

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В АГРАРНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Н. МИНИНА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: nnatalie@tyt.by

(Поступила в редакцию 13.01.2021)

Автором статьи была изучена динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур в аграрных организациях Могилевской области за последние 35 лет. Линии трендов выстраивались с помощью пакета прикладных программ статистической обработки данных SPSS Statistics. Выявленные тенденции изменения урожайности свидетельствуют о наличии циклов и тренда в ее изменении. Были выбраны аддитивные модели, которые, в отличие от мультипликативных моделей, не приводят к увеличению колеблемости, а следовательно, к снижению устойчивости, в динамике. В отличие от применяемых различными учеными в настоящее время линейных моделей и полиномов различных степеней формирования урожайности сельскохозяйственных культур, автором использованы смешанные модели, включающие циклический компонент, который отражает тригонометрическая функция.

Включенный в модели фактор времени объясняет вариацию урожайности сельскохозяйственных культур на 70,0 % (урожайности льноволокна) – 99,7 % (урожайности овощей открытого грунта), что свидетельствует о высоком качестве полученных моделей.

Анализ полученных регрессионных моделей формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур свидетельствует о наличии определенной цикличности и асинхронности колебаний. Это вызывает необходимость разработки мероприятий, направленных на повышение устойчивости формирования урожая сельскохозяйственных культур в частности и отрасли растениеводства в целом.

Знание количественных оценок устойчивости урожайности кормовых и зерновых культур позволит обеспечить объективность при планировании посевных площадей, страховых запасов кормов и применении севооборотов в сельскохозяйственных организациях.

Высокое качество и устойчивость полученных моделей свидетельствуют о возможности применения их для оценки устойчивости и прогнозирования конечного результата деятельности сельскохозяйственных организаций Могилевской области.

Ключевые слова: устойчивость производства, урожайность сельскохозяйственных культур, цикличность динамики, регрессионная модель, эффективность.

The author of the article studied the dynamics of yield of the main agricultural crops in agricultural organizations of Mogilev region over the past 35 years. Trend lines were built using the SPSS Statistics software package for statistical data processing. The revealed trends in the yield change indicate the presence of cycles and a trend in its change. We chose additive models, which, in contrast to multiplicative models, do not lead to an increase in fluctuations, and, consequently, to a decrease in stability, in dynamics. In contrast to the linear models and polynomials of various degrees of formation of crop yields currently used by various scientists, the author used mixed models that include a cyclic component, which reflects the trigonometric function.

The time factor included in the model explains the variation in the yield of agricultural crops by 70,0 % (yield of flax fiber) – 99.7 % (yield of open ground vegetables), which indicates the high quality of obtained models.

The analysis of obtained regression models for the formation of yield of the main agricultural crops indicates the presence of a certain cyclical and asynchronous fluctuations. This necessitates the development of measures aimed at increasing the sustainability of formation of agricultural crops in particular and the crop production industry in general.

Knowledge of quantitative assessments of sustainability of the yield of forage and grain crops will ensure objectivity in the planning of sown areas, reserve feed stocks and the use of crop rotations in agricultural organizations.

The high quality and stability of the obtained models indicate the possibility of their application to assess the stability and predict the final result of activities of agricultural organizations in Mogilev region.

Key words: sustainability of production, crop yield, cyclic dynamics, regression model, efficiency

Введение

Устойчивость сельского хозяйства зависит от устойчивости растениеводства и животноводства. На численность поголовья животных и их продуктивность оказывает влияние обеспеченность животных кормами, которые поставляет растениеводство. Низкая устойчивость кормовой базы оказывает негативное влияние на динамику производства продукции животноводства, хотя животноводство и обладает большей устойчивостью, чем кормопроизводство. Снижение урожайности кормовых культур в отдельные периоды времени не обязательно сопровождается снижением объемов производства животноводческой продукции благодаря взаимной заменяемости кормов, стабилизирующей роли страховых запасов, многоотраслевой структуре животноводства. Вместе с тем колебания объемов производства кормов нарушают нормальные условия воспроизводства в животноводстве, сдерживают рост уровня продуктивности скота. С другой стороны, развитие животноводства предоставляет растениеводству органические удобрения, обеспечивая его нормальное функционирование.

Устойчивость отрасли растениеводства сельскохозяйственных предприятий предполагает наличие способности минимизировать влияние погодных и иных колебаний на снабжение продовольствием населения страны.

Устойчивость производства основных видов продукции в пределах определенного региона можно оценивать по результатам статистического анализа синхронности или асинхронности колебаний их производства в условиях различий климатических характеристик во времени и пространстве.

В динамике урожайности выделяют два основных компонента: первый прослеживается в общей тенденции меняющегося уровня хозяйственной урожайности (он считается трендом), второй – в меж-годовых флуктуациях на фоне тренда, которые обусловлены внешними, преимущественно погодными, факторами).

Каждая культура индивидуальна по срокам посева и, соответственно, по требованиям к климатическим условиям вегетации.

В настоящее время не разработана методика количественной меры изменения метеорологических условий местности. Это не позволяет объективно оценить возможность сельскохозяйственных организаций данного региона формировать соответствующие технологии и организацию производства. Мы полагаем, что изменения погодных условий можно измерять через исследование динамики урожайности сельскохозяйственных культур.

Цель исследования – разработать регрессионные модели формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур, позволяющие осуществлять оценку устойчивости и прогнозирование конечного результата деятельности сельскохозяйственных организаций Могилевской области.

В современных исследованиях отечественных и зарубежных ученых используются различные модели формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур [1; 2; 3; 4; 5]. Используются линейные модели и полиномы различных степеней. Однако данные модели в недостаточной мере учитывают циклический характер изменений урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим нами были использованы смешанные модели, включающие циклический компонент, который отражает тригонометрическая функция. Были выбраны аддитивные модели, которые, в отличие от мультипликативных моделей, не приводят к увеличению колеблемости а следовательно, к снижению устойчивости, в динамике. Для выявления долговременных тенденций применялись методы простого экспоненциального сглаживания и экспоненциального сглаживания Холта с корректировкой тренда.

Основная часть

Применялись общенаучные и частные методы и приемы исследования, корреляционно-регрессионный анализ. Использовались информация из статистических сборников и данные ГИВЦ Национального статистического комитета Республики Беларусь.

В результате проведенных нами расчетов по данным сельскохозяйственных организаций Могилевской области за последние 35 лет были получены следующие регрессионные модели формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур.

$$Уз = 17,404 \cdot e^{0,019 \cdot t} + 5,229 \cdot \cos(0,316 \cdot t - 2,078), R^2 = 0,903, F = 306,9, \quad (1)$$

где Уз – урожайность зерновых и зернобобовых культур в целом, ц/га; t – номер периода (здесь и далее);

$$Ук = 109,769 \cdot e^{0,022 \cdot t} + 43,909 \cdot \cos(-0,258 \cdot t + 0,598), R^2 = 0,835, F = 167,4, \quad (2)$$

где Ук – урожайность картофеля, ц/га;

$$Уо = 214,720 - 5,327 \cdot t + 0,108 \cdot t^2 + 0,001 \cdot t^3 + 7,089 \cdot \cos(-0,345 \cdot t + 3,626), R^2 = 0,997, F = 11378,6, \quad (3)$$

где Уо – урожайность овощей открытого грунта, ц/га;

$$Ур = 4,540 \cdot e^{0,037 \cdot t} - 3,774 \cdot \cos(0,319 \cdot t - 5,249), R^2 = 0,939, F = 292,9, \quad (4)$$

где Ур – урожайность рапса на семена, ц/га;

$$Улв = 4,213 \cdot e^{0,024 \cdot t} + 1,088 \cdot \cos(-0,275 \cdot t + 1,925), R^2 = 0,700, F = 76,8, \quad (5)$$

где Улв – выход льноволокна, ц/га;

$$Усс = 114,081 + 7,312 \cdot t + 18,933 \cdot \cos(-0,477 \cdot t + 11,820), R^2 = 0,909, F = 258,2, \quad (6)$$

где Усс – урожайность сахарной свеклы, ц/га;

$$Уккорн = 254,936 + 1,694 \cdot t + 16,191 \cdot \cos(0,445 \cdot t - 11,820), R^2 = 0,878, F = 137,1, \quad (7)$$

где Уккорн – урожайность кормовых корнеплодов, ц/га;

$$У_{\text{кукзм}} = 43,799 + 7,550 \cdot t + 37,557 \cdot \cos(-0,442 \cdot t + 11,833), R^2 = 0,861, F = 118,2, \quad (8)$$

где $У_{\text{кукзм}}$ – урожайность кукурузы на зеленую массу, ц/га;

$$У_{\text{однтрзм}} = 41,579 + 2,840 \cdot t + 21,769 \cdot \cos(-0,315 \cdot t + 8,362), R^2 = 0,908, F = 186,7, \quad (9)$$

где $У_{\text{однтрзм}}$ – урожайность однолетних трав на зеленую массу, ц/га;

$$У_{\text{мнтрзм}} = 95,518 + 3,892 \cdot t + 53,238 \cdot \cos(-0,358 \cdot t + 9,365), R^2 = 0,893, F = 158,2, \quad (10)$$

где $У_{\text{мнтрзм}}$ – урожайность многолетних трав на зеленую массу, ц/га;

$$У_{\text{гр}} = 4,867 \cdot e^{0,025 \cdot t} - 0,776 \cdot \cos(-0,197 \cdot t - 0,966), R^2 = 0,926, F = 412,9, \quad (11)$$

где $У_{\text{гр}}$ – урожайность гречихи, ц/га;

$$У_{\text{ов}} = 11,296 \cdot t^{0,293} + 5,439 \cdot \cos(-0,285 \cdot t + 7,456), R^2 = 0,701, F = 77,3, \quad (12)$$

где $У_{\text{ов}}$ – урожайность овса, ц/га;

$$У_{\text{пш}} = 12,657 \cdot t^{0,267} + 6,127 \cdot \cos(-0,264 \cdot t + 7,106), R^2 = 0,763, F = 106,1, \quad (13)$$

где $У_{\text{пш}}$ – урожайность пшеницы, ц/га;

$$У_{\text{ячм}} = 13,428 \cdot t^{0,243} + 6,816 \cdot \cos(-0,274 \cdot t + 7,239), R^2 = 0,749, F = 98,6, \quad (14)$$

где $У_{\text{ячм}}$ – урожайность ячменя, ц/га;

$$У_{\text{ккзер}} = 12,920 + 1,198 \cdot t + 3,823 \cdot \cos(-0,394 \cdot t + 10,150), R^2 = 0,956, F = 415,9, \quad (15)$$

где $У_{\text{ккзер}}$ – урожайность кукурузы на зерно, ц/га;

$$У_{\text{зб}} = 4,227 \cdot t^{0,555} + 5,193 \cdot \cos(-0,299 \cdot t + 7,721), R^2 = 0,858, F = 198,7, \quad (16)$$

где $У_{\text{зб}}$ – урожайность зернобобовых культур, ц/га.

Линии трендов выстраивались с помощью пакета прикладных программ статистической обработки данных SPSS Statistics с использованием метода оценивания Левенберга-Марквардта [3; 6; 7]. Метод основан на идее доверительного региона и применяется при решении задачи наименьших квадратов. Алгоритм Левенберга-Марквардта предназначен для оптимизации параметров нелинейных регрессионных моделей. В качестве критерия оптимизации используется среднеквадратичная ошибка модели на обучающей выборке. Алгоритм заключается в последовательном приближении заданных начальных значений параметров к искомому локальному оптимуму. Отличительной особенностью метода является высокая скорость сходимости в окрестности точки минимума (т. е. получение значимого результата за минимальное количество итераций).

Выбор уравнения регрессии для трендов осуществлялся с учетом коэффициента детерминации R^2 , критерия Фишера F , t -критериев Стьюдента [3; 8].

В указанных регрессионных моделях рассчитанные значения t -критерия Стьюдента превышают их критические значения при уровне значимости 0,05, что свидетельствует о статистической значимости коэффициентов регрессии. Значения коэффициента детерминации R^2 показывают, что включенный в модели фактор времени объясняет вариацию урожайности сельскохозяйственных культур на 70,0 % (урожайности льноволокна) – 99,7 % (урожайности овощей открытого грунта), что свидетельствует о высоком качестве полученных моделей. Поскольку расчетные значения критерия Фишера F значительно больше табличных, корреляционные модели являются устойчивыми при выбранном уровне значимости.

Заключение

Анализ полученных регрессионных моделей формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур свидетельствует о наличии определенной цикличности и асинхронности колебаний. Это вызывает необходимость разработки мероприятий, направленных на повышение устойчивости формирования урожая сельскохозяйственных культур в частности и отрасли растениеводства в целом.

Так, для снижения влияния биологических факторов риска, обуславливающих неустойчивость урожайности к погодным условиям, болезням и вредителям, необходимо внедрять новые высокопродуктивные и устойчивые сорта. В то же время регулируемость сортности сельскохозяйственной культуры ограничивается перечнем сортов, адаптированных для данной территории, и финансовыми возможностями организации.

Основой для эффективного использования средств защиты растений, удобрений, высокопродуктивных сортов, техники является плодородие почв. В связи с этим риски производства продукции растениеводства связаны с риском деградации качественного состояния сельскохозяйственных зе-

мель. Повышение плодородия обеспечивается внесением требуемого количества минеральных и органических удобрений, применением севооборотов и агротехническими мероприятиями.

Случайный характер колеблемости метеорологических условий определяет особую роль погодного фактора при анализе рисков сельскохозяйственного производства. Чем выше в динамике уровень колеблемости погодных условий (среднемесячной температуры и месячной суммы осадков) в период вегетации культур, тем выше риск производства растениеводческой продукции. Случайный характер влияния метеорологических условий на условия и результаты аграрного производства в заданной климатической зоне или стране отличает данный фактор от климатического.

Метеорологические условия оказывают влияние на особенности технологических процессов конкретного года, конечные результаты производства, конъюнктуру цен, надежность работы технических средств. Применяемый производителями сельскохозяйственной продукции комплекс агротехнических мероприятий позволяет частично компенсировать неблагоприятные погодные условия, низкое качество почв, уменьшить риск снижения урожайности. В то же время отклонение от оптимальных сроков агротехнических мероприятий, невыполнение установленных приемов возделывания культур, отсутствие увязки аграрных мероприятий с научно обоснованным чередованием культур и структурой их размещения, приводят к снижению плодородия почвы и увеличивают риск производства растениеводческой продукции.

Состояние материально-технической базы и ее своевременная модернизация определяют возможность выполнения необходимого комплекса агротехнических мероприятий в установленные сроки и является одним из ключевых факторов производства растениеводческой продукции и ее конкурентоспособности. Для улучшения состояния материально-технической базы необходимо приобретать новую сельскохозяйственную технику, проводить интенсивную техническую модернизацию.

Знание количественных оценок устойчивости урожайности кормовых и зерновых культур позволит обеспечить объективность при планировании посевных площадей, страховых запасов кормов и применении севооборотов в сельскохозяйственных организациях.

Высокое качество и устойчивость полученных моделей свидетельствуют о возможности применения их для оценки устойчивости и прогнозирования конечного результата деятельности сельскохозяйственных организаций Могилевской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев, В. Н. Статистическое обеспечение проблемы устойчивости сельскохозяйственного производства: автореф. дис. ... д. э. н. 08.00.11 – Статистика / В. Н. Афанасьев; Санкт - Петербургский государственный аграрный университет. – СПб.; 1996. – 48 с.
2. Елисеева, И. И. Общая теория статистики: учебник / И. И. Елисеева, М. М. Юзбашев; Под ред. чл.-корр. РАН И. И. Елисеевой. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 480 с.
3. Живицкая, Е. П. Статистический анализ и обработка данных с применением SPSS: практикум / Е. П. Живицкая, А. Г. Сыса. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 54 с.
4. Сидоренко, О. В. Экономическое обоснование зонального размещения производства зерновых культур в зависимости от природно-климатических условий региона / О. В. Сидоренко // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 1 (70). – С. 81–87.
5. Чепурко, М. Д. Устойчивость производства кормов в Причерноморье / М. Д. Чепурко // Культура народов Причерноморья. – 1998. – № 5. – С. 455–458.
6. Алгоритм Левенберга-Марквардта // Теория и практика / Искусственные нейронные сети [Электронный ресурс]. – Портал знаний об искусственном интеллекте, 2013–2020. – Режим доступа: <https://neuronus.com/theory/nn/244-algorithm-levenberga-markvardta.html>. – Дата доступа: 13.12.2020.
7. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ с помощью программного комплекса SPSS (Статистический пакет для исследования общественных явлений)» по дисциплине «Информационные системы в управлении социально-трудовой сферой» для студентов специальности 060200 «Экономика труда» очной и заочной формы обучения; Сост.: Т. В. Плетнева, Д. Г. Максимов. – Ижевск: ИЭиУ УдГУ, 2011. – 46 с.
8. Эконометрика и экономико-математические методы и модели: учеб.-метод. пособие для студентов экономических специальностей заочной формы обучения / И. М. Борковская [и др.]. – Минск: БГТУ, 2018. – 129 с.