

УДК 33

## Методы квалиметрической оценки прогнозирования финансовой ситуации на рынках посредством нейронной сети

**Константинова Елена Викторовна**

Финансовый директор,  
ООО ПСК «СтройСпецСервис»,  
150001, Российская Федерация, Ярославль ул. Туговская, 25,  
e-mail: elekonst1@gmail.com

### Аннотация

В статье рассмотрены методы расчета асинхронных оценок оценки финансовой ситуации на предприятии. Каждый из методов оценивает возможность формирования устойчивой экономической ситуации для целей развития предприятия. Представлен обзор методов расчета мультиагентной модели, а также сформирован методологический аспект представления эконометрической модели в условиях глобализации и становления наднациональных экономических институтов. Авторы статьи рекомендуют использовать представленную модель для экономического прогнозирования ситуаций на рынках, которые относят по методологии международных финансовых институтов к развивающимся.

### Для цитирования в научных исследованиях

Константинова Е.В. Методы квалиметрической оценки прогнозирования финансовой ситуации на рынках посредством нейронной сети // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2017. Том 7. № 7B. С. 200-208.

### Ключевые слова

Нейронная сеть, финансовые технологии, мониторинг, институт, развитие.

## Введение

Мультисеточные методы можно считать новой технологией, которая позволяет улучшать параметры уже известных параллельных асинхронных методов прогнозирования финансовой ситуации не только на предприятии, но также и на биржевых рынках. Основы данной технологии заложены еще в начале 1960-х годов, когда был описан мультисеточный алгоритм решения уравнения Пуассона на стандартном пятиточечном шаблоне. Этот метод переоткрыл W. Hackbush, который дал его строгое математическое обоснование и предложил ряд новых подходов [Antanasijević, Davor, et al., 2013]. Дальнейший стремительный рост исследований мультисеточных методов обеспечило их широкое применение в различных сферах, включая и нейронные сети [Lee, Jeong, Yilei Zhang, 2009]. Нейронные мультисеточные методы, описанные в 1990-е, базируются на применении правил обучения нейронных сетей в условиях наличия асинхронных принципов взаимодействия между нейронами [Panfilov, 2011].

## Основная часть

Рассмотрим систему разностных уравнений

$$L_h u_h(x) = f_h(x), x \in G \quad (1),$$

которая является аппроксимацией краевой задачи  $Lu = f$  на сетке  $G = \omega \cup \gamma$ , где  $\omega_h = \{x_i = ih, i = 1, \dots, N-1, h = \frac{1}{N}\}$  – множество внутренних узлов;  $\gamma_h = \{x_i = ih, i = 0, N, h = \frac{1}{N}\}$  – множество граничных узлов.

Пусть  $u_h(n)$  – аппроксимация решения  $u_h$ , которое соответствует итерационному шагу  $n$ . Тогда  $v_h(n)$  называют ошибкой такой аппроксимации при условии:

$$v_h(n) = u_h - u_h(n), \quad (2),$$

а неравенство задают в виде разницы:

$$d_h(n) = f_h - L_h u_h(n). \quad (3).$$

Используя (2) и (3), запишем уравнение для неравенства:

$$L_h v_h(n) = d_h(n), \quad (4),$$

что эквивалентно уравнению (1).

Введем упрощенный оператор  $\hat{L}_h$ , для которого всегда определен обращенный оператор  $\hat{L}_h^{-1}$ . Тогда итерационный процесс для определения очередного приближения  $v_h(n)$  можно задать уравнением:

$$v_h(n+1) = (I_h - \hat{L}_h^{-1}L_h)v_h(n), \quad (5),$$

где  $(I_h - \hat{L}_h^{-1}L_h): H_h \rightarrow H_h$  – оператор перехода,  $I_h$  – тождественный оператор.

Аналогично можно задать итерационный процесс для определения неравенства:

$$d_h(n+1) = L_h(L_h - \hat{L}_h^{-1}L_h)L_h^{-1}d_h(n) = (I_h - \hat{L}_h^{-1}L_h)d_h(n) \quad (6).$$

Рассмотрим возможность аппроксимации данной задачи на множестве сеток  $G^{(0)}, G^{(1)}, G^{(2)}, \dots, G^{(M)}$ , начиная с некоторой базовой сетки  $G^{(0)}$ , которая характеризуется наименьшим шагом дискретизации  $h_0$ . Величину шага дискретизации для произвольной сетки  $G^{(i)}$  можно записать следующим образом:

$$h_i = k^{(i)}h_{i-1} \quad (7),$$

где  $k^{(i)}$  – коэффициент роста шага дискретизации.

В большинстве случаев  $k^{(i)} = k = 2$ .

Переход от сетки  $G^{(i)}$  к сетке  $G^{(i+1)}$  происходит с помощью линейного оператора рестрикции:

$$R_i^{i+1}: H_i \rightarrow H_{i+1}, \quad (8),$$

а обратный переход задает линейный оператор пролонгации  $P_{i+1}^i$ :

$$P_{i+1}^i: H_{i+1} \rightarrow H_i \quad (9).$$

Для параметров  $d^{(i)}(n)$  и  $v^{(i)}(n)$ , соответствующих значениям неравенства и погрешности в узлах сетки  $G^{(i)}$ , оператор  $R_i^{i+1}$  задает переход:

$$d^{(i+1)}(n) = R_i^{i+1}d^{(i)}(n) \quad (10),$$

а оператор  $P_{i+1}^i$ :

$$v^{(i)}(n) = P_{i+1}^i v^{(i+1)}(n). \quad (11).$$

Рассмотрим последовательность мультисеточных вычислений на примере метода двухуровневой коррекции, заданного на последовательности сеток  $G^{(0)}, G^{(1)}$ .

Обозначим через  $S[u^{(0)}(n), L^{(0)}, f^{(0)}]$  итерационную схему на сетке  $G^{(0)}$ , а через  $S[v^{(i)}(n), L^{(i)}, d^i(n)]$  – итерационную схему на произвольной грубой сетке  $G^{(i)}, i > 0$ , на итерационной плоскости  $n$ . Тогда следующая последовательность операций будет составлять алгоритм реализации упомянутого метода.

1. Сглаживание на сетке  $G^{(0)}$ :

$$u^{(0)}(n) = S[u^{(0)}(n), L^{(0)}, f^{(0)}] \quad (12).$$

2. Вычисление неравенства на точной сетке:

$$d^{(0)}(n) = f^{(0)} - L^{(0)}u^{(0)}(n) \quad (13).$$

3. Операция рестрикции на грубую сетку:

$$d^{(1)}(n) = R_0^1 d^{(0)}(n) \quad (14).$$

4. Сглаживание погрешности на сетке  $G^{(1)}$ :

$$v^{(1)}(n) = S[v^{(1)}(n), L^{(1)}, d^{(1)}(n)] \quad (15).$$

5. Пролонгация погрешности:

$$v^{(0)}(n) = P_1^0 v^{(1)}(n) \quad (16).$$

6. Вычисление новой аппроксимации:

$$u^{(0)}(n+1) = u^{(0)}(n) + v^{(0)}(n) \quad (17).$$

7. Повторение пунктов 1-6 до достижения сходимости.

Данный подход стал базовым для дальнейших исследований мультисеточных методов с целью улучшения скорости сходимости [6]. Такие исследования охватывают ряд основных направлений:

- применение нелинейных операторов рестрикции  $R_i^{i+1}$  и пролонгации  $P_{i+1}^i$ ;

- использование более точных методов дискретизации для дифференциальных уравнений с частными производными;
- получение точного решения на грубой сетке;
- использование сложных итерационных схем сглаживания.

Естественным обобщением метода двухуровневой корреляции является переход от двух сеток  $G^{(0)}, G^{(1)}$  до использования некоторой последовательности сеток  $G^{(0)}, G^{(1)}, \dots, G^{(M)}$ , где  $M$  – номер сетки, которая содержит только одну точку.

На рисунке 1 показан пример сетевой последовательности, которая состоит из четырех сеток и характеризуется типичным коэффициентом роста шага дискретизации  $h_i = 2h_{i-1}, 0 < i < 4$ . Сетку  $G^{(0)}$ , которая характеризуется наименьшим шагом дискретизации, называют точной сеткой, а множество  $\{G^{(i)} | i > 0\}$  – плоскостью грубой сетки (рис. 1).

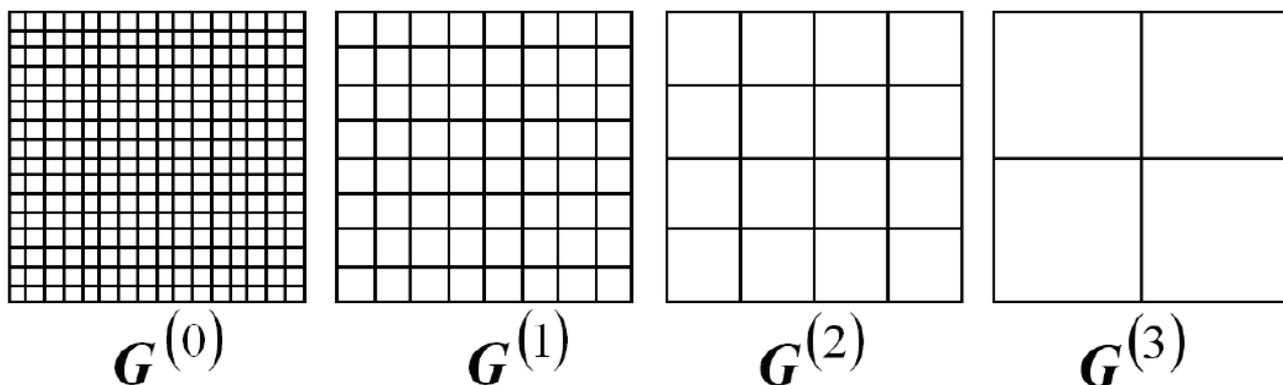


Рисунок 1 – Последовательность сеток

Поскольку вычисления на грубых сетках требуют значительно меньшего количества ресурсов, чем вычисление на точной сетке, мультисеточные методы содержат, как правило, значительное количество переходов на сетках с большим шагом дискретизации. Алгоритмы перехода между элементами заданной сеточной последовательности называют циклами, структуру которых определяют по коэффициенту цикличности.

На рисунке 2 показаны V-циклы и W-циклы, которые характеризуются коэффициентами цикличности  $\gamma = \{1, 2, 4\}$ , указывающими на то, сколько раз в данном цикле достигают максимально грубой сетки.

Пусть задана система разностных уравнений (1), которую необходимо решить на последовательности сеток  $\{G^{(i)} | i = 0, 1, \dots\}$  с шагами  $h_i, i = 0, 1, \dots, h_{i_1} > h_{i_2}$ , где  $i_1 > i_2$ . Для этого определим линейные операторы (8), (9) и обратный оператор

$$L^{(i)}: H_i \rightarrow H_i \quad (18).$$

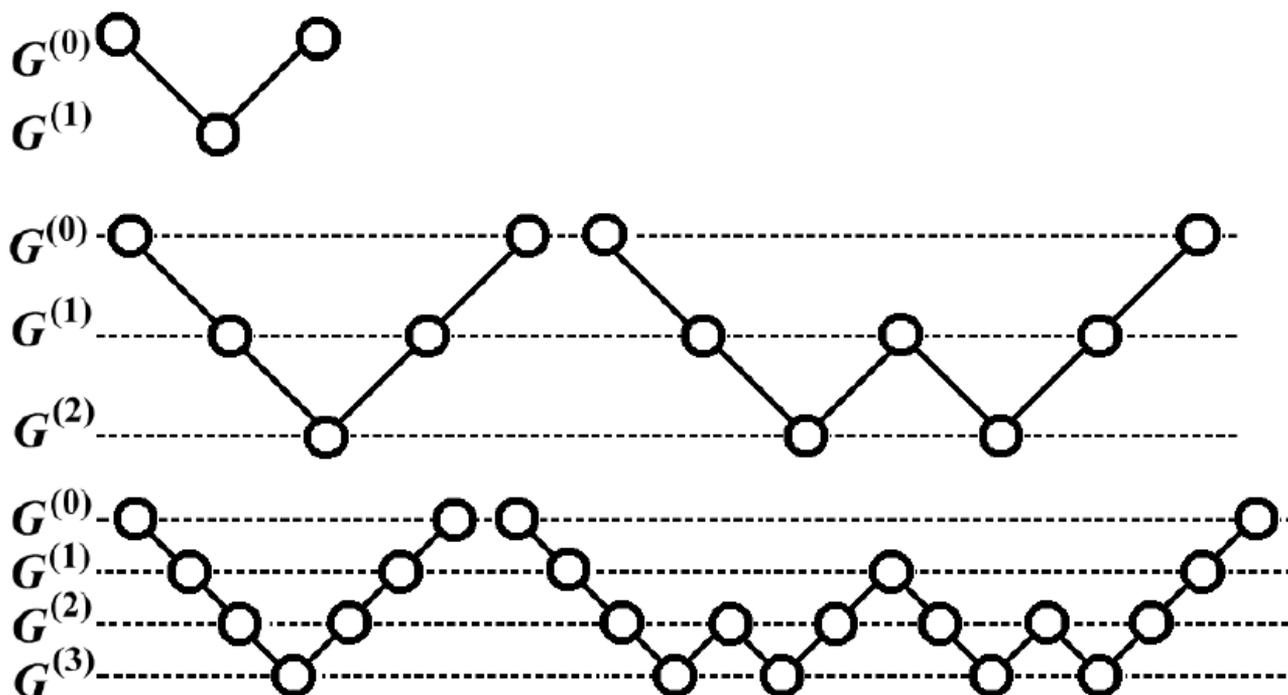


Рисунок 2 – V-циклы и W-циклы

Многосеточный метод в общем случае содержит следующую последовательность этапов: первое сглаживание, уточнение и второе сглаживание.

Первое сглаживания заключается в выполнении  $\nu_1$  раз итерационной схемы

$$u^{(0)}(n) = S^{\nu_1}[u^{(0)}(n), L^{(0)}, f^{(0)}] \quad (19)$$

на сетке  $G^{(0)}$ . На этапе уточнения выполняется алгоритм, который состоит из переходов между сетками по схеме V-цикла или W-цикла и выполнения итерационного процесса решения уравнения невязки на каждой из грубых сеток.

Вычислив невязку на сетке  $G^{(0)}$  по формуле (13), осуществляем его пролонгации на сетку  $G^{(1)}$ , используя общую формулу пролонгации (10), которую будем применять всегда при передаче значений невязки в узлах сетки  $G^{(i+1)}$  от сетки  $G^{(i)}$ .

Погрешность  $\nu^{(i)}(n)$  на сетке  $G^{(i)}$  задают уравнением неравенства:

$$L^{(i)}\nu^{(i)}(n) = d^{(i)}(n) \quad (20)$$

и определяют путем применения  $\nu_2$  раз итерационной схемы

$$v^{(i)}(n) = S^{v_2}[v^{(i)}(n), L^{(i)}, d^{(i)}(n)]. \quad (21).$$

Согласно выбору типа цикла, по которому выполняется итерация мультисеточного метода, операции пролонгации чередуются с операциями интерполяции (11), определяющими значения погрешности на более точной сетке. Последним шагом этапа уточнения всегда является коррекция аппроксимации  $u^{(0)}(n)$  на сетке  $G^{(0)}$  по формуле (17).

Этап второго сглаживания заключается в применении  $v_3$  раз итерационной схемы (19) к скорректированному на этапе уточнения значению  $u^{(0)}(n)$ :

$$u^{(0)}(n+1) = S^{v_3}[u^{(0)}(n) + v^{(0)}(n), L^{(0)}, f^{(0)}]. \quad (22).$$

Существует большое количество методик выбора параметров  $v_1, v_2, v_3$ , которые зависят от конкретного вида краевой задачи, которые в последующем и определяют возможность стратегического прогнозирования финансовой ситуации на предприятии.

### Заключение

Таким образом, нами были рассмотрены методы расчета асинхронных оценок оценки финансовой ситуации на предприятии. Каждый из методов оценивает возможность формирования устойчивой экономической ситуации для целей развития предприятия. Представленная модель может быть использована для экономического прогнозирования ситуаций на рынках, которые относят по методологии международных финансовых институтов к развивающимся.

### Библиография

1. Antanasijević, Davor, et al. The Forecasting of Municipal Waste Generation Using Artificial Neural Networks and Sustainability Indicators // Sustainability Science. 2013. No. 8(1). P. 37-46. URL: <https://doi.org/10.1007/s11625-012-0161-9>
2. Lee, Jeong W., Yilei Zhang. Evidence on Normal Backwardation and Forecasting Theory in Futures Markets // Journal of Derivatives & Hedge Funds. 2009. No. 15(2). P. 158-70. URL: <https://doi.org/10.1057/jdhf.2009.6>
3. Panfilov V.S. Monetary and Financial Aspect of Forecasting Economic Dynamics // Studies on Russian Economic Development. 2011. No. 22(1). P. 3-10. URL: <https://doi.org/10.1134/S1075700711010084>

- 
4. Stefanakos, Christos, Orestis Schinas. Fuzzy Time Series Forecasting of Bunker Prices // WMU Journal of Maritime Affairs. 2015. No. 14(1). P. 177-99. URL: <https://doi.org/10.1007/s13437-015-0084-2>

## **Methods of qualimetric assessment of forecasting the financial situation in the markets by means of a neural network**

**Elena V. Konstantinova**

Financial Director,  
LLC PSK "StrojSpecServis",  
150001, 25, Tugovskaya st., Yaroslavl', Russian Federation;  
e-mail: [elekonst1@gmail.com](mailto:elekonst1@gmail.com)

### **Abstract**

The article describes the methods of calculation of asynchronous estimates of the financial situation of the enterprise. Each of the methods assesses the possibility of creating a stable economic situation for the development of the enterprise. The article deals with the methods of calculation of multi-agent model, and also the methodological aspect of representation of econometric model in the conditions of globalization and formation of supranational economic institutes is formed. Multigrid methods can be considered a new technology that allows to improve the parameters of the known parallel asynchronous methods of forecasting the financial situation not only at the enterprise, but also at the stock markets. Neural multigrid methods described in the 1990s are based on the application of neural network learning rules in the presence of asynchronous principles of interaction between neurons. The authors of the article recommend using the presented model for economic forecasting of market situations, which are considered to be developing according to the methodology of international financial institutions.

### **For citation**

Konstantinova E.V. (2017) Metody kvalimetricheskoi otsenki prognozirovaniya finansovoi situatsii na rynkakh posredstvom neironnoi seti [Methods of qualimetric assessment of forecasting the financial situation in the markets by means of a neural network]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 7 (7B), pp. 200-208.

**Keywords**

Neural network, financial technologies, monitoring, institute, development.

**References**

1. Antanasijević, Davor, et al. (2013) The Forecasting of Municipal Waste Generation Using Artificial Neural Networks and Sustainability Indicators. *Sustainability Science*, 8(1), pp. 37-46. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11625-012-0161-9> [Accessed 12/11/18].
2. Lee, Jeong W., Yilei Zhang (2009) Evidence on Normal Backwardation and Forecasting Theory in Futures Markets. *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, 15(2), p. 158-70. Available at: <https://doi.org/10.1057/jdhf.2009.6> [Accessed 12/11/18].
3. Panfilov V.S. (2011) Monetary and Financial Aspect of Forecasting Economic Dynamics. *Studies on Russian Economic Development*, 22(1), pp. 3-10. Available at: <https://doi.org/10.1134/S1075700711010084> [Accessed 12/11/18].
4. Stefanakos, Christos, Orestis Schinas (2015) Fuzzy Time Series Forecasting of Bunker Prices. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 14(1), pp. 177-99. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13437-015-0084-2> [Accessed 12/11/18].