



## ЦЕНТР МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Тел.: (499)129-17-22, факс: (499)129-09-22, e-mail: mail@forecast.ru, http://www.forecast.ru

---

### **О методологии построения опережающих индикаторов ЦМАКП**

*М. Мамонов, ведущий эксперт ЦМАКП*

В состав сводных опережающих индикаторов (СОИ) системных рисков финансового сектора и макроэкономических кризисов входят:

1. СОИ отдельных видов рисков (кредитных, ликвидности и валютных рисков), разработанные в рамках сигнального подхода (Kaminsky et al., 1998) по макроэкономическим данным России;
2. СОИ системного банковского кризиса, СОИ входа экономики в состояние рецессии и СОИ выхода из рецессии, построенные на основе эконометрического подхода (бинарных *logit*-моделей) на панельных данных по выборке стран, включая Россию.

#### *Методология сигнального подхода*

Авторы (Kaminsky et al., 1998) разработали *сигнальный подход* (signal approach) и предложили использовать его при построении системы раннего оповещения о наступлении валютных кризисов. Последовавшие работы применили методологию сигнального подхода к разработке систем раннего оповещения финансовых, в частности, банковских кризисов (не только валютных)<sup>1</sup>.

В основе сигнального подхода лежит анализ поведения определенного набора макроэкономических и финансовых индикаторов - возможных предвестников кризиса и потому называемых частными индикаторами в течение трех типов периодов: в бескризисное время, в предкризисные

---

<sup>1</sup> Среди подобных работ выделяются, например, (Kaminsky, Reinhart, 1999), (Berg, Pattillo, 1999), (Davis, Karim, 2008), исследующих построение систем раннего оповещения на основе межстрановых данных; (Peng, Vajona, 2008) и (Abberger et al., 2009) – построение систем раннего оповещения для отдельных стран (Китая и Казахстана). Среди работ российских авторов выделяются (Улюкаев, Трунин, 2008) и (Мамонов и др. 2011)

периоды и в периоды реализации кризисов. Ключевым идентифицируемым событием в бескризисные периоды, на основе которого можно судить о работоспособности частного индикатора, является его выход за некий индивидуальный порог (задается экспертно, см. рис. 1) значений, которые являются обычными (нормальными) в соответствующие периоды. Если такое событие наступает, его называют «сигналом» со стороны того или иного частного индикатора о приближающемся кризисе.

Сигналы делятся на «хорошие» (работоспособные, верные) и «плохие» (неработоспособные, ложные). Если частный индикатор подает сигнал в течение определенного промежутка времени до кризиса (называемого «сигнальным окном» — задается экспертно, см. рис. 1), то такой сигнал именуется «хорошим». Напротив, если частный индикатор посылает сигнал, однако кризис не происходит в течение длины «сигнального окна», то сигнал называется «плохим» (шумом).

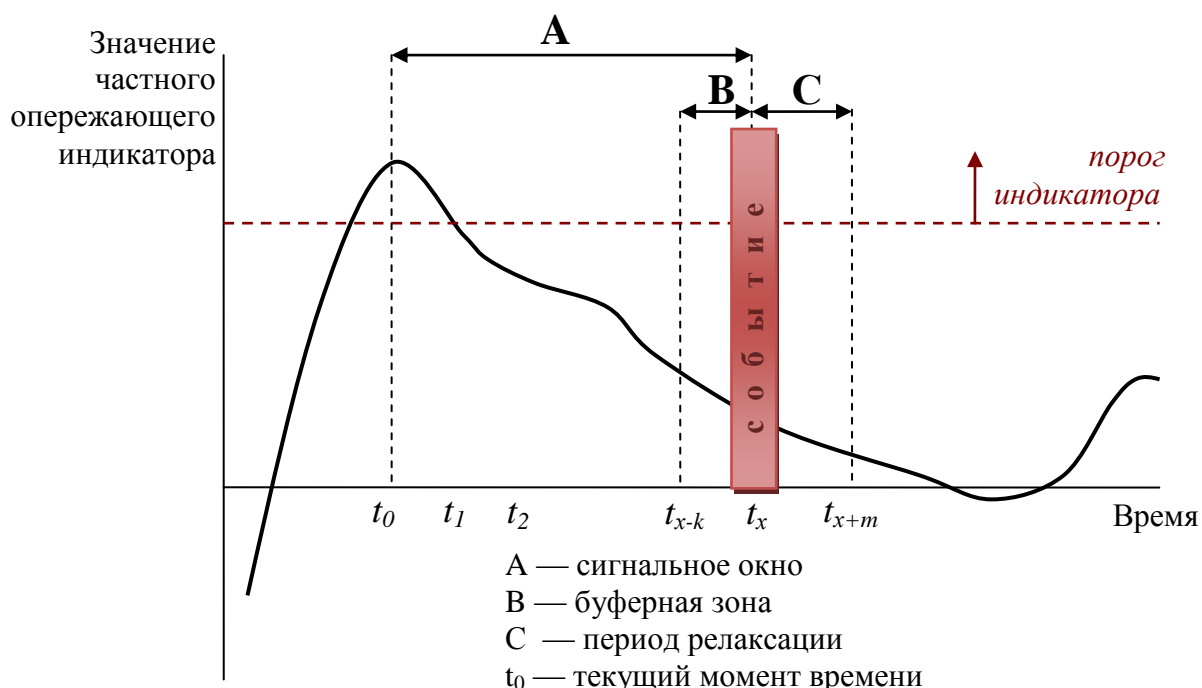


Рисунок 1 – Схема анализа поведения частных опережающих индикаторов

Заметим, что также важно отсеять слишком поздно поступающие сигналы частных индикаторов (менее, чем за квартал до наступления события). Их полезность невысока ввиду отсутствия пространства для

реагирования, что не позволяет правительству предотвратить или смягчить такое событие. Для этого вводится понятие «буферной зоны» (см. рис. 1), в которой поступающие сигналы не учитываются ни как «хорошие», ни в как «плохие».

После наступления анализируемого кризисного события наступает так называемый «период релаксации» (см. рис. 1), составляющий от 1 до 2 кварталов, - время, когда поступающие сигналы или их отсутствие также не принимаются во внимание. Последнее помогает снизить уровень «шума» (элиминирование так называемого «post-crisis bias» - посткризисного смещения), поскольку в новом «кризисном» состоянии ряд секторов приходят в неравновесное состояние, что может привести к подаче «ложных сигналов».

Критерием работоспособности частного индикатора будем считать показатель отношения совокупного числа «плохих» сигналов к числу «хороших» (коэффициент шум-сигнал): чем меньше такое отношение, тем более работоспособным является соответствующий индикатор для построения сводного опережающего индикатора (СОИ). Соответственно, на практике реализация такого критерия позволяет определить оптимальные — в смысле отношения «плохих» сигналов к «хорошим» — индивидуальные пороговые значения для каждого из частных опережающих индикаторов.

Для реализации критерия шум-сигнал все доступные значения каждого из частных опережающих индикаторов классифицируют в четыре группы (см. табл. 1). Идеальный частный индикатор подразумевает, что его значения находятся только в ячейках *A* и *D* при найденных оптимальных пороговых значениях (отсутствие ошибок I и II рода). Менее работоспособный частный индикатор предполагает наличие ошибок II рода: иногда такой индикатор может подавать сигналы о приближении кризиса, однако в итоге кризиса не происходит. Соответственно, неработоспособный частный индикатор — это индикатор, подверженный ошибкам I рода: кризис происходит, однако сигнала со стороны индикатора не было подано. Ошибки II рода допустимы

и нормальны при активном использовании сигнального подхода и, напротив, ошибки I рода крайне нежелательны. Логика состоит в следующем: лучше быть подготовленным к кризису и задействовать необходимые для этого ресурсы — даже если в итоге кризис не происходит, чем оказаться в состоянии кризиса и понимать, что для его предотвращения ничего не было предпринято.

Таблица 1 – Распределение значений частных индикаторов

Сигнал	кризис реализовался в течение «сигнального окна»	кризис не реализовался в течение «сигнального окна»
был подан	A	B (ошибка II рода)
не был подан	C (ошибка I рода)	D

*Источник: Kaminsky et al. 1998*

Заметим, что числа  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  рассчитываются отдельно для каждого из выбранных частных индикаторов. Их значения используются для расчета таких показателей, как условная и безусловная вероятности кризиса, коэффициент шум-сигнал и сводный опережающий индикатор (СОИ) кризиса.

Безусловная вероятность  $Prob(Crisis)$  наступления кризиса — отношение наблюдений, за которыми в течение «сигнального окна» следовал кризис, ко всем наблюдениям:

$$Prob(Crisis) \cong \frac{A + C}{A + B + C + D} \quad (1)$$

Заметим, что устанавливаемые индивидуальные пороговые значения по каждому из частных индикаторов влияют только на сами числа  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$ , но не влияют на суммы  $(A+C)$  и  $(A+B+C+D)$ , т.е. на числитель и знаменатель в формуле (1).

Условная вероятность  $Prob(Crisis/Signal)$ , или вероятность наступления кризиса при условии подачи сигнала, определяется следующим образом:

$$Prob(Crisis|Signal) \cong \frac{A}{A + B} \quad (2)$$

В отличие от формулы (1), выражение (2) существенным образом зависит от выбираемого порогового значения для каждого из частных индикаторов.

Высокая работоспособность каждого из частных индикаторов предполагает, что вероятность реализации кризиса при условии подачи сигнала будет больше, чем безусловная вероятность:

$$\text{Prob}(\text{Crisis} | \text{Signal}) \geq \text{Prob}(\text{Crisis}) \quad (3)$$

По аналогии с работой (Улюкаев, Трунин, 2008) условие (3) будем считать необходимым при выборе оптимального порогового значения. Достаточными условиями будем называть, во-первых, выполнение критерия минимизации отношения «плохих» сигналов (N, noise) к «хорошим» (S, signals):

$$\frac{\text{Noise}}{\text{Signal}} = \frac{B/(B+D)}{A/(A+C)} \rightarrow \min, \quad (4)$$

во-вторых, как можно более высокую долю верно предсказываемых частным индикатором кризисов в общем числе кризисов (PC).

После итогового утверждения набора работоспособных частных индикаторов, расчета на их основе безусловных (1) и условных (2) вероятностей кризиса (для каждого индикатора — одна безусловная и одна условная вероятность) обычно рассчитывают сводный опережающий индикатор (СОИ) кризиса. Такой расчет включает в себя следующие две процедуры.

Первая содержит расчет числа поданных сигналов каждым из частных индикаторов. Пусть матрица  $X$  размером  $n \times k$  ( $n$  — число наблюдений,  $k$  — число частных индикаторов) состоит из векторов-столбцов доступных значений частных индикаторов. Тогда частный индикатор  $X^j$  ( $j = 1, \dots, k$ ) подает сигнал в период  $t$  (фиктивная переменная  $\text{Signal}_t^j$  принимает значение 1), если он в этот период пересекает рассчитанное пороговое значение:

$$\text{Signal}_t^j = 1 \quad \text{if} \quad \text{Signal}_t^j, |X_t^j| \geq |\bar{X}^j| \quad \text{for} \quad j = 1, \dots, k \quad (5)$$

Вторая процедура состоит из агрегирования поданных сигналов каждым из  $k$  частных индикаторов в сводный опережающий индикатор (СОИ) кризиса с учетом индивидуального веса каждого такого индикатора. Вес  $j$ -го частного индикатора определяется как превышение условной вероятности кризиса над безусловной, рассчитанной для этого индикатора. В итоге значение сводного опережающего индикатора (СОИ) реализации кризиса типа  $r \in \{1, \dots, R\}$ <sup>2</sup> в каждый момент времени  $t$  представляется следующей формулой:

$$I_t^{(r)} = \sum_{i=1}^n S_t^{(i)} \cdot \left( \text{Prob}^{(r)}(\text{Crisis} | \text{Signal}) - \text{Prob}^{(r)}(\text{Crisis}) \right) \quad (6)$$

Отметим, что, поскольку веса частных индикаторов определяются независимо друг от друга, то сумма таких весов не обязана равняться единице. Вес каждого индикатора отражает его индивидуальную прогностическую силу.

#### *Использование элементов методологии сигнального подхода в эконометрическом подходе*

Некоторые элементы методологии сигнального подхода могут быть успешно использованы при построении сводных опережающих индикаторов в рамках эконометрического подхода (например, в бинарных и множественных *logit*- или *probit*-моделях входа / выхода экономики из состояния рецессии и др.). Можно выделить два таких ключевых элемента — расчет коэффициента шум-сигнал и доли верно предсказанных кризисных эпизодов. Однако, в отличие от сигнального подхода, в котором эти показатели рассчитываются для частных опережающих индикаторов, в эконометрическом подходе оба показателя достаточно рассчитывать для сводного опережающего индикатора (СОИ).

---

<sup>2</sup> Например, валютного кризиса, кризиса «плохих» долгов (ухудшения качества кредитного портфеля банковской системы), кризиса ликвидности (вызванного значительным оттоком вкладов) и др.

В типичной *logit*- или *probit*-модели, нацеленной на построение опережающего индикатора того или иного события, строится зависимость вероятности такого события от конкретного набора лагированных<sup>3</sup> значений объясняющих переменных. Оценка такой зависимости обычно производится с помощью различных вариаций метода максимального правдоподобия (ML, Maximum Likelihood).

Оцененные эластичности вероятности моделируемого события по выбранному набору лагированных значений объясняющих переменных позволяют построить модельные значения вероятности реализации события, которые суть являются значениями сводного опережающего индикатора (СОИ)<sup>4</sup>.

Далее, на доступном историческом промежутке времени анализируется, насколько динамика построенного СОИ в периоды реализации события отличается от значения СОИ во все прочие периоды<sup>5</sup>. Для этого, как и в сигнальном подходе, осуществляется перебор возможных пороговых значений<sup>6</sup> и производится расчет значений *A*, *B*, *C* и *D* (см. табл. 1).

Рассчитанные числа *A*, *B*, *C* и *D* позволяют определить значения таких показателей, как коэффициент шум-сигнал и доля верно предсказанных событий.

Критерием выбора оптимального порогового значения является минимизация показателя коэффициента шум-сигнал при заданном значении доли верно предсказанных событий (например, не менее 75% от их общего числа). Такой и аналогичный ему критерии, примененные в рамках эконометрического подхода, позволяют выявлять качество СОИ — его

---

<sup>3</sup> Для годовых данных величина лага составляет обычно один год, реже — два; для квартальных данных — от одного-двух до восьми кварталов

<sup>4</sup> Поскольку они становятся доступными за лаг до наступления события

<sup>5</sup> В этом отношении необходимо отвечать на вопрос: есть ли всплески, шоки и т.п. в динамике СОИ, что могло бы быть предвестником реализации события?

<sup>6</sup> В (Marcellino, 2006) отмечается, что пороговые значения опережающих индикаторов в эконометрическом подходе должны быть «функцией от предпочтений исследователя», т.е. должны отражать решаемые исследователем проблемы. Поэтому возможные пороги не должны ограничиваться значением 0.5, как по умолчанию предполагается в *logit*- и *probit*-моделях, поскольку это может критическим образом ограничить предсказательную силу СОИ.

предсказательную силу (работоспособность), а также четко идентифицировать ошибки I и II родов, что может облегчить в будущем их устранение.



## Литература

1. **Мамонов М.Е., Пестова А.А., Солнцев О.Г., Магомедова З.М.** (2011): Опыт разработки системы раннего оповещения о финансовых кризисах и прогноз развития банковского сектора на 2012 гг. // *Журнал новой экономической ассоциации*. №12. С. 41-76
2. **Улюкаев А.В., Трунин П.В.** (2008): Применение сигнального подхода к разработке индикаторов — предвестников финансовой нестабильности в РФ // *Проблемы прогнозирования*. №5. С. 100-109.
3. **Abberger K., Nierhaus W., Shaikh S.** (2009): Findings of the Signal Approach for Financial Monitoring in Kazakhstan. CESIFO Working Paper No. 2774.
4. **Peng D., Bajona C.** (2008): China's Vulnerability to Currency Crisis: A KLR Signals Approach // *China Economic Review*. № 19(2). P. 138-151
5. **Kaminsky G.L., Lizondo S., Reinhart C.M.** (1998): Leading Indicators of Currency Crises. IMF Staff Papers. Vol. 45, P.1-48.
6. **Kaminsky G.L. Reinhart C.M.** (1999): The Twin Crises: The Causes of Banking and Balance-of-Payments Problems // *American Economic Review*. № 89(3). P. 473-500.
7. **Davis E.P., Karim I.** (2008): Comparing Early Warning Systems for Banking Crises // *Journal of Financial Stability*. № 4 (2008). P. 89–120.
8. **Demirguc-Kunt A., Detragiache E.** (1998): The Determinants of Banking Crises in Developing and Developed Countries Working Paper // IMF Staff Papers Vol.45, No.1 (March 1998)
9. **Bussiere M., Fratzscher M.** (2006): Towards a New Early Warning System of Financial Crises // *Journal of International Money and Finance*. № 25. P. 953-973.
10. **Berg A., Pattillo C.** (1999): Predicting currency crises: The indicators approach and an alternative // *Journal of International Money and Finance*, Volume 18, Issue 4, August 1999, pp. 561-586