

Член-корреспондент НАН Украины А. И. Шевченко, А. С. Миненко,  
А. А. Замула

## Об одном подходе при моделировании сложных систем

*Построена системно-динамическая модель деятельности банковской системы, получены функциональные зависимости между основными факторами влияния. В результате реализации модели получен прогноз ключевых показателей банковской системы на пять лет, выявлены основные тенденции развития.*

**Постановка задачи.** Данная работа посвящена моделированию сложных систем применительно к банковской деятельности. Построенная модель позволит выявить основные закономерности и тенденции развития, факторы, влияющие на финансовые результаты банковской системы, а также осуществить прогноз его дальнейшей деятельности. При построении математической модели банковской системы выделяются следующие основные факторы, влияющие на эту систему: 1) образование (уровень развития общего и специального образования); 2) мировая экономика (показатель кредитования частного сектора LPS, индекс настроений в экономике EMU); 3) валовый внутренний продукт (ВВП); 4) инвестиции (показывают суммарный объем капиталовложений всех предприятий страны); 5) промышленность — показатель объема промышленного производства, занимающего значительную долю в ВВП государства; 6) резервы банка; 7) объем кредитования; 8) объем привлеченных денежных средств — депозитов [1].

Ставится задача: построить динамическую модель деятельности банковской системы, учитывающей основные факторы влияния на макроуровне с целью получения прогноза основных показателей и анализа общих тенденций развития.

**Построение динамической модели.** Шагом моделирования служит один год, а интервалом — пять лет. Построенная математическая модель должна основываться на принципах системной динамики [2]. Следовательно, необходимо ввести описание уровней, темпов и переменных модели. При построении уравнений переменные были разделены на два больших класса — уровни и темпы. Для данной модели банковской системы целесообразно ввести один уровень — уровень накопленной прибыли (капитализации). Основными темпами в модели являются: 1) темп доходов банковской системы (bs); 2) темп расходов bs.

Уровень капитализации опишем с помощью следующего уравнения:

$$K_{bs} = K_{bs} + \int_{t_0}^t P_{bs} dt,$$

где  $K_{bs}$  — уровень капитализации банковской системы в момент времени  $t$ ;  $P_{bs}$  — объем прибыли —  $P_{bs} = D_{bs} - R_{bs}$  ( $D_{bs}$  — доходы bs,  $R_{bs}$  — расходы bs).

Темпы доходов и расходов описываются уравнениями

$$D_{bs(t)} = \frac{c(t)r_k(t)}{100},$$

где  $c(t)$  — объем кредитования bs в момент времени  $t$ ;  $r_k(t)$  — среднегодовая процентная ставка по кредитам в процентах,

$$R_{bs(t)} = \frac{d(t)r_d(t)}{100} + OR(t) + \text{Reserv.}$$

Здесь  $d(t)$  — объем привлеченных денежных средств (депозитов) в момент времени  $t$ ;  $r_d(t)$  — среднегодовая процентная ставка по депозитам в процентах;  $OR(t)$  — размер обязательного резерва —  $OR(t) = n(t)d(t)/100$ , где  $n(t)$  — норма обязательного резерва, установленная НБУ в процентах;  $\text{Reserv}$  — объем резервов на покрытие убытков.

Единицей измерения показателей  $K_{bs}$ ,  $D_{bs}$ ,  $R_{bs}$ ,  $c(t)$ ,  $d(t)$ ,  $P_{bs(t)}$ ,  $OR(t)$ ,  $\text{Reserv}$  служит млн грн/год.

**Построение функциональных зависимостей.** Для выявления функциональных зависимостей между переменными использовались официальные данные за 10 лет [3].

Вид функциональных зависимостей определялся исходя из максимального значения коэффициента детерминации ( $R^2$ ) и минимального значения среднеквадратической ошибки прогноза ( $\sigma$ ) [4]. Таким образом, можно получить следующие функциональные зависимости ( $t \in [1, 5]$ ):

1) процентная ставка по кредитам

$$r_k(t) = y_1 = 0,0397t^3 - 0,402t^2 - 0,3357t + 29,16, \quad R^2 = 0,93, \quad \sigma = 0,024;$$

2) процентная ставка по депозитам

$$r_d(t) = y_2 = -0,025t^3 + 0,6529t^2 - 4,7145t + 17,617, \quad R^2 = 0,90, \quad \sigma = 0,001;$$

3) индекс LPS

$$y_3 = -0,0052t^2 - 0,607t + 11,753, \quad R^2 = 0,98, \quad \sigma = 0,00029;$$

4) индекс EMU

$$y_4 = 0,014t^3 - 0,039t^2 - 4,539t + 104,04, \quad R^2 = 0,92, \quad \sigma = 0,001;$$

5) зависимость размера ВВП от объема промышленного производства

$$y_5 = 0,5051y_9^{1,067}, \quad R^2 = 0,95, \quad \sigma = 0,002;$$

6) объем депозитов

$$d(t) = y_6 = -2245,9t^3 + 49688t^2 - 209672t + 245723, \quad R^2 = 0,95, \quad \sigma = 0,003;$$

7) зависимость объема инвестиций от размера ВВП

$$y_7 = 0,0169y_5^{1,1835}, \quad R^2 = 0,95, \quad \sigma = 0,002;$$

8) зависимость объема кредитования от объема инвестиций ( $y_7$ ) и состояния мировой экономики ( $y_3$ ,  $y_4$ )

$$y_8 = 2,02y_7 - 161637,9y_3 - 13199,73y_4 + 333782,8, \quad R^2 = 0,99, \quad \sigma = 0,0004;$$

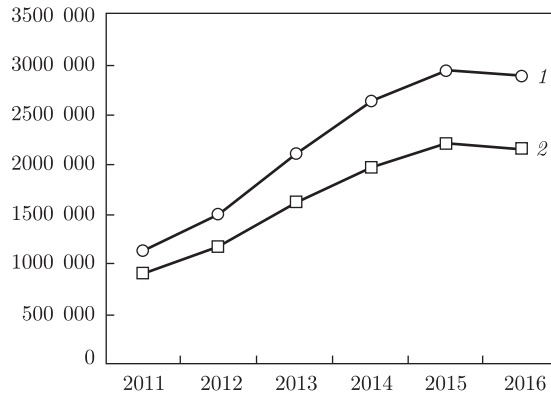


Рис. 1. Прогноз объема ВВП и промышленного производства: 1 — объем ВВП; 2 — объем промышленного производства

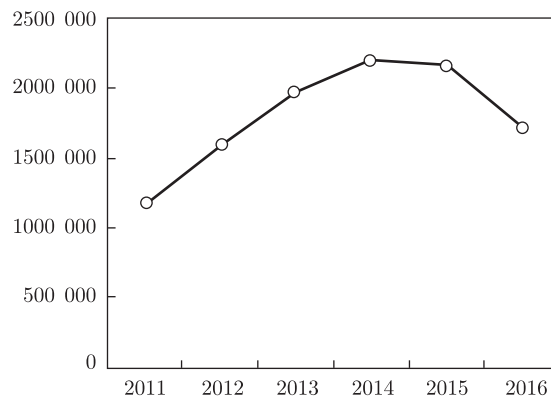


Рис. 2. Прогноз объема кредитования

9) объем промышленного производства

$$y_9 = -655,26t^3 + 16242t^2 - 38530t + 190742, \quad R^2 = 0,97, \quad \sigma = 0,0002;$$

10) объем резервов на покрытие убытков

$$\text{Reserv} = y_{10} = -67,782t^4 + 1884,4t^3 - 15166t^2 + 43545t - 31397, \quad R^2 = 0,93, \quad \sigma = 0,019.$$

Таким образом, построена динамическая модель банковской системы, в основу которой положено восемь факторов. Однако методика построения модели такова, что может быть использовано и большее число факторов.

В результате численной реализации получен прогноз банковской системы на пять лет. Выявлено, что на данном этапе банковская система находится в кризисном состоянии, происходит падение прибыли. Это связано с сокращением кредитных вложений, уменьшением объемов производства, падением уровня ВВП (рис. 1, 2).

*Замечание.* В дальнейшем предполагается организация интеллектуального управления банковской системой на основе построенной математической модели при помощи нечеткой логики. Данная работа является естественным продолжением результатов по моделированию сложных систем, полученных авторами ранее [1, 5].

1. Замула А. А. Моделирование деятельности банковской системы на макроуровне // Восточно-Европейский журн. передовых технологий. – 2011. – № 6. – С. 47–52.
2. Форрестер Дж. Мировая динамика. – Москва: Наука, 1978. – 164 с.
3. Официальный сайт Национального Банка Украины (электронный ресурс). – Режим доступа: www.bank.gov.ua.
4. Дащинская Н. П. Финансовая статистика. – Минск: БГУ, 2007. – 320 с.
5. Миненко А. С. Вариационные задачи со свободной границей. – Киев: Наук. думка, 2005. – 341 с.

*Институт информатики и искусственного  
интеллекта ДонНТУ, Донецк*

*Поступило в редакцию 19.03.2012*

Член-корреспондент НАН України **А. І. Шевченко, О. С. Міненко, А. О. Замула**

### **Про один підхід при моделюванні складних систем**

*Побудовано системно-динамічну модель діяльності банківської системи, одержано функціональні залежності між основними факторами впливу. В результаті реалізації моделі отримано прогноз ключових показників банківської системи на п'ять років, виявлено основні тенденції розвитку.*

Corresponding Member of the NAS of Ukraine **A. I. Shevchenko, A. S. Minenko,  
A. A. Zamula**

### **About one approach to the modeling of complex systems**

*A system dynamic model of bank system activity and the functional dependences between main factors are constructed. The forecast of the bank system key indices on five years and basic trends are obtained.*