

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОТРАСЛЕЙ

© 2004 В. К. Семёнычев

Самарский государственный аэрокосмический университет

Предложено математическое и инструментальное обеспечение экономической безопасности социально-экономических систем путем структурной, параметрической идентификации и прогнозирования экономических показателей на основе моделей авторегрессии - скользящего среднего.

Известно более тридцати определений экономической безопасности экономических систем (народного хозяйства в целом, отдельных регионов страны, сфер и отраслей хозяйства, субъектов хозяйственной деятельности) [1 - 4], в каждом из которых используются некоторые показатели системы, определяющие ее способность поддерживать нормальные условия, характеризующие устойчивость при возможных внешних и внутренних угрозах, действию непредсказуемых и трудно прогнозируемых факторов, способность к постоянному обновлению и самосовершенствованию.

Известно до сорока различных показателей, которые можно объединить в три группы.

1. Показатели экономического роста (динамика и структура национального производства и дохода, показатели объемов и темпов промышленного производства, капиталовложения и др.).

2. Характеристики динамичности и адаптивности хозяйственного механизма, а также его зависимости от внешних факторов (уровня инфляции, дефицита консолидированного бюджета, действия внешнеэкономических факторов, стабильности национальной валюты, внутренней и внешней задолженности); параметры качества жизни (ВВП на душу населения, уровень дифференциации доходов, обеспеченность основных групп населения материальными благами и услугами, трудоспособность населения, состояние окружающей среды и т. д.).

3. Природно-ресурсный, производственный и научно-технический потенциалы и др.

Обычно необходимо определять (спрогнозировать заранее, принять решение с учетом) пороговые значения этих показателей, достижение которых препятствует нормальному ходу развития различных элементов воспроизводства, приводит к формированию негативных, разрушительных тенденций.

Решение задачи обеспечения экономической безопасности на всех уровнях - стратегическом, тактическом и оперативном - путем прогнозирования предполагает моделирование социально-экономической системы и внешней среды, мониторинг показателей.

Для решения задачи повышения точности и быстродействия идентификации моделей учтем два общих свойства всех показателей экономической безопасности: вероятностный характер достижения ими и параметрами внешней среды пороговых значений (что требует обязательного применения статистических методов) и их динамический характер, связанный с развитием (деградацией) экономической системы или с изменением параметров внешней среды.

Второе обстоятельство делает целесообразным рассмотрение возможных структур показателей:

аддитивной $Y = T + Ц + C + \xi$,

мультипликативной $Y = T Ц C \xi$

или аддитивно-мультипликативной

$$Y = (T + Ц) C + \xi,$$

где T – тренд (тенденция, характеризующая совокупное и долговременное воздействие множества факторов на динамику изучаемого показателя); $Ц$ - цикл, представляющий собой периодический компонент (инвестици-

онный, строительный, экономический циклы Джанглера, Кондратьева и др.) показателя с периодом от года до 60 лет; C – периодический сезонный компонент с периодом до года; ξ – эволюционный стохастический компонент, определяемый как внешними, так и внутренними факторами, относительно которого обычно принимают допущения о нормальности закона ее распределения, постоянстве дисперсии и дельта–коррелированности значений [5].

Тренды часто моделируют алгебраическими и гиперболическими полиномами, обобщенной обратной или дробно-рациональной функциями, а периодический компонент $\Pi(t)$ предполагают гармоническим или представляют в виде разложения в ряд Фурье [5, 6]:

$$\text{Ц} \cup \text{С} = \Pi(t) = A_0/2 + \sum_{r=1}^{\infty} (A_r \text{Cos } \omega t + B_r \text{Sin } \omega t),$$

где обычно $r \leq 3$.

Наиболее общей моделью для отсчетов $Y_k = Y(T_k) = Y(\Delta k)$ траекторий неслучайных компонент экономических показателей являются обобщенные квазиполиномы [6]

$$Y_k = \sum_{i=1}^m A_i T_k^{B_i} \exp(C_i T_k) \text{Cos}(\omega_i T_k + \phi_i).$$

Практическими важными частными случаями являются

$$Y_k = \exp(-\alpha_3 T_k) (A_3 T_k + A_4),$$

$$Y_k = A_1 \exp(-\alpha_1 T_k) + A_2 \exp(-\alpha_2 T_k) + \exp(-\alpha_3 T_k) (A_3 T_k + A_4),$$

$$Y_k = C T_k + B + A \text{Cos}(\omega T_k + \phi);$$

$$Y_k = (C T_k + B) \text{Cos}(\omega T_k + \phi),$$

где Δ – период дискретизации (взятия отсчетов); $A_i, B_i, C_i, \omega_i, \alpha_i, \phi_i \in \mathbb{R}$.

Значительный интерес представляют логистические кривые для моделей трендов, характеризующие качественные изменения (со сменой знака вторых производных) в динамике экономической системы, например:

$$T(t) = AB^{Ct},$$

$$T(t) = \frac{1}{A + \sum_{i=1}^m B_i \exp(-C_i t)},$$

$$T(t) = A \exp(-\alpha/t);$$

$$T(t) = A \exp\{-B \exp(-Ct)\}.$$

Для мониторинга экономической безопасности используется и следующая модель кризисов, известная как «мультипликатор - акселератор»:

$$Y_k = A + B \exp(\alpha T_k) \text{Cos}(\omega T_k + \phi).$$

Для приведенных и ряда других моделей экономической динамики удалось получить, используя аппарат Z - преобразований [7], общее решение задачи идентификации и прогнозирования при помощи составления авторегрессии отсчетов траекторий

$$Y_k = \sum_{i=1}^p \lambda_i Y_{k-i} + \xi_k$$

с постоянными λ_i коэффициентами, диапазон значений которых, как и порядок « P » авторегрессии, определяется структурой, видом и параметрами моделей неслучайных компонент.

В ряде частных случаев имеется «нестационарная» [8] авторегрессия с множителями $\psi_1(k)$, зависящими от вида модели и от номеров начала отсчетов

$$Y_k \psi_0(k) = \sum_{i=1}^p \lambda_i \psi_1(k) Y_{k-i} + \xi_k.$$

Мониторинг экономической безопасности предлагается реализовывать в шесть этапов.

На первом этапе с использованием известных программных средств [5] определяется порядок авторегрессии и ее стационарность.

На втором этапе формируется и решается система линейных алгебраических уравнений Юла-Уокера для получения МНК - оценок λ_i из условий

$$\lambda_1^\circ = \arg \min_{\lambda_1} M \left\{ Y_k - \sum_{l=1}^p \lambda_l Y_{k-l} \right\}^2$$

или

$$\lambda_1^\circ = \arg \min_{\lambda_1} M \left\{ Y_k \psi_0(k) - \sum_{l=1}^p \lambda_l \psi_1(k) Y_{k-l} \right\}^2.$$

На третьем этапе по определенному ранее порядку авторегрессии, вычисленным значениям λ_1° и соотношениям значений λ_1° осуществляется структурная идентификация моделей параметров, т. е. определяется вид и структура модели динамики контролируемого(мых) параметра(ров). Соответствующие условия структурной идентификации сформулированы для большинства практически важных моделей, и лишь в отдельных случаях требуются априорные знания о возможном классе динамики показателя. На этом же этапе с учетом проведенного Z-преобразования и принятых обозначений рассчитываются МНК-оценки авторегрессионных параметров моделей, не зависящие от текущих отсчетов (например, ω_1° , α_1°).

В силу того, что схемы авторегрессии линейны относительно λ_1 , получаемые МНК-оценки авторегрессионных параметров моделей динамики показателей оказываются несмещенными и эффективными. В отдельных случаях может быть оправдано применение обобщенного МНК с весами при суммировании значений ординат.

Четвертый этап мониторинга позволяет, используя полученные ранее оценки λ_1° , путем решения соответствующих систем линейных уравнений Юла-Уокера определить МНК-оценки параметров моделей, зависящие от начальных отсчетов, например, A_1 , B_1 , C_1 , ϕ_1 - параметров скользящего среднего.

Этим расчетом заканчивается параметрическая идентификация моделей, что позволяет на следующем, пятом этапе, рассчитать сглаженные, защищенные от действия стохастического компонента значения траектории, а также отдельные траектории тренда, цикла и сезонного компонента. Заметим, что значения каждого из компонент определяются в предложенном подходе с высокой точностью по одной и той же и, как можно показать,

малой по объему выборке: до десяти – двенадцати отсчетов.

Подстановка в идентифицированную модель «будущих» значений аргумента «к» позволяет на шестом этапе экономического мониторинга осуществлять прогнозирование значений экономического показателя, сравнивать их с пороговым и принимать решения об экономической безопасности предприятий и отраслей. Прогнозирование обычно оправдано на среднесрочную перспективу: не более чем на одну треть от длительности времени наблюдения при идентификации.

Предложенный подход применим более чем для тридцати моделей динамики экономических показателей; требует минимальных априорных знаний о структуре моделей и осуществляет их структурную идентификацию; не требует нелинейной операции логарифмирования отсчетов; позволяет получить несмещенные и эффективные оценки на коротких выборках и анализировать нестационарную динамику.

Список литературы

1. «О Государственной стратегии экономической безопасности Российской Федерации (Основных положениях)». Указ Президента Российской Федерации от 29.04.96 г. № 608.
2. Арсентьев М. Экономическая безопасность. Обозреватель, №5, 1998 г.
3. Загашвили В. С. Экономическая безопасность России. М., Юристъ. 1997 г.
4. Основы экономической безопасности (государство, регион, предприятие, личность). /Под редакцией Олейникова Е. А. ЗАО «Бизнес-школа «Интел-Синтез», 1997 г.
5. Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М.: Финансы и статистика. 2001.
6. Гранберг А. Г. Динамические модели народного хозяйства. М.: Экономика. 1985.
7. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования. М.: Наука. 1971.
8. Нефедов А. П., Семёнычев В. К., Семёнычев Е. В. Определение параметров колеблемости и трендов на основе моделей авторегрессии. Сб. Управление организационно-экономическими системами: моделирование взаимодействий, принятие решений. Самара: СГАУ, 2002. - С. 47 - 49.

**MATHEMATICAL AND INSTRUMENTAL PROVISION OF ECONOMIC
SECURITY OF BUSINESS AND INDUSTRIES**

© 2004 V. K. Semyonychev

Samara State Aerospace University

The paper proposes mathematical and instrumental provision of economic security of social and economic systems by structural parametric identification and forecasting economic indicators on the basis of autoregression – moving average models.