

# САМООРГАНИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ В МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*И.В. Лебедева, В.И. Лебедев, Н.В. Смыкова*

Северо-Кавказский государственный технический университет, Ставрополь

Для адекватного и эффективного прогнозирования и управления производством необходимо знать закономерности развития сложной экономической подсистемы. Проведён анализ закономерностей развития зернового подкомплекса АПК Ставропольского края с помощью нелинейной динамической математической модели в виде дифференциального логистического уравнения, построенного на основе статистических данных по урожайности.

Универсальной приближенной нелинейной моделью динамических систем является модель  $\dot{x} = ax - bx^2$  - логистическая модель. В синергетике этому уравнению соответствует катастрофа типа «складка». В качестве параметра  $x$  в нашей задаче используем урожайность производства озимой пшеницы. Урожайность зерновых измеряемая раз в год при использовании логистической модели будет подчиняться разностному уравнению

$$x_{n+1} = ax_n - bx_n^2, \quad n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

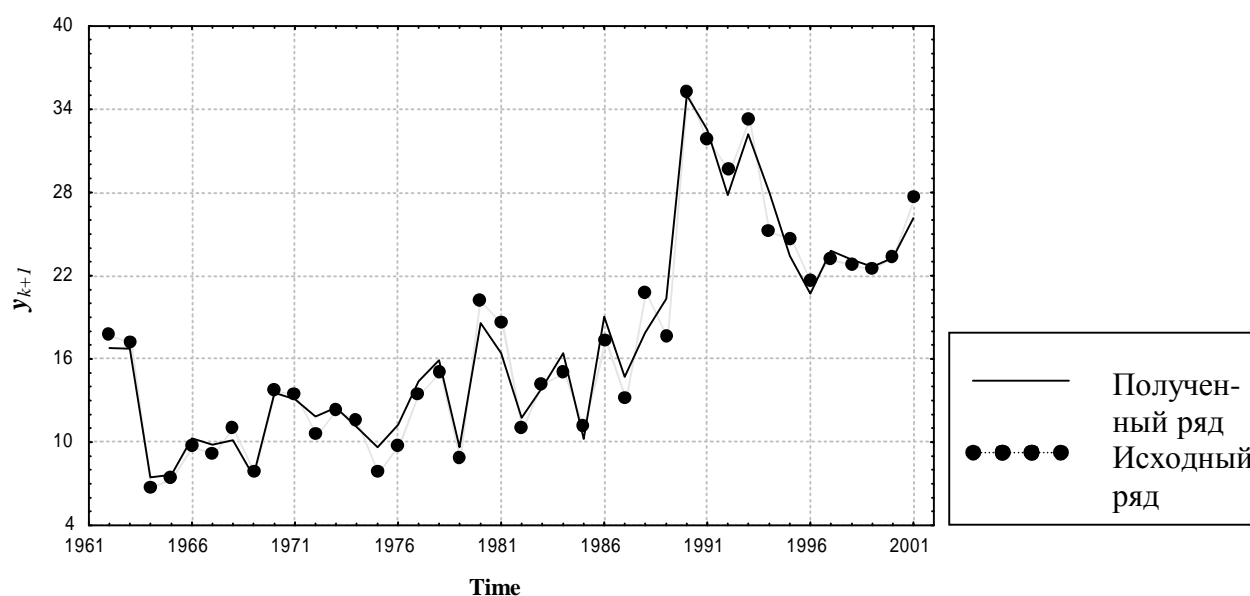
Используя метод наименьших квадратов и статистические данные, находим «коэффициенты» уравнения (1), которые для нестационарных режимов зависят от времени. Произведя замену переменных в (1)  $x_n = \frac{a}{b} y_n$ , получим уравнение вида

$$y_{n+1} = ry_n(1 - y_n), \quad 0 \leq y_n \leq 1. \quad (2)$$

При  $0 < r < 1$  логистическое отображение имеет единственную неподвижную точку  $y = 0$ , которая является устойчивой. Если  $1 \leq r < 3$ , то точка  $y = 0$  является неустойчивой, но появляется еще одна неподвижная точка  $\tilde{y} = 1 - \frac{1}{r}$ , которая в указанном диапазоне изменения управляющего параметра  $r$  оказывается устойчивой. Когда  $3 \leq r < 1 + \sqrt{6}$ , отображение (2) претерпевает бифурка-

цию: неподвижная точка  $\tilde{y} = 1 - \frac{1}{r}$  становится неустойчивой, и вместо нее появляется устойчивый двукратный цикл. Последовательные бифуркации удвоения периодов притягивающего цикла отображения (2) происходят до значения  $r = r_\infty \approx 3.5699$ , при котором притягивающий цикл достигает бесконечно большого периода, а циклы периодов  $2^m$ ,  $m = 1, 2, \dots$ , будут отталкивающими. При  $r_\infty < r \leq 4$  (2) имеет циклы с любым периодом, в том числе и непериодические траектории, не притягивающиеся к циклам, то есть динамика будет соответствовать динамическому хаосу.

В зависимости от управляющего параметра в (2) в системе может реализоваться либо регулярный режим движения – стационарный, бифуркационный или хаотический. Необходимо определять значение управляющего параметра на отдельных временных интервалах. Используя метод наименьших квадратов, на каждом участке времени можно получить наиболее оптимальное разностное уравнение. На рисунке 1 представлен исходный ряд данных и ряд, полученный в результате аппроксимации.



**Рис. 1 - Результаты нелинейной аппроксимации временного ряда урожайности.**

Анализ значений управляющего параметра показал, что с 1981 года по 1985 год значение управляющего параметра попадает в диапазон бифуркаций. Бифуркационный период развития системы совпадает с нестабильными го-

дами перестройки, ломки экономических отношений и соответствует реальным колебаниям урожайности за этот период.

С 1999 года по 2002 год динамическая сельскохозяйственная система производства озимой пшеницы оптимально описывается дискретным отображением вида  $x_{n+1} = 1.27 \cdot x_n - 0.013 \cdot x_n^2$ , где  $r = 1.27 < 3$ . Прогнозное значение урожайности на 2004 г. полученное в модели составило 33.27 ц/га., фактическое значение 34. 1 ц/га.

Исследован временной ряд динамики курса акций компании "Лукойл" за период дефолта с 19 августа 1998 года по 14 сентября 1998 года. Показано, что на этом промежутке времени поведение акций компании "Лукойл" соответствует динамическому хаосу.

Основная структура хаотической системы при самоорганизации, содержащая в себе всю информацию о системе, а именно странный аттрактор динамической системы, может быть восстановлен через измерение одной наблюдаемой этой системы – курса акций, фиксированной как временной ряд.

На основе ряда построен аттрактор системы для размерности вложения равной трем. Внутренняя структура системы такова, что курс акций стремиться к определенной притягивающей траектории в 40-45 рублей. Можно утверждать, что адекватные прогнозы можно сделать только для цен курсов акций, формирующих область притяжения аттрактора. Наибольший показатель Ляпунова для динамики курса акций «Лукойл» в этот период составляет 0.5763 бит/день. Это означает, что можно делать адекватные прогнозы на  $1/0.5763 = 1.735$  дня.