

В.С. Сотніков, канд.техн.наук, О.О. Львовчкіна
Кіровоградський національний технічний університет

Регресійна лінійна модель та прогнозування урожайності озимої пшениці

Розглянуті основні підходи до моделювання та прогнозування урожайності озимої пшениці, виділені їх переваги та недоліки. Запропонована регресійна лінійна модель, яка реалізована на базі даних по Кіровоградській області і в якій враховується вплив основних гідрометеорологічних факторів. Обговорюються можливості та методика застосування отриманої моделі для прогнозування.

регресійна модель, лінійна модель, урожайність, озима пшениця, гідрометеорологічні умови, прогноз

Майже на усіх історичних етапах розвитку нашої держави зерно було і залишається важливим джерелом її багатства, як і значної частини інших країн світу. Адже зерно належить до найпоширеніших товарів внутрішнього і світового ринку, відіграє велику роль у світовій економіці. Зернова галузь завжди була високоприбутковим виробництвом.

Сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, вигідне геополітичне та територіально-економічне розташування вивели Україну в розряд провідних зернових держав світу. За розмірами посівних площ зернових і зернобобових культур досить тривалий період вона займала серед них шосте або сьоме, а за виробництвом зерна на душу населення – п'яте чи шосте місце. Зараз зернове виробництво України набуває сталої тенденції забезпечення прибуткового розвитку сільського господарства і економіки країни у цілому, тому дослідження та прогнозування урожайності озимої пшениці є досить актуальним питанням. В той же час варіації рівня урожайності є досить значними, що створює значні проблеми і обумовлює пошук оптимальних методів моделювання та прогнозування [1].

До теперішнього часу було розроблено декілька методик складання зазначених прогнозів на території України, суть яких полягає у побудові певної моделі, що враховує різні показники агрометеоумов, властивостей насіння, провідні природні і антропогенні фактори. Прикладом може бути “екологічна” модель формування врожайних властивостей насіння [2]. Під останніми в сучасному насіннезнавстві розуміють здатність різних партій насіння того самого генотипу (сорту, гібрида) давати в рівних умовах агротехніки врожай неоднакової величини. У залежності від ґрунтово-кліматичних умов врожайні властивості насіння можуть відрізнятися на 4-7 ц/га, а в деяких випадках значно більше, перекиваючи сортові розходження.

В основу побудови екологічної моделі покладені результати багаторічних дослідів, проведених у польових умовах. У якості її параметрів прийняті розраховані для основних між фазних періодів, починаючи від колосіння материнських рослин, межі оптимумів агрометеопоказників, що корелюють із врожайними властивостями насіння: середня температура і відносна вологість повітря, кількість атмосферних опадів, число днів з екстремальними температурами (25^0 і вище, 10^0 і нижче) і відносною вологістю повітря (50% і нижче, 80% і вище).

Сутність методики оцінки агрометеоумов полягає у наступному. Кожен параметр моделі (показник агрометеоумов) оцінюють за п'ятибальною шкалою: 1-3 бала для формування насіння зі зниженими врожайними властивостями, 4-6 балів – для

насінь із середніми і 7-9 балів з підвищеними врожайними властивостями. При цьому максимальний бал відповідає оптимуму фактора в межах згаданих груп врожайності, а якщо показник значно відхиляється у бік екстремальних значень, він оцінюється балом нуль.

Аналіз даних врожайних властивостей насіння, обумовлених прямим іспитом і за допомогою моделі, показав, що достовірність прогнозу складає близько 70%. Достовірність методу може бути істотно підвищена за рахунок обліку інших факторів, подальшого вивчення й уточнення параметрів екологічної моделі, а також включенням у неї нових агрометеопоказників.

Існує методика складання агрометеорологічного прогнозу розроблена Українським регіональним науково-дослідним гідрометеорологічним інститутом [3]. Модель врожайності відбиває процеси інтенсифікації сільськогосподарського виробництва за ряд років разом із процесами формування врожайності протягом вегетації по інтервалах місячної і більшої завчасності.

Основою моделі є формула структури врожаю зернових культур А.А. Сапегіна (уточнена М.С. Савицьким) з урахуванням ролі оптимальних величин продуктивності і закономірностей їхньої динаміки. Разом з тим, кожний з елементів врожайності відповідно до біологічних властивостей рослин піддається змінам. Він може відрізнитися від оптимальної характеристики внаслідок впливу родючості ґрунту, гідрометеорологічних величин, агротехнічних прийомів і інших причин. Ці відмінності і відхилення основних факторів від оптимумів і на основі законів оптимуму і мінімуму обумовлюють умови врожайності.

Описані положення у виді математичних гіпотез покладені в основу моделі врожайності. Середня ймовірність прогнозу за описаною методикою складає 88%.

Запропоновані вище методи мають суттєві недолік: вони потребують експериментальних даних, одержаних в польових умовах. Збирання таких даних, особливо взимку та за несприятливих погодних умов є досить серйозною проблемою. Виникають також проблеми, пов'язані з характерною для сучасного стану економіки значною нерівністю в можливостях та умовах господарювання, що дає значні розбіжності даних і, отже, породжує ряд питань при встановленні їх об'єктивних значень.

Існує методика прогнозування урожайності, що ґрунтується на вивченні тривалих коливань в часових рядах урожайностей [4]. При цьому ряди динаміки представляються у формі ланцюгових індексів, які характеризують коливання урожайності, а також у формі мажорантних співвідношень динаміки урожаїв. На думку авторів такого підходу це дозволить абстрагуватися від впливу технологічного процесу і організаційно-економічних факторів і отримати картину коливань природно-біологічних умов виробництва, а потім виділити реально існуючу систему закономірностей в міжрічних коливаннях урожаїв.

За цією методикою досягнута справджуваність прогнозів на рівні 86%. Проте, як правило, довгострокові закономірності досить часто дають значні похибки в кожному конкретному випадку, що знижує їх практичну цінність.

Нами пропонується методика моделювання та прогнозування урожайності озимої пшениці, що ґрунтується на регресійному аналізі. Для приклада взяті дані про урожайність на Кіровоградщині починаючи з 1992 року та дані за відповідні роки по Кіровоградській гідрометеорологічній станції.

Гідрометеорологічними факторами, що мають найбільший вплив на врожайність озимої пшениці є кількість сонячних днів, температура повітря та кількість опадів. Навіть графічний аналіз представлених на рисунках 1 та 2 даних свідчить про існування певних зв'язків між врожайністю та гідрометеорологічними факторами.

Для визначення тісноти зв'язку та загального впливу всіх незалежних змінних (середньомісячна температура, кількість сонячних днів, кількість опадів) на залежну (врожайність озимої пшениці) знаходяться парні коефіцієнти кореляції. Найбільші абсолютні значення коефіцієнта виділяють фактори, що мають значний вплив на врожайність і тому використовуються при побудові моделі.

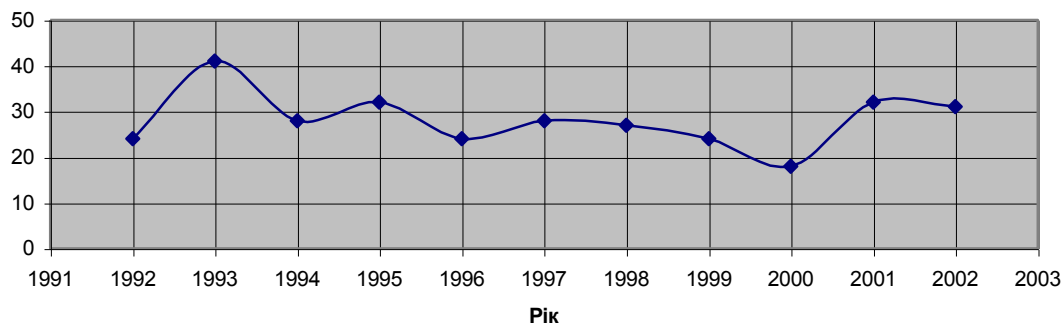


Рисунок 1 – Урожайність озимої пшениці в Кіровоградській області

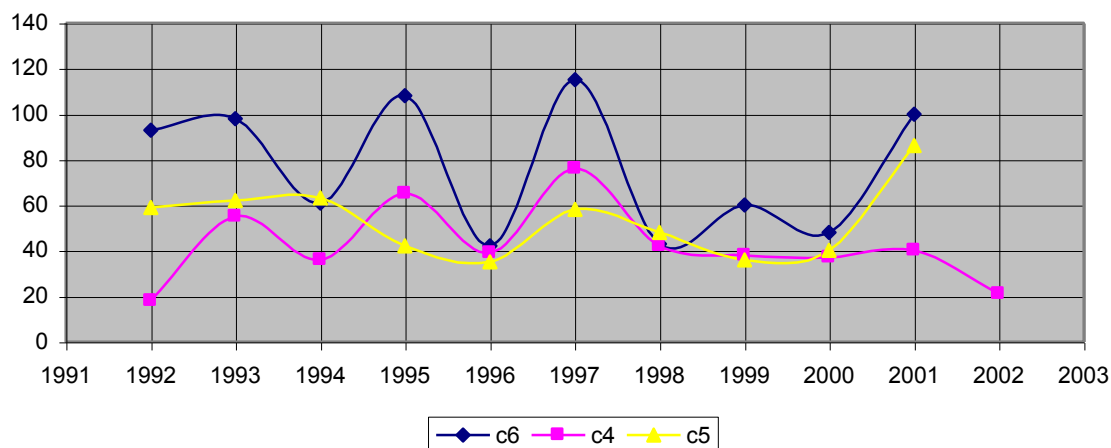


Рисунок 2 – Кількість опадів в червні (с6), квітні (с4), травні (с5)

Отже, найтісніший зв'язок мають такі фактори:

- середньомісячна кількість опадів у травні;
- середньомісячна кількість опадів у червні;
- середньомісячна кількість опадів у серпні (попереднього року);
- середньомісячна температура повітря у квітні;
- середньомісячна температура повітря у серпні (попереднього року);
- середньомісячна температура повітря у липні;
- середньомісячна кількість сонячних днів у січні;
- середньомісячна кількість сонячних днів у квітні.

Позначимо ці фактори відповідно $C_5, C_6, C_8, V_4, V_8, V_7, A_1, A_4$.

Кіровоградщина, знаходиться у такій природній зоні, де мало буває надлишків опадів, надмірної кількості сонячних днів та дуже високої температури повітря, тому обгрунтовано вважається гіпотеза, що модель буде мати лінійний характер.

Параметри моделі оцінені методом найменших квадратів. Записавши базу даних у матричній формі та виконавши необхідні перетворення з допомогою пакету прикладних програм Mathcad, знаходимо, що аналітична форма моделі має вигляд:

$$Y=26,213+2,501V_8+0,144C_6+0,024A_4+0,976V_4+0,039C_8-3,136V_7+0,1C_5+0,073A_1$$

Параметри моделі мають досить просте економічне тлумачення, так перший коефіцієнт дає значення урожайності біля 26 ц/га при середніх погодних умовах, коефіцієнт при V_4 означає збільшення урожайності приблизно на 0,98 ц/га при збільшенні середньомісячної температури повітря у квітні на 1°C, коефіцієнт при C_5 означає збільшення урожайності на 0,1 ц/га при збільшенні середньомісячної кількості опадів у травні на 1 мм, коефіцієнт при A_4 означає зменшення урожайності на 0,024 ц/га при збільшенні кількості сонячних днів у квітні на одиницю і т.д.

Ретроспективний розрахунок дисперсії відхилень значень урожайності дає 0,673 і значення абсолютної похибки в 2,4%, що для варіації цього показника в межах від 20 до 40 ц/га можна вважати досить непоганим, тим більше, що для покращення результату можна провести додаткове дослідження по поліпшенню моделі.

Серед переваг запропонованого методу моделювання врожайності озимої пшениці потрібно відмітити.

1. Доступність та поширеність статистичних даних, що використовуються для побудови моделі.
2. Відносно невеликий набір факторів.
3. Можливість аналізу великої кількості спостережень. Чим більша кількість спостережень, тим більш точною буде модель.
4. Наглядне виявлення взаємозв'язків між факторами та залежною змінною.
5. Легкість розрахунку при використанні комп'ютерної техніки. Використання комп'ютерної техніки дає можливість також у будь-який момент нарощувати або звужувати кількість незалежних факторів при розрахунку та поступово вдосконалювати модель.
6. Достатню точність отримуваних результатів.

Серед недоліків можна виділити залежність прогнозу від точності передбачення гідрометеорологічних факторів.

Проте для прогнозування можна використати дані, які існують на час виконання прогнозу. Наприклад, при побудові моделі за запропонованою методикою по базі даних станом на квітень, можна отримати ретроспективну оцінку дисперсії відхилень в межах 2,5 ц/га, що в багатьох випадках може нас задовольнити. Природно, що зі збільшенням прогнозного періоду, точність прогнозу буде зменшуватися.

Список літератури

1. Герасименко С.С., Герасименко В.С. Вариация урожайности зерновых культур в Украине: причины и последствия // Актуальні проблеми економіки, №5(35), 2004, С. 140-149.
2. Методические указания по оценке агрометеорологических условий для прогнозирования урожайных свойств семян озимой пшеницы в Украинской ССР.-К.: Укр УТКС, 1987, 18 с.
3. Методические указания по составлению агрометеорологических прогнозов урожая озимой пшеницы по территории Украинской ССР и Молдавской ССР.-К.: Укргідромет, 1990, 38 с.
4. Загайтов И.Б., Яновский Л.П. Анализ закономерностей и прогноз межгодовых колебаний урожая сельскохозяйственных культур. // Экономика и математические методы, 2004, том 40, №2, С.59-71.

Рассмотрены основные подходы к моделированию и прогнозированию урожайности озимой пшеницы, выделены их преимущества и недостатки. Предложена регрессионная линейная модель, которая реализована на базе данных по Кировоградской области, в которой учитывается влияние основных гидрометеорологических факторов. Обсуждается возможность та методика использования полученной модели для прогнозирования.

The basic approaches to modelling and forecasting of productivity of a winter wheat are considered, their advantages and lacks are selected. The linear model which is realized on a database on the Kirovograd area in which influence of the basic hydrometeorological factors is taken into account is offered. The opportunity that technique of use of the received model for forecasting is discussed.