

СЕКЦІЯ 11 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 338.45:63

Кобець С.П.

*кандидат економічних наук,
доцент кафедри економічної теорії та економічної кібернетики
Полтавського національного університету імені Юрія Кондратюка*

Тесьолкін О.І.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри економічної теорії та економічної кібернетики
Полтавського національного університету імені Юрія Кондратюка*

ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

APPROACH TO FORECASTING WINTER WHEAT CULTIVATION EXPECTED WITH THE ACCOUNT OF THE IMPACT OF MAIN HYDRO METEOROLOGICAL FACTORS

АНОТАЦІЯ

Стаття присвячена питанням прогнозування врожайності озимої пшениці. Запропоновано підхід до моделювання та прогнозування врожайності озимої пшениці, що ґрунтується на кореляційно-регресійному аналізі. Запропонований підхід передбачає врахування гідрометеорологічних факторів, що мають найбільший вплив на врожайність озимої пшениці. За допомогою кореляційного аналізу визначено вісім гідрометеорологічних факторів, що найбільше впливають на врожайність озимої пшениці, з тридцяти факторів, що досліджувалися (дані за десять місяців з жовтня по липень про середньомісячну кількість опадів, мм; температуру повітря, °C; кількість сонячних днів). На основі отриманої регресійної моделі зроблено прогноз на 2018 рік з використанням фактичних (за січень та квітень) та прогнозних (за травень, червень та липень) гідрометеорологічних даних.

Ключові слова: прогнозування, моделювання, врожайність, кореляційно-регресійний аналіз, гідрометеорологічні фактори.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам прогнозирования урожайности озимой пшеницы. Предложен подход к моделированию и прогнозированию урожайности озимой пшеницы, который основывается на корреляционно-регрессионном анализе. Предложенный подход предусматривает учет гидрометеорологических факторов, которые имеют наибольшее влияние на уровень урожайности озимой пшеницы. С помощью корреляционного анализа определены восемь наиболее влияющих на урожайность озимой пшеницы гидрометеорологических факторов из тридцати исследуемых (данные за десять месяцев с октября по июль о среднемесечном количестве осадков, мм; температуре воздуха, °C; количестве солнечных дней). На основе полученной регрессионной модели сделан прогноз на 2018 год с использованием фактических (за январь и апрель) и прогнозных (за май, июнь и июль) гидрометеорологических данных.

Ключевые слова: прогнозирование, моделирование, урожайность, корреляционно-регрессионный анализ, гидрометеорологические факторы.

ANNOTATION

The article is devoted to the issues of winter wheat yield forecasting. The article proposes an approach to modeling and forecasting of winter wheat yield, based on correlation-regression analysis. With the help of correlation analysis, we identified eight hydro-meteorological factors that have the greatest effect on winter wheat yields of thirty investigated factors (data for the ten months from October to July based on average monthly precipitation, mm; monthly air temperature, °C; sunny days). Based on the obtained model, the forecast was made using the special module of the program Statistic 10 for 2018, using the actual (for January and April) and forecast (for May, June and July) hydro meteorological data.

Key words: forecasting, modeling, productivity, correlation-regression analysis, hydro meteorological factors.

Постановка проблеми. Питання підвищення рівня врожайності сільськогосподарських культур сьогодні є надзвичайно актуальним. Ефективні управлінські рішення щодо підвищення цього рівня є результатом аналізування, прогнозування, оптимізації, економічного обґрунтування та вибору альтернативи з багатьох варіантів.

В умовах невизначеності зовнішнього середовища потреба ефективного механізму прогнозування врожайності у багато разів збільшується. При цьому метою створення прогнозу є зменшення того рівня невизначеності, в межах якого необхідно прийняти рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз спеціальної літератури показав, що питання прогнозування врожайності сільськогосподарських культур є актуальними, а також є об'єктом дослідження значної кількості науковців.

Для прогнозування використовують обчислення показників ряду динаміки [1; 4].

У загальному вигляді ряд динаміки може бути представлений у такому вигляді:

$$y = f(T, S, E),$$

де T – основна тенденція розвитку динамічного ряду, тренд;

S – циклічні коливання (періодичні коливання, зокрема сезонні);

E – випадкові коливання.

Лінійний або нелінійний тренд є стійкою зміною рівня показника протягом тривалого часу. Циклічна компонента описує циклічні процеси, параметри яких априорі невідомі.

За допомогою рядів динаміки вивчення врожайності сільськогосподарських культур здійснюється у таких основних напрямках, як характеристика динаміки врожайності у часі; вимірювання динаміки врожайності за допомогою системи статистичних показників; виявлення та кількісна оцінка основної тенденції (тренда) врожайності; екстраполяція та прогнозування.

На практиці для прогнозування врожайності найчастіше використовуються емпіричні регресійні моделі [2; 3; 6; 7; 8], які демонструють зв'язок врожайності з деякими характеристиками (наприклад, характеристиками біомаси, що отримуються із супутників, метеорологічними характеристиками).

Зважаючи на тему статті, зупинимося на наявних дослідженнях щодо побудови регресійної моделі залежності рівня врожайності озимої пшениці від гідрометеорологічних факторів. Так, в роботі [2] на прикладі господарств Баришівського, Білоцерківського, Миронівського і Яготинського районів Київської області досліджено залежність врожайності озимої пшениці від середньої температури повітря та суми опадів за трьома декадами місяців з вересня по липень.

У роботі [8] авторами на прикладі господарств Кіровоградської області запропоновано модель залежності рівня врожайності озимої пшениці від кількості сонячних днів у січні та квітні, температури повітря та кількості опадів у травні, червні та серпні. При цьому не до кінця зрозуміло, які саме гідрометеорологічні фактори мають найбільший вплив на рівень врожайності озимої пшениці.

Мета статті полягає в розробці підходу до прогнозування врожайності озимої пшениці, яка враховує вплив основних гідрометеорологічних факторів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами зібрані дані про врожайність у СТОВ «Скіф» з 2007 року по 2018 рік, дані за відповідні роки за гідрометеорологічними умовами у Котелевському районі Полтавської області, що отримані із сайтів <http://meteogov.ua> та <https://www.gismeteo.ua>.

Гідрометеорологічними факторами, що мають найбільший вплив на врожайність ози-

мої пшениці, згідно з дослідженнями [5], є кількість опадів, температура повітря та кількість сонячних днів.

За допомогою кореляційного аналізу ми визначили вісім гідрометеорологічних факторів, що найбільше впливають на врожайність озимої пшениці, з тридцяти факторів, що досліджувались (дані за десять місяців з жовтня по липень про середньомісячну кількість опадів, мм; температуру повітря, °C; кількість сонячних днів).

На рис. 1, 2 наведено криві врожайності озимої пшениці у СТОВ «Скіф» та криві вісьмох гідрометеорологічних умов у Котелевському районі Полтавської області. З графіків наочно видно зв'язки між врожайністю та розглянутими гідрометеорологічними факторами.

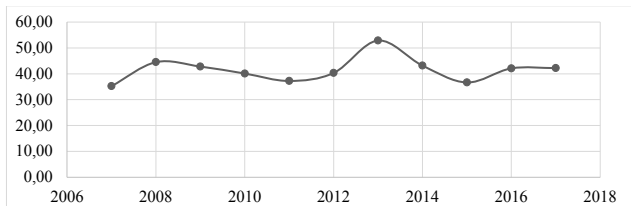


Рис. 1. Врожайність озимої пшениці у СТОВ «Скіф», ц/га

У табл. 1 наведено дані про рівень врожайності озимої пшениці у СТОВ «Скіф» та про гідрометеорологічні умови у Котелевському районі Полтавської області.

Отже, нами будуть розглянуті такі гідрометеорологічні фактори, як середньомісячна кількість опадів у травні; середньомісячна кількість опадів у червні; середньомісячна температура повітря у квітні; середньомісячна температура повітря у червні; середньомісячна температура повітря у травні; середньомісячна температура повітря у липні; кількість сонячних днів у січні; кількість сонячних днів у квітні. Позначимо ці фактори O_t , O_c , T_k , T_c , T_t , T_l , S_c , S_k відповідно.

Виходячи з досліджень вчених [8], можемо сказати, що модель, яка відображає залежність врожайності озимої пшениці від гідро-

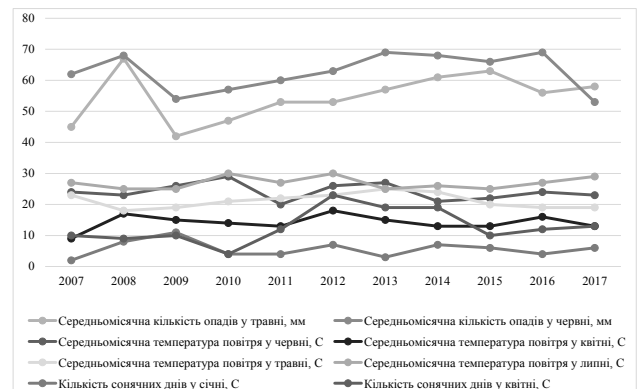


Рис. 2. Гідрометеорологічні умови у Котелевському районі Полтавської області

		Regression Summary for Dependent Variable: Урожайність, ц/га R= ,96046965 R²= ,92250196 Adjusted R²= ,30251762 F(8,1)=9,4879 p<,56393 Std.Error of estimate: 4,2017					
N=11		b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(1)	p-value
Intercept				26,24208	75,88364	0,34582	0,788040
Середньомісячна кількість опадів у травні, мм		-0,113158	0,818918	0,06800	0,49209	0,13818	0,912586
Середньомісячна кількість опадів у червні, мм		-0,041397	0,748400	0,02861	0,51725	0,05531	0,964822
Середньомісячна температура повітря у червні, С		0,179742	0,639013	0,32061	1,13982	0,28128	0,825441
Середньомісячна температура повітря у квітні, С		1,145078	1,127354	2,26741	2,23231	1,01572	0,495035
Середньомісячна температура повітря у травні, С		1,016111	1,611310	2,16027	3,42568	0,63061	0,641822
Середньомісячна температура повітря у липні, С		-0,842989	0,359919	-2,17885	0,93027	-2,34216	0,256893
Кількість сонячних днів у січні, С		-0,131225	0,561966	-0,24306	1,04090	-0,23351	0,853959
Кількість сонячних днів у квітні, С		-0,553793	1,402307	-0,48452	1,22690	-0,39492	0,760558

Рис. 3. Результати регресійного аналізу за допомогою програми Statistica 10

метеорологічних факторів, матиме лінійний характер.

Параметри моделі (рис. 3) оцінені за допомогою програми Statistica 10 компанії "StatSoft Inc".

З рис. 3 бачимо, що аналітична форма моделі має такий вигляд:

$$Y = 26,242 + 0,068O_{\text{т}} + 0,028O_{\text{ч}} + 0,321T_{\text{ч}} + 2,267T_{\text{к}} + 2,160T_{\text{т}} - 2,179T_{\text{л}} - 0,243C_{\text{с}} - 0,485C_{\text{к}}$$

Зокрема, з моделі видно, що за середніх погодних умов рівень врожайності становитиме

26,2 ц/га, коефіцієнт при $T_{\text{к}}$ означає збільшення врожайності приблизно на 2,27 ц/га за збільшення середньомісячної температури повітря у квітні на 1°C, коефіцієнт при $O_{\text{т}}$ означає збільшення врожайності приблизно на 0,1 ц/га за збільшення середньомісячної кількості опадів у травні на 1 мм, коефіцієнт при $C_{\text{с}}$ означає зменшення врожайності на 0,485 ц/га за збільшення кількості сонячних днів у квітні на одиницю.

На рис. 4 наведено показники адекватності моделі.

Ретроспективний розрахунок розрахункового значення коефіцієнта Фішера та значення абсолютної похибки в 4,2% для варіації цього показника в межах від 20 ц/га до 60 ц/га можна вважати нормальним.

Використовуючи прогнози дані гідрометеослужб, можемо за допомогою отриманої моделі прогнозувати значення врожайності на майбутній рік. Зробимо прогноз за допомогою спеціального модуля програми Statistica 10 на

Statistic	Summary Statistic Value
Multiple R	0,960469655
Multiple R²	0,922501958
Adjusted R²	0,302517622
F(8,1)	9,48794398
p	0,563926756
Std. Err. of Estimate	4,20173077

Рис. 4. Показники адекватності моделі

Таблиця 1
Дані про рівень врожайності озимої пшениці у СТОВ «Скіф» та про гідрометеорологічні умови у Котелевському районі Полтавської області

Роки	Урожайність, ц/га	Середньомісячна кількість опадів у травні, мм	Середньомісячна кількість опадів у червні, мм	Середньомісячна температура повітря у червні, °С	Середньомісячна температура повітря у квітні, °С	Середньомісячна температура повітря у травні, °С	Середньомісячна температура повітря у липні, °С	Кількість сонячних днів у січні, дні	Кількість сонячних днів у квітні, дні
2007	35,20	45	62	24	9	23	27	2	10
2008	44,50	67	68	23	17	18	25	8	9
2009	42,80	42	54	26	15	19	25	11	10
2010	40,10	47	57	29	14	21	30	4	4
2011	37,23	53	60	20	13	22	27	4	12
2012	40,31	53	63	26	18	23	30	7	23
2013	52,86	57	69	27	15	25	25	3	19
2014	43,17	61	68	21	13	24	26	7	19
2015	36,64	63	66	22	13	20	25	6	10
2016	42,10	56	69	24	16	19	27	4	12
2017	42,20	58	53	23	13	19	29	6	13
2018					17			7	12

2018 рік, використовуючи фактичні (за січень та квітень) та прогнозні (за травень, червень та липень) гідрометеорологічні дані з сайту <https://www.gismeteo.ua>.

На рис. 7 наведено прогнозне значення врожайності озимої пшениці у СТОВ «Скіф» Котелевського району Полтавської області.

З рис. 7 видно, що прогнозна врожайність озимої пшениці у СТОВ «Скіф» у 2018 році становитиме 47,122 ц/га.

Використаємо модуль гребеневої регресії (рис. 8), що реалізований в програмі Statistica 10. Він дасть змогу відібрати чинники із запропонованих нами, що мають найбільший значимий вплив на рівень врожайності озимої пшениці.

З рис. 8 видно, що на рівень врожайності озимої пшениці найбільший вплив мають:

– середньомісячна температура повітря у квітні;

Variable	Means and Standard De		
	Means	Std.Dev.	N
Середньомісячна кількість опадів у травні, мм	54,72727	7,734221	11
Середньомісячна кількість опадів у червні, мм	62,63636	5,971143	11
Середньомісячна температура повітря у червні, С	24,09091	2,700168	11
Середньомісячна температура повітря у квітні, С	14,18182	2,442056	11
Середньомісячна температура повітря у травні, С	21,18182	2,358736	11
Середньомісячна температура повітря у липні, С	26,90909	1,972539	11
Кількість сонячних днів у січні, С	5,63636	2,579641	11
Кількість сонячних днів у квітні, С	12,81818	5,455606	11
Урожайність, ц/га	41,55545	4,777691	11

Рис. 5. Середні значення чинників та стандартне відхилення

Рис. 6. Прогнозні гідрометеорологічні дані

Variable	Predicting Values for (Лист1 in Г variable: Урожайність, ц/га		
	b-Weight	Value	b-Weight * Value
От, мм	-0,06800	47,00000	-3,1958
Оч, мм	-0,02861	52,00000	-1,4878
Тч, С	0,32061	25,00000	8,0152
Тк, С	2,26741	17,00000	38,5459
Тт, С	2,16027	22,00000	47,5260
Тл, С	-2,17885	28,00000	-61,0078
Сс, дні	-0,24306	7,00000	-1,7014
Ск, дні	-0,48452	12,00000	-5,8143
Intercept			26,2421
Predicted			47,1221
-95,0%CL			-41,3124
+95,0%CL			135,5567

Рис. 7. Прогнозне значення врожайності озимої пшениці у СТОВ «Скіф»

Ridge Regression Summary for Dependent Variable: Урожайність						
I=,10000 R= ,85630862 R²= ,73326446 Adjusted R²= ,51987602 F(4,5)=3,4363 p<,10411 Std.Error of estimate: 3,4861						
N=10	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(5)	p-value
Intercept			30,93230	18,57510	1,66526	0,156743
Тк, С	0,552305	0,240921	1,09364	0,47706	2,29247	0,070432
Тл, С	-0,618461	0,242568	-1,59852	0,62696	-2,54964	0,051289
Тт, С	0,449194	0,236516	0,95499	0,50284	1,89921	0,115981
Тч, С	0,397610	0,245081	0,70923	0,43716	1,62236	0,165652

Рис. 8. Визначення значень параметрів моделі за допомогою гребеневої регресії

– середньомісячна температура повітря у липні;
 – середньомісячна температура повітря у травні;
 – середньомісячна температура повітря у червні.

Модель має такий вигляд:

$$Y = 30,932 + 1,094T_{\text{к}} - 1,599T_{\text{л}} + 0,955T_{\text{т}} + 0,709T_{\text{ч}}$$

Висновки. Запропонований підхід до прогнозування урожайності озимої пшениці дає змогу за допомогою кореляційно-регресійного аналізу визначити прогнозне значення урожайності з огляду на значення основних гідрометеорологічних факторів.

Слід зазначити, що точність прогнозу врожайності озимої пшениці залежить від точності передбачення гідрометеорологічних факторів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Василюк Н.Р. Прогнозування часових рядів врожайності зернових культур. Моделювання регіональної економіки. 2012. № 2. С. 314–320.
2. Жолобак Г.М., Якимчук В.Г., Сахацький О.І. та ін. Моделювання і прогнозування в задачах природокористування (на прикладі оцінки врожайності озимої пшениці). Доп. НАН України. 2010. № 4. С. 164–168.
3. Колотий А.В. Регрессионные модели прогнозирования урожайности озимой пшеницы в Украине. Индуктивное моделирование складных систем. 2012. Вип. 4. С. 92–101.
4. Москаленко А.М. Методичні аспекти прогнозування врожайності озимої пшениці в умовах Полісся. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». 2014. № 9. Ч. 1. С. 106–109.
5. Нетіс І., Онуфран Л. Вплив агроекологічних факторів на врожайність озимої пшениці. Агробізнес сьогодні. 2016. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/648-vplyv-ahroekolohichnykh-faktoriv-na-vrozhainist-ozymoi-pshenytsi.html>.
6. Ратошнюк В.І. Оцінка впливу метеорологічних факторів на врожайність люпину вузьколистого в зоні Полісся України. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. № 5. URL: <http://journals.urau.ua/index.php/2223-1609/article/view/113184/107716>.
7. Симоненко О.І. Динамічні економетричні моделі прогнозування врожайності озимої пшениці на основі оцінювання природно-кліматичних характеристик. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Економіка, аграрний менеджмент, бізнес. 2016. Вип. 249. С. 363–372.
8. Сотніков В.С., Львовичкіна О.О. Регресійна лінійна модель та прогнозування урожайності озимої пшениці. Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки: зб. наук. пр. Вип. 6. Кіровоград: КНТУ, 2004. С. 356–359.