

Симоненко Е.И. ©

Кандидат экономических наук, доцент кафедры статистики и экономического анализа
Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация

Адаптация аграрного производства к изменениям климата требует комплексного исследования характера и тенденций изменения метеорологических параметров, их влияния на вегетацию и урожайность озимой пшеницы. Анализ построенной динамической эконометрической модели свидетельствует о том, что она адекватно описывает динамику урожайности озимой пшеницы по Украине с учетом природно-климатической характеристики и имеет высокие прогнозные характеристики.

Ключевые слова: часовые ряды урожайности озимой пшеницы, эконометрическая модель, адекватность, качество прогноза, природно-климатические характеристики.

Современная продовольственная ситуация в мире и прогнозируемые изменения климата требуют объективного анализа и оценки их влияния на состояние основных агроресурсов и производство сельскохозяйственной продукции, в частности зерна. Украина с ее высоким природно-ресурсным потенциалом должна выполнять не только национальную, но и важную общемировую миссию по продовольственной безопасности.

Проблеме анализа временных рядов метеорологических факторов посвящено множество работ в нашей стране и за рубежом, в которых использованы такие классические методы, как статистический, фрактальный и спектральный (1).

Основными показателями продукции растениеводства является урожайность и валовой сбор. Под влиянием многих факторов в естественных условиях выращивается продукция сельскохозяйственного производства, которую можно объединить в следующие основные группы: 1) производственно-агротехнические; 2) грунтовые; 3) агрометеорологические. Все эти факторы определяют урожайность, валовой сбор, качество продукции, ее стоимость, уровень рентабельности и существенно влияют на экономическое развитие общества, его продовольственной безопасности, а также безопасности жизни людей (2). Среди этих факторов природно-климатические характеристики играют важную роль в формировании урожайности сельскохозяйственных культур, они вызывают существенное влияние на ее колебания (3).

Построим простую линейную эконометрическую модель, описывающую связь между урожайностью озимой пшеницы и средней майской температурой. Введем следующие обозначения: y_t – урожайность озимой пшеницы, x_t – среднемесячная температура за май. Эконометрическая модель имеет вид: $y_t = a_0 + a_1 x_t + u_t$.

Проведем расчет используя пакет АНАЛИЗ ДАННЫХ и электронные таблицы MS Excel. Для получения прогнозного значения урожайности Y мы использовали функцию ТЕНДЕНЦИЯ. Оценки параметров модели для отрезка 2000-2014 годов были получены с помощью функции РЕГРЕССИЯ. Значения параметров модели: $a_0 = 13,0028$; $a_1 = 1,5346$.

Средние ошибки для этих параметров составляют $ma_0 = 12,2465$; $ma_1 = 1,1874$

Значения t статистик параметров равняются $ta_0 = 1,0618$; $ta_1 = 1,2924$. Первый параметр будет значущим при уровне значимости 0,3, а второй при уровне значимости 0,2.

Используя уравнение регрессии $\hat{Y} = 13,0028 + 1,5346x$ получим прогнозное значение урожайности для 2014 года $\hat{Y} = 28,8$ (ц/га). Фактическое значение урожайности $Y = 37,6$ (ц/га). Ошибка прогноза составляет 8,8 ц/га или 23,4%. Это достаточно высокая точность. Для сравнения укажем, что лучшая точность получена в авторегрессионном прогнозировании с горизонтом 1 год составляет 27%. Но низкое значение коэффициента детерминации свидетельствует о низком качестве модели. Хотя, при этом, F- критерий подтверждает значимость построенной модели для уровня значимости 0,2.

Если выборка подчиняется нормальному закону распределения, значимость каждого коэффициента регрессии в статистическом смысле определяют с помощью t - статистики по формуле:

$$t_a = \frac{\hat{a}_0 - a_0}{\sigma_a}$$

Где \hat{a}_0 – оценка параметра построенной модели, полученная в ходе компьютерного расчета; a_0 – нулевая гипотеза по отношению значения этого коэффициента; σ_a – стандартная ошибка оценки параметра. Чем меньше значение стандартной ошибки, тем лучше оценка параметра модели.

Важным критерием оценки качества модели является MAPE - средняя абсолютная погрешность прогнозирования временного ряда за N шагов

$$e_b = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i},$$

где \hat{y}_i – модельный ряд данных, y_i – фактическое значение уровня ряда; N – длина часового ряда.

Оценить адекватность модели к исследуемому процессу позволяет анализ остатков модели.

Результаты тестирования критериев остатков парной регрессионной модели урожайности озимой пшеницы по Украине от средней температуры мая (1990-2014 годы) приведены в табл.1.

Таблица 1

Проверка на адекватность линейной эконометрической модели

Год	X	Y	\hat{Y}	u_i	u_i^2	Точки пиков	$(u_i - u_{i-1})^2$	$\frac{ u_i }{y_i}$
2000	12,7	19,8	32,492	-12,69	161,086	-	-	-0,641
2001	11,2	31	30,1901	0,8099	0,655947	-	182,3005	0,0261
2002	9,9	30,5	28,1951	2,3049	5,31238	1	2,234888	0,0756
2003	6,9	14,7	23,5914	-8,891	79,05698	1	125,3562	-0,605
2004	9,1	31,7	26,9675	4,7325	22,39679	1	185,6113	0,1493
2005	10,3	28,5	28,809	-0,309	0,095464	-	25,41668	-0,012
2006	9,7	25,3	27,8882	-2,588	6,698903	-	5,194989	-0,102
2007	9	23,4	26,814	-3,414	11,65552	1	0,681936	-0,146
2008	10,7	36,7	29,4228	7,2772	52,95758	1	114,302	0,1983
2009	11,1	30,9	30,0366	0,8634	0,745397	-	41,13724	0,0279
2010	10,3	27,3	28,809	-1,509	2,276997	1	5,627977	-0,055
2011	10,2	30,4	28,6555	1,7445	3,043231	1	10,58499	0,0574
2012	11,8	28,9	31,1108	-2,211	4,887824	1	15,64462	-0,076
2013	10,3	33,9	28,809	5,091	25,91857	-	53,31731	0,1502
2014	10,3	37,6	28,809	8,791	77,28217	-	13,69	0,2338

Сума				9,9476E-14	454,0697	8	781,1007	2,5553
------	--	--	--	------------	----------	---	----------	--------

Согласно данным таблицы имеем следующие оценки.

Среднее значение ряда остатков $\bar{u} = 0,00$.

Согласно критерию Кендалла количество поворотных точек для случайного ряда длиной $n = 15$ определяется соотношением

$$P = 2 \cdot (n - 2) / 3 = 9.$$

Стандартное отклонение для этого критерия определяется соотношением

$$mP = 2 \times \sqrt{(16n - 29) / 90} = 2 \times \sqrt{(16 \times 15 - 29) / 90} = 3,062.$$

Фактическое количество поворотных точек составляет 8 и это число входит в интервал $\left[|P - mP|; |P + mP|\right]$. Итак свойство случайности остатков выполняется с вероятностью 0,95.

Для проверки независимости уровней ряда остатков воспользуемся критерием Дарбина-Уотсона и рассчитаем его фактическое значение по формуле

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^N (u_t - u_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^N u_t^2} = \frac{781,1007}{454,069} = 1.72$$

Полученное значение критерия сравниваем с двумя табличными уровнями: нижним $DW_1 = 1,08$ и верхним $DW_2 = 1,36$. Поскольку $DW_2 < DW < 2$, тогда по критерию Дарбина-Уотсона ряд остатков независимый, то есть автокорреляция отсутствует.

Проверить соответствие случайной составляющей ряда нормальному закону распределения можно с помощью RS-критерия:

$$RS = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{S_u},$$

где t_{\max} - максимальное значение ряда остатков; t_{\min} - минимальное значение ряда остатков; S_u - среднеквадратическое отклонение значений ряда остатков. Для нашего примера $t_{\max} = 8,791$; $t_{\min} = -12,692$; $S = 5,695$; $RS = 3,772$. Расчитанное значение RS попадает в интервал между нижней табличной границей (НМ=3,18) и верхней (ВМ=4,49), то есть $3,18 < 3,772 < 4,49$. Приходим к выводу, что свойство нормального распределения остатков выполняется.

Для характеристики точности построенной модели рассчитаем показатель средней относительной ошибки аппроксимации

$$e_b = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t} = 0,17.$$

Эта погрешность равна 17%, что свидетельствует о достаточно хорошем качестве прогноза.

Для анализа качества построенной модели рассчитаем относительный показатель замещения прогноза:

$$e = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^n \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t} = -0,05.$$

Поскольку он стремится к 0, тогда можно утверждать о высоких прогнозных качествах модели.

Итак, по совокупности критериев можно сделать вывод, что парная регрессионная модель адекватно описывает динамику урожайности озимой пшеницы по Украине. Для повышения детерминированности модели в нее следует включить дополнительные факторы. Это могут быть либо другие метеорологические факторы, или же лаговые переменные, которые учитывают цикличность урожайности. Их включение в модель может значительно повысить ее качество.

Литература

1. Грицюк П. М. Диманічні і стохастичні методи моделювання та прогнозування системи зерновиробництва України: дис. на здобуття наук. ступеня докт. екон. наук : спец. 8.00.11 «Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці»/П.М. Грицюк. К., 2011.-467 с.
2. Дмитренко В.П. Об агрометеорологических факторах урожая / В.П. Дмитренко // Труды УкрНИИ Госкомгидромета. – 1983. – Вып. 191. – с. 3-22.
3. Игнатъев В. М. Модели урожайности сельскохозяйственных культур при определенных метеоусловиях / В. М. Игнатъев, И. Н. Ильинская / Материалы 2 Междунар. науч.- практ. конф. [«Моделирование. Теория, методы и средства»], (Новочеркасск, 5 апр. 2002 г.). – В 3-х частях. – Новочеркасск, 2002. – С. 21–24. – (Ч. 3).