,55	-0,54	-0,38	-0,21	-0,23	0,23
R5	0,55	1,00	-0,58	-0,38	-0,44	-0,31	0,14
T5	-0,54	-0,58	1,00	0,01	0,12	-0,07	-0,09
T6	-0,38	-0,38	0,01	1,00	0,30	0,34	-0,12
T9	-0,21	-0,44	0,12	0,30	1,00	0,29	0,42
R10	-0,23	-0,31	-0,07	0,34	0,29	1,00	-0,49
T10	0,23	0,14	-0,09	-0,12	0,42	-0,49	1,00

Найбільший вплив на врожайність виявляють параметри *R5* (сума опадів за травень) та *T5* (середньомісячна температура за травень). Але між цими параметрами є сильна кореляція ( $R = -0,58$ ). Тому обидва параметри включати в модель небажано. Параметр *T5* виявляє меншу кореляцію з іншими проаналізованими параметрами. Саме тому йому слід віддати перевагу. Розглянемо модель парної регресії «врожайність — середня температура за травень». Введемо наступні позначення:  $y$  — врожайність озимої пшениці,  $x$  — сума добових температур за травень (*T5*). Побудуємо математичну модель у вигляді рівняння лінійної парної регресії:

$$y = a_0 + a_1x + \varepsilon. \quad (2)$$

Проведемо розрахунок використовуючи електронні таблиці MS Excel. Для отримання прогнозного значення врожайності  $Y^*$  ми використали функцію ТЕНДЕНЦІЯ. Оцінка параметрів моделі для відрізка 1994–2007 рр. була отримана за

допомогою функції ЛИНЕЙН. Значення коефіцієнтів регресії:  $a_0 = 66,22$ ;  $a_1 = -2,44$ . Стандартні помилки цих коефіцієнтів  $ma_0 = 14,57$ ;  $ma_1 = 0,93$ . Значення  $t$ -критерію коефіцієнтів становлять  $ta_0 = 4,54$ ;  $ta_1 = 2,64$ . Табличне значення  $t$ -критерію при  $\alpha = 0,05$ ;  $df = n - 2 = 12$  становить  $t_0 = 2,18$ . Отже, обидва коефіцієнти є статистично значущими. Значення коефіцієнта детермінації  $R^2 = 0,37$ . Це означає, що 37 % варіації врожайності озимої пшениці у Кіровоградській області залежать від фактора Т5. Значення  $F$ -критерію  $F = 6,94$ , табличне значення  $F$ -критерію при  $\alpha = 0,05$  становить  $F_{табл} = 4,75$ . Оскільки  $F_{факт} > F_{табл}$ , можна зробити висновок про значущість рівняння регресії.

$$y = 66,22 - 2,44x, \quad (3)$$

отримуємо прогнозне значення врожайності для 2008 року  $Y^* = 32,25$  (цн/га). Фактичне значення врожайності  $Y = 39,8$  (цн/га). Для об'єктивної оцінки похибки прогнозу виконаємо аналогічні розрахунки для часових інтервалів 1991–2004 рр., 1992–2005 рр., 1993–2006 рр. Отримані прогнозні значення врожайності наведені поряд з фактичними на рис. 2. Параметри всіх чотирьох моделей усереднимо. Отримуємо усереднене значення коефіцієнта детермінації  $R^2 = 0,28$ , усереднене значення  $F$ -критерію  $F = 4,84$ . Значення усередненої похибки прогнозу становить 14,3 %. Це досить висока точність. Для порівняння вкажемо, що найкраща точність отримана при прогнозуванні з горизонтом 1 рік становить 27 % [1]. Недоліком побудованої прогнозної моделі є малий горизонт прогнозування — 2 місяці. Скорочення бази моделі до 10 років веде до погіршення якості моделі і точності прогнозу. Так для періоду 1998–2007 рр. отримуємо значення  $F$ -критерію  $F = 4,41$  (табличне значення  $F_{табл} = 5,32$ ); середня похибка прогнозу 27,4 %.

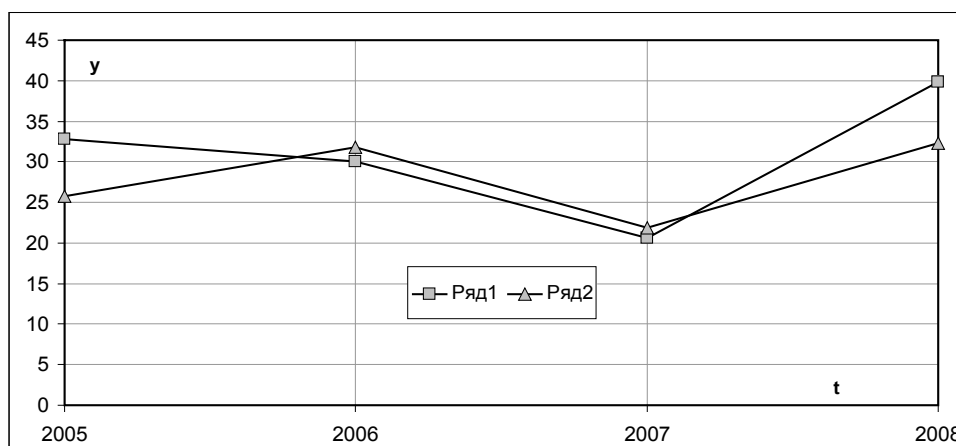


Рис. 2. Динаміка врожайності озимої пшениці для Кіровоградської області: ряд 1 — фактичні значення, ряд 2 — модель парної регресії. База розрахунків — 14 років

**4. Оцінка якості моделі.** Оцінити адекватність моделі дозволяє аналіз залишків моделі (випадкової компоненти  $\varepsilon$ ). Модель вважається адекватною до досліджуваного процесу, якщо:

- а) математичне сподівання значень ряду залишків є близьким до нуля;
- б) значення ряду залишків є випадковими;
- в) значення ряду залишків є незалежними;
- г) значення ряду залишків підкоряються нормальному закону розподілу.

Проілюструємо методику тестування вказаних критеріїв для парної регресійної моделі врожайності Кіровоградської області (1994–2007 рр.) (табл. 3):

- а) середнє значення ряду залишків  $e = 0,00$ ;

б) згідно з критерієм Кендела [7] кількість поворотних точок для випадкового ряду довжиною  $n = 14$  визначається співвідношенням:

$$P = 2 \cdot (n - 2) / 3 = 8. \quad (4)$$

Точка вважається поворотною, якщо відповідний рівень ряду є більшим від попереднього і наступного рівнів, або ж є меншим від них обох. Стандартне відхилення для цього критерію визначається співвідношенням

$$mP = 2 \cdot \sqrt{(16n - 29) / 90} = 2,94. \quad (5)$$

Таблиця 3

ОЦІНКА АДЕКВАТНОСТІ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ  
ДЛЯ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

	$x$	$y$	$y^*$	$e_i$	$e_i^2$	$e_i^*e_{i-1}$
1994	13,5	32,2	33,22	1,04	1,08	
1995	14,6	31,6	30,53	-1,07	1,14	4,43
1996	18,9	23,5	20,02	-3,48	12,08	5,81
1997	15,9	28,2	27,36	-0,84	0,71	6,93
1998	14,7	27,7	30,29	2,59	6,71	11,79
1999	12,8	24,4	34,93	10,53	110,97	63,11
2000	14,9	18,2	29,80	11,60	134,59	1,14
2001	13,3	41,9	33,71	-8,19	67,04	391,61
2002	16,3	38,2	26,38	-11,82	139,73	13,20
2003	19,6	7,5	18,31	10,81	116,92	512,30
2004	13,5	37,7	33,22	-4,48	20,04	233,79
2005	16,7	32,8	25,40	-7,40	54,74	8,54
2006	14,4	30,0	31,02	1,02	1,05	70,93
2007	18,8	20,6	20,27	-0,33	0,11	1,84
сума				0,00	666,31	1325,39

Фактична кількість поворотних точок є 6 і це число входить в інтервал  $\left[|P - mP|; |P + mP|\right]$ . Властивість випадковості виконується;

с) згідно з критерієм Дарбіна–Уотсона [5] розраховуємо значення параметра

$$d = \frac{\sum_{t=2}^N (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^N e_t^2} = \frac{1325,39}{666,31} = 1,99. \quad (6)$$

Отримана величина порівнюється з двома табличними рівнями: нижнім —  $d_1 = 1,05$  і верхнім —  $d_2 = 1,35$ . Згідно з критерієм Дарбіна–Уотсона ряд залишків є незалежним (автокореляція відсутня);

d) відповідність ряду залишків нормальному розподілу найпростіше перевірити за допомогою RS-критерію [5]:

$$RS = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{S}, \quad (7)$$

де  $e_{\max}$  — максимальне значення ряду залишків;  $e_{\min}$  — мінімальне значення ряду залишків;  $S$  — середньоквадратичне відхилення значень ряду залишків. Якщо розраховане значення попадає між табульованими межами з заданим рівнем імовірності, то гіпотеза про нормальний розподіл не відхиляється. Для нашого прикладу  $e_{\max} = 11,60$ ;  $e_{\min} = -11,82$ ;  $S = 7,16$ ;  $RS = 3,27$ . Нижня таблична межа 2,92, верхня таблична межа 4,09. Отже гіпотеза про нормальний розподіл залишків не відхиляється.

Критерій дисперсії похибки підтверджує хорошу якість прогновної моделі (стандартне відхилення похибки 7,16 вдвоє менше від стандартного відхилення різниць врожайності 14,94). Отже, за сукупністю критеріїв можна зробити висновок, що парна регресійна модель адекватно описує динаміку врожайності озимої пшениці для Кіровоградської області.

**5. Результати моделювання для всіх областей України.** Спробуємо покращити якість регресійної моделі для Кіровоградської області шляхом включення нових параметрів. Розглянемо модель множинної регресії  $y = y(T5, T6)$ . Введення параметра  $R5$  є небажаним через сильну кореляцію з  $T5$ . Введемо наступні позначення:  $y$  — врожайність озимої пшениці,  $x_1$  — сума середньодобових температур за травень ( $T5$ ),  $x_2$  — сума середньодобових температур за червень ( $T6$ ). Побудуємо математичну модель у вигляді рівняння лінійної множинної регресії:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \varepsilon. \quad (8)$$

Розглянемо реалізацію даної моделі для відрізка 1994–2007 рр. Значення коефіцієнтів регресії:  $a_0 = 92,88$ ;  $a_2 = -2,28$ ;  $a_1 = -1,55$ . Значення  $t$ -критерію коефіцієнтів становлять  $ta_0 = 3,80$ ;  $ta_2 = 2,51$ ;  $ta_1 = 1,33$  (табличне значення  $t_0 = 2,18$ ). Значення коефіцієнта детермінації  $R^2 = 0,46$ , значення  $F$ -критерію  $F = 4,59$  (табличне значення  $F_{\text{табл}} = 3,88$ ). Середнє значення похибки прогнозу — 14,9 %). Введення нового фактора покращує якість регресійної моделі не впливаючи помітно на її точність.

Аналогічним чином прогнозні регресійні моделі були побудовані нами для всіх областей України. Результати моделювання наведено в табл. 4. Для кожної області ми вибирали оптимальну модель з шести можливих варіантів: модель з 1 параметром, модель з 2 параметрами, модель з 3 параметрами, модель з вільним членом  $a_0$ , або без нього. Включення додаткових факторів зазвичай веде до покращення якості моделі, але прогнозна точність при цьому зменшується. У випадку, коли доводилося вибирати між якістю моделі та її точністю, ми віддавали перевагу моделі з високою точністю при допустимій якості. Найкращі результати регресійне моделювання показало для Полтавської, Кіровоградської, Миколаївської, Київської, Одеської областей. У табл. 4 наведено результати регресійного моделювання врожайності озимої пшениці для всіх областей України.

**6. Висновки.** Нами проведений кореляційний аналіз впливу метеорологічних факторів на врожайність озимої пшениці в розрізі областей України. Найважливішим етапом вегетаційної схеми є травень. Для досягнення високої врожайності цей місяць повинен бути прохолодним та дощовим. Деякі з метеофакторів чинять протилежний вплив на врожайність у східних та західних областях. Наприклад теплий вересень є негативним фактором на сході і позитивним фактором на заході. На підґрунті кореляційного аналізу були побудовані прогносні регресійні моделі врожайності, які є оптимальними для даного класу моделей в розумінні якості і точності. Дані моделі можуть бути використані для короткострокового прогнозування врожайності озимої пшениці.



Таблиця 4

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ  
З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЕЙ ПАРНОЇ (МНОЖИННОЇ) РЕГРЕСІЇ

Область	Фактори моделі	Включення вільного члена $a_0$	Значення $R^2$ (усереднене)	Похибка регресійної моделі	Похибка прогнозу для горизонту 1 рік []
Луганська	T6	Ні	0,87	33,1 %	30,4 %
Донецька	T6	Ні	0,91	22,6 %	22,9 %
Харківська	R5, T6	Ні	0,92	33,5 %	26,9 %
Запорізька	R6, T5	Ні	0,94	16,9 %	19,9 %
Дніпропетровська	R5	Так	0,45	25,1 %	26,7 %
АР Крим	T5, T10	Ні	0,97	8,4 %	8,0 %
Сумська	T5	Ні	0,92	24,8 %	21,3 %
Полтавська	T5	Ні	0,89	<b>18,8 %</b>	27,4 %
Херсонська	T5	Так	0,45	15,0 %	19,1 %
Кіровоградська	T5, T6	Так	0,43	<b>14,9 %</b>	27,0 %
Чернігівська	R10, T6, T5	Ні	0,95	15,5 %	14,6 %
Миколаївська	T5	Так	0,47	<b>7,4 %</b>	28,3 %
Черкаська	T5, T6	Так	0,36	19,5 %	21,0 %
Київська	T6, R4	Ні	0,96	<b>7,4 %</b>	16,1 %
Одеська	T5	Так	0,46	<b>6,6 %</b>	20,4 %
Вінницька	T5, R6, R4	Ні	0,95	16,1 %	16,1 %
Житомирська	R10, T9	Так	0,41	12,1 %	12,1 %
Хмельницька	R9, R5, T5	Так	0,40	19,0 %	16,7 %
Рівненська	T6	Ні	0,96	13,0 %	13,3 %
Чернівецька	R5, T6	Ні	0,95	16,2 %	11,9 %
Тернопільська	T4	Ні	0,87	16,5 %	14,1 %
Волинська	T6	Ні	0,96	13,1 %	10,5 %
Ів-Франківська	R4	Так	0,37	16,4 %	11,3 %
Львівська	T4	Ні	0,92	10,1 %	7,9 %
Закарпатська	R4, T6	Ні	0,96	9,1 %	11,2 %

**Література**

1. Грицюк П. М. Аналіз, моделювання та прогнозування динаміки врожайності озимої пшениці в розрізі областей України: Монографія. — Рівне: Нац. ун-т водного господарства та природокористування, 2010. — 350 с.
2. Грицюк П. М. Динаміка врожайності зернових: прогнози і ризики // Економіка України. — 2009. — № 11. — С. 42–52.
3. Грицюк П. М. Прогнозування урожайності зернових культур: особливості і методика // Вчені записки: Зб. наукових праць. — К.: КНЕУ, 2009. — Вип. 11. — С. 294–300.
4. Колосков П. И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. — Ленинград: Гидрометиздат, 1971. — 328 с.
5. Эконометрика : учеб. / Под ред. И.И. Елисеевой. — М.: Финансы и статистика, 2005. — 576 с.
6. Старченко Н. В. Индекс фрактальности и локальный анализ хаотических временных рядов: автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. — М., 2005. — 23 с.
7. Кендэл М. Временные ряды. — М.: Финансы и статистика, 1981. — 199 с.

Надійшла до редакції: 22.12.2009