

УДК 336.011

# СПИНОВОЕ СТЕКЛО КАК МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЦЕНОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

**К.О. ЗАБРОДИНА,**

аспирантка кафедры финансов и кредита

E-mail: fortyna88@gmail.com

Международная академия  
бизнеса и управления, Москва

*В работе предлагается практический инструментарий для наглядного представления ценовых изменений на финансовых рынках в виде спинового стекла – модели особого вида систем.*

*Дано подробное описание этой модели применительно к процессу изменения цен. Их колебания на финансовом рынке представляются в виде спинового стекла посредством вычисления разностей цен через минимальные фиксируемые промежутки времени.*

*Автор применил известную технологию построения графика в виде крестиков и ноликов (создатель – Чарльз Доу, основатель известного индекса Доу – Джонса), реализовав ее на современном материале в электронной таблице.*

*Разработан программный код для электронной таблицы MS Excel на алгоритмическом языке VBA.*

*Свой подход к рассмотрению временных рядов на финансовом рынке автор назвал спиновым анализом и попытался выяснить вопрос о преимуществах такого аналитического инструмента.*

*Спиновое представление движения цен на рынке позволяет разом совместить в электронной таблице синхронную динамику ценовых изменений целой совокупности активов. Приведен текст соответствующей программы, разработанной автором.*

*Доводы в пользу предлагаемой точки зрения подтверждены иллюстрациями.*

*Итогом работы выступает график потенциала ценового спинового стекла. Преимуществами такого представления являются большая наглядность, информативность по сравнению со стандартными ценовыми графиками и возможность совмещения разнородных данных в единой системе координат.*

*Авторская концепция может стать хорошим*

*подспорьем в аналитической работе для участников финансового рынка. Модель спинового стекла дает возможность представить в удобном виде любой динамический ряд данных.*

**Ключевые слова:** финансовый рынок, спиновое стекло, ценовое изменение, программный код

*Все на свете – это спиновое стекло.*

Дэвид Шеррингтон

## Введение. Спиновые стекла

Классическая модель Изинга утверждает, что уровень магнитного поля в бруске железа зависит от сцепления соседствующих молекул и от фактора внешнего поля. В бруске железа намагниченность зависит от того, имеют ли молекулы положительный или отрицательный *спин*, т.е. направлены ли молекулы «вниз» или «вверх» (рис. 1).

Если железный брусок нагрет, молекулы не сцеплены одна с другой. Количество направленных «вверх» или «вниз», будет случайно флуктуировать во времени, и средняя разность между количеством разнонаправленных молекул будет равна нулю. В результате будет иметь место нормальное вероятностное распределение, как при обычном случайном поведении.

Соотношение между соседними молекулами меняется, если температура понижается. Когда она достигает критического уровня, это взаимодействие начинает преобладать над случайными термаль-



Рис. 1. Знаки связей между спинами в ферромагнетике, антиферромагнетике и спиновом стекле

ными силами. Группа молекул, формируя положительно ориентированный кластер, будет побуждать соседние молекулы становиться положительными (спин «вниз»).

Вскоре будут сформированы большие кластеры, как положительные, так и отрицательные, которые станут причиной долговременных флуктуаций магнитного поля.

Таким образом, если связи между моментами таковы, что стремятся ориентировать их параллельно, то в основном состоянии (состоянии минимальной энергии) все атомы в решетке ориентируют свои спины параллельно. Такие вещества называются ферромагнетиками.

Связи между атомами описываются одинаковыми положительными числами и называются ферромагнитными. Если, напротив, все связи отрицательны, то такие вещества называются антиферромагнитными. В антиферромагнетиках соседние спины ориентируются в противоположных направлениях. А если связи между спинами имеют случайные значения знаков, то соответствующие системы называются *спиновыми стеклами*.

Таким образом, спиновое стекло представляет собой внутренне неупорядоченный магнитный материал – нечто среднее между ферромагнетиком и антиферромагнетиком, в котором спины всех молекул, расположенных рядом в кристаллической решетке (диполей), могут быть однонаправленными или разнонаправленными.

Такое «предпочтение» той или иной полярности может изменяться в пространстве. Тогда в зависимости от того, какую ориентацию предпочитают два диполя, т.е. направлены ли они в одну сторону или в противоположные, зависят их взаимные расстояния.

Модель спинового стекла обычно строится как двух- или трехмерная решетка спинов, где каждый указывает «вверх» или «вниз» (или «вправо» и «влево»). Каждый спин однонаправлен с некоторым множеством других спинов, которое может быть огра-

ничено его непосредственным соседством или простираться за его пределы, вплоть до всех спинов в решетке.

Взаимные ориентации каждой пары спинов – однонаправленность или разнона-

правленность, – и сила их взаимодействий может задаваться случайным образом, но они фиксированы.

Основная особенность связей в спиновых стеклах состоит в том, что система в целом оказывается *фрустрированной*. Фрустрация (расстройство) означает, что как бы ни сориентировались спины в стекле, всегда найдутся такие пары из их числа, в которых взаимодействие вносит положительный (расстраивающий) вклад в энергию состояния.

Фрустрированность системы обуславливает огромное вырождение ее основного состояния. Спиновое стекло может «замерзнуть» в любом из возможных состояний системы, отличающемся от множества других аналогичных состояний с практически такой же энергией, но с другой конфигурацией совокупности спинов.

В сумме спины определяют энергию системы. Полное спиновое стекло имеет  $N$  спинов, направленных «вверх» или «вниз», следовательно, число возможных конфигураций спинов составляет  $2^N$ . Каждая конфигурация имеет полную энергию, задаваемую гамильтонианом

$$H = - \sum_{i,j} J_{ij} (s_i \cdot s_j) \text{ при } s_i, s_j = \pm 1,$$

где  $J_{ij}$  – энергия, соответствующая силе связи двух спаренных (одинаково направленных) спинов;

$s_i, s_j$  – ориентации двух спинов.

Суммированная по всем парам спинов, эта энергия является некоторым избытком, зависящим от конкретной конфигурации, т.е. полную энергию этой конфигурации.

### Технический анализ. Крестики-нолики

Автор рассматривает диаграмму ценовых изменений на финансовом рынке как спиновое стекло. Это обусловлено возможностью специфического представления ряда ценовых изменений, который используется трейдерами в техническом анализе (рис. 2).

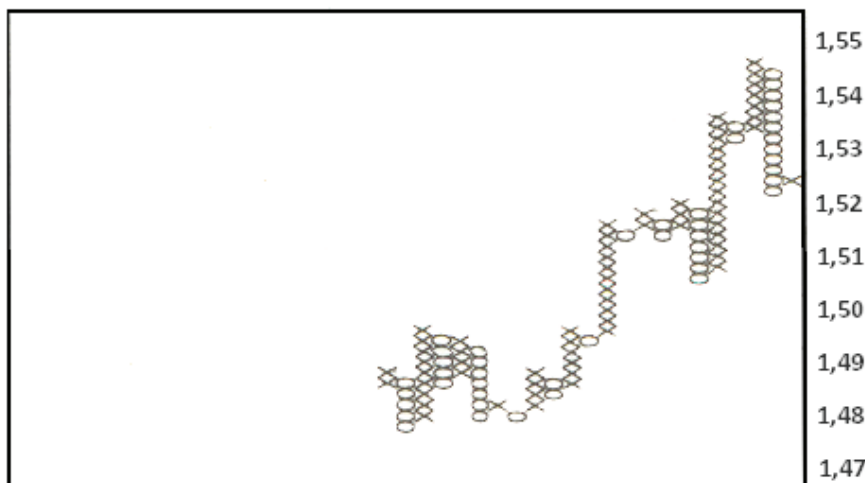


Рис. 2. Графическое представление ценовых изменений, именуемое в техническом анализе «крестики-нолики»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1					→	→	→	→	→										
2		←	←	←	←	←	←	←	←										
3			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→						
4		←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←						

Рис. 3. Фрагмент электронной таблицы с диаграммой ценовых изменений в виде спинового стекла

									2	
										1
						2	2	2		
							1	1		
				2	2	2	2			
					1					
					2					
					1					
		2	2	2						
		1	1							
2	2									
		1	1	1	1	1	1			
						2				
								1	1	

Рис. 4. Колебания цен в образе спинового стекла (ценовое спиновое стекло)

Основное отличие такого представления информации состоит в том, что здесь нет оси времени, а колонка цен строится после появления другого направления динамики. Крестик рисуется, если цены снизились на определенное количество пун-

ктов, например 20. Если же цены повысились, то рисуется нолик.

Автором построения графика в виде крестиков-ноликов (points & figures) является Чарльз Доу – основатель известного индекса Доу – Джонса. Впервые примененный в 1886 г., этот метод анализа движения цен с 1901 г. начал приобретать известность в США, и на сегодня это один из самых популярных параметров среди американских трейдеров.

Представление «крестики-нолики» может интерпретироваться как спиновое стекло, если заменить нолик единицей (цены растут, спин вправо «→»), а крестик – минус единицей (цены падают, спин влево «←»).

Тип графика, изображенный на рис. 2, может быть преобразован

в другую – представленный в виде электронной таблицы (рис. 3), где строки (векторы) ценовых изменений в совокупности составляют фрустрированное спиновое стекло, обладающее некоторой энергией состояния.

### Программный код

Показанный метод технического анализа, именуемый «крестики-нолики», может быть реализован в электронной таблице MS Excel средством разработанного автором программного кода на алгоритмическом языке VBA.

Колебания цен на финансовом рынке представляются в виде спинового стекла посредством вычисления разностей этих цен через минимальные фиксируемые промежутки времени. Из каждой последовательной цены вычитается предыдущая. Если разность положительна (цена растет – вправо), она помечается единицей, если отрицательна – двойкой (цена падает – влево). Результатом являются строки – строки единиц и двоек, соответственно лежащие вправо (1) и влево (2), которые в совокупности могут рассматриваться как ценовое спиновое стекло (рис. 4).

Текст программы (код) представлен далее на рис. 5. Предполагается, что первая колонка электронной таблицы заполнена 3 000 чисел, отражающими цены акций или других ценных бумаг. Количество чисел (цен) ограничено только количеством строк электронной таблицы.

Итог работы приведенного кода – «потенциал» ценового спинового стекла, развернутый во времени (рис. 6). На небольшом отрезке в начале координат он был положительным, затем произошел фазовый переход, потенциал стал отрицательным и сначала увеличивал свое отрицательное значение, затем

```

Sub Спин()
n = 5 'Процесс начинается с 5-й строки
m = 125 'Процесс начинается со средней – 125-й – колонки
For l = 2 To 3000
    Cells(l, 2).Select. 'Выделение ячейки во второй колонке для разности
    ActiveCell.Value = "= RC[-1]-R[-1]C[-1]" 'Вычисление разностей
    If ActiveCell.Value > 0 Then
        If g > 0 Then GoTo 300
        n = n + 1
300    Cells(n, m).Value = 1
        Cells(n, m).Select
            With Selection.Interior 'Закраска ячейки.
                .ColorIndex = 3 'Желтый.
                .Pattern = xlSolid
                .PatternColorIndex = xlAutomatic
            EndWith : m = m + 1 'Перемещение по строке вправо на одну ячейку
        k = 0 : g = g + 1
        GoTo 100
    ElseIf ActiveCell.Value < 0 Then
        If k > 0 Then GoTo 200
        n = n + 1
200    Cells(n, m).Value = 2
        Cells(n, m).Select
            With Selection.Interior 'Закраска ячейки
                .ColorIndex = 10 'Голубой
                .Pattern = xlSolid
                .PatternColorIndex = xlAutomatic
            End With : m = m - 1 'Перемещение по строке влево на одну ячейку
        k = k + 1 : g = 0 : End If
100 Next l : End Sub
    
```

Рис. 5. Текст программы (код)

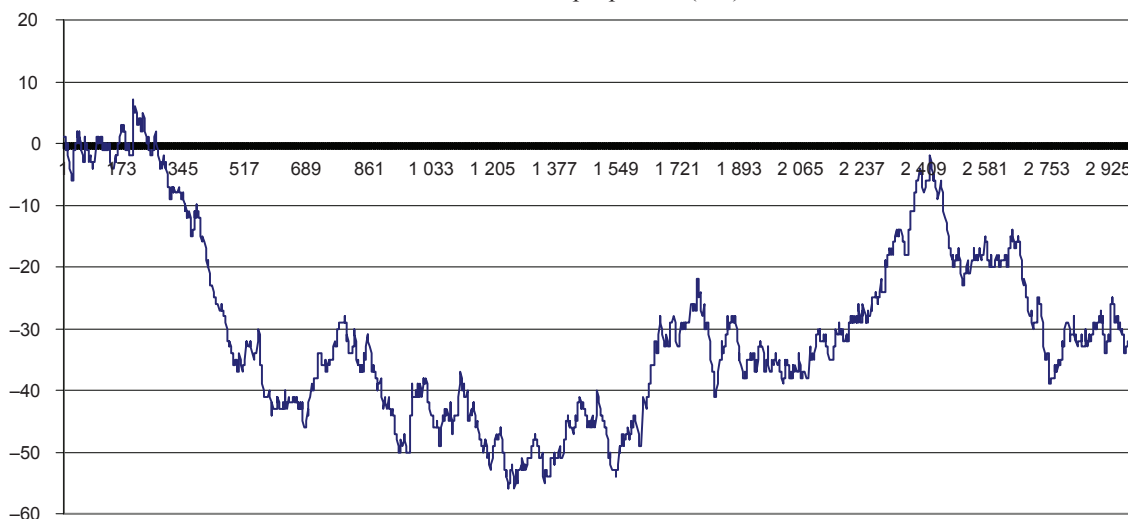


Рис. 6. Потенциал ценового спинового стекла, развернутый во времени (ценовой ряд акций ПАО «ЕС России», 1995–2005 гг.)

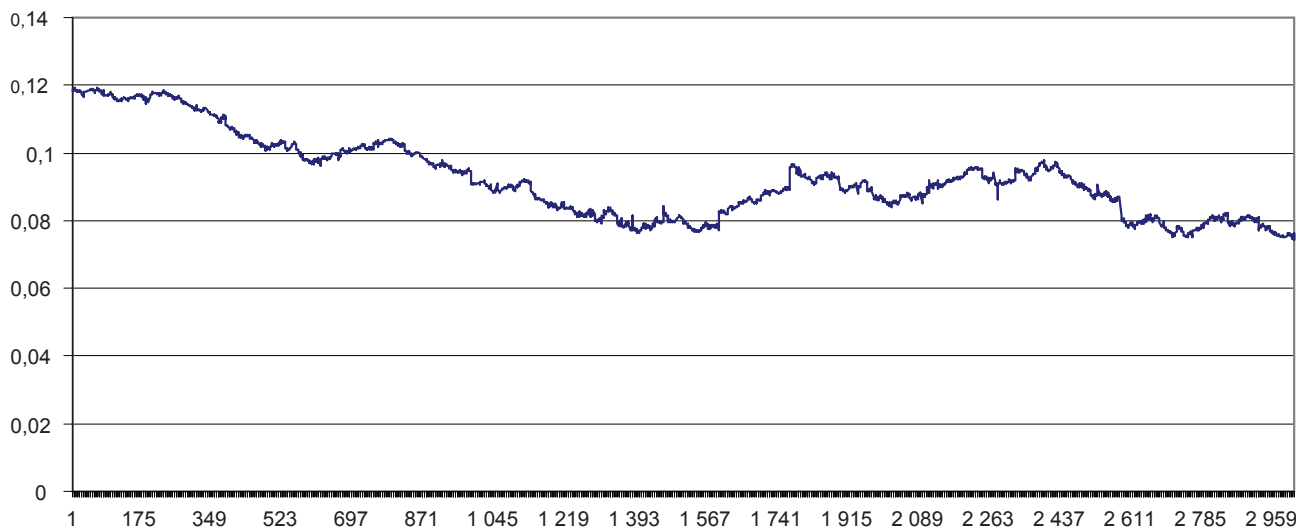


Рис. 7. Изменение цен во времени (ценовой ряд акций ПАО «ЕС России»)

уменьшал и около значения 2 400 по оси времени был близок ко второму фазовому переходу. Но снова устремился в отрицательную область.

Если сравнить эту кривую с простым графиком изменения тех же цен (рис. 7), то можно сделать предварительный вывод о гораздо большей информативности кривой потенциала в смысле возможностей прогнозирования движения цен.

Даже простой взгляд на эти графики позволяет сделать вывод о большей информативности спинового представления ценового ряда.

### Синхронная ценовая динамика

Назовем показанный подход к рассмотрению временных рядов *спиновым анализом* и попробуем выяснить вопрос о его преимуществах помимо того, что было названо информативностью при взгляде на графики, где по-разному представлен один и тот же ряд данных.

Спиновое представление финансового рынка позволяет совместить в электронной таблице синх-

ронную динамику ценовых изменений целой совокупности активов. На рис. 9 представлен фрагмент электронной таблицы с ценовыми изменениями отраслевых индексов РТС и графическое представление спиновых потенциалов отраслевых индексов РТС (по данным 2005–2011 гг. – рис. 8).

Легко себе представить, как все это выглядело бы на обыкновенном графике ценовых изменений! Это был бы хаос. И вообще вряд ли можно было объединить разнородные данные на одной диаграмме. А спиновое представление позволяет это сделать. Можно совместить цены, процентные ставки, валютные курсы и т.п. Условие только одно – они должны рассматриваться в одном и том же промежутке времени. Более того – чем больше будет совмещено разнородных данных, тем более информативной будет диаграмма.

И еще одно замечание. В совокупности таким образом представленные спиновые потенциалы являют собой *единое спиновое стекло*. Оно может служить оригинальной модельной системой для нейронной сети.

RTSeu	RTSfn	RTScr	RTSin	RTSmm	RTSog
7	-1	4	0	1	3
6	-1	2	0	1	3
3	-1	2	0	1	3
4	-1	3	2	1	3
4	-1	3	2	1	3
5	2	3	2	0	2
4	1	3	2	0	2

Рис. 8. Данные для составления электронной таблицы

### Заключение

Автор разработал программный код на алгоритмическом языке VBA, встроенном в электронную таблицу MS Excel, для представления рядов ценовых изменений на финансовых рынках в виде спиновых стекол.

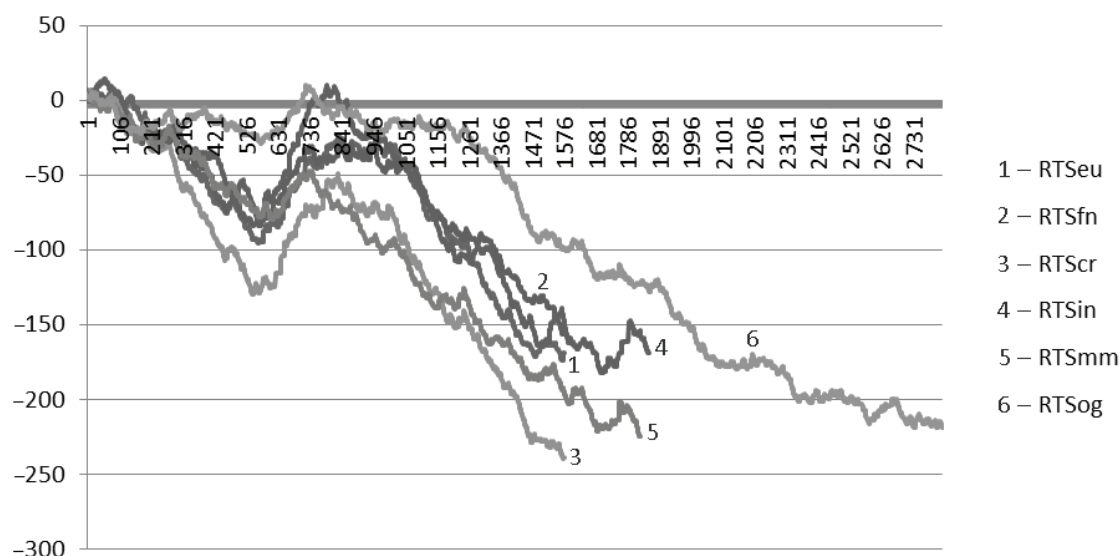


Рис. 9. Спиновые потенциалы отраслевых индексов РТС по данным 2005–2011 гг.

Показано, что данные, представленные в таком виде и отраженные графически, обладают значительно большей информативностью по сравнению с обычными графиками ценовых изменений.

Это касается не только ценовых рядов. В виде спинового стекла может быть представлен любой динамический ряд данных. Кроме того, в одной системе координат могут быть совмещены совершенно разнородные данные, например множество различных показателей, характеризующих экономическое положение страны на определенном отрезке времени. Количество таких показателей ограничено только шириной электронной таблицы (255 столбцов). Такая модельная система открывает новые широкие возможности для приложения нейросетевых методов исследования различных явлений.

#### Список литературы

1. Бэстенс Д., Ван ден Берг В., Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки. Принятие решений в торговых операциях. М.: ТВП, 1997. 236 с.

2. Гинзбург С.Л. Необратимые явления в спиновых стеклах. М.: Наука, 1989. 152 с.

3. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его приложения в экономике и бизнесе. М.: МИФИ, 1998. 222 с.

4. Кинцель В. Спиновые стекла как модельные системы для нейронных сетей. URL: <http://ufn.ru/ru/articles/1987/5/d>.

5. Кожихова Н.А., Ширяев В.И. Прогнозирование временного ряда с учетом хаотической

компоненты. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-vremennogo-ryada-s-uchetom-haoticheskoy-komponenty>.

6. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. М., Наука, 1990. 272 с.

7. Найман Э.Л. Малая энциклопедия трейдера. М.: Альфа Капитал, 1997. 236 с.

8. Паклин Н., Орешков В. Бизнес-аналитика. От данных к знаниям: учеб. пособие. СПб: Питер, 2013. 624 с.

9. Петраковский Г.А. Спиновые стекла. URL: [http://web.archive.org/web/20060116122847/journal.issep.rssi.ru/articles/pdf/0109\\_083.pdf](http://web.archive.org/web/20060116122847/journal.issep.rssi.ru/articles/pdf/0109_083.pdf).

10. Покатилов В.О., Капельницкий С.Б. Аномалия ферромагнитной релаксации при переходе в состояние типа спиновое стекло. URL: [http://www.jetpletters.ac.ru/ps/477/article\\_7550.pdf](http://www.jetpletters.ac.ru/ps/477/article_7550.pdf).

11. Потанов А.Б., Али М.К. Нелинейная динамика обработки информации в нейронных сетях. URL: <http://spkurdyumov.ru/uploads//2013/08/REVRUS.pdf>.

12. Спиновое стекло. URL: [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_2/3818.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3818.html).

13. Спиновые стекла как модель случайно взаимодействующих элементов. «Спин-стекольная» модель эволюции. URL: <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/Lecture3.html>.

14. Такзей Г.А., Костышин А.М., Сыч И.И. Возвратный переход антиферромагнетик – спиновое стекло в разупорядоченных сплавах на основе ГЦК-железа. URL: [http://www.jetpletters.ac.ru/ps/129/article\\_2220.pdf](http://www.jetpletters.ac.ru/ps/129/article_2220.pdf).

15. *Ширяев В.И.* Финансовые рынки. Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика. М.: Либроком, 2012. 232 с.

16. *Ширяев В.И.* Математика финансов: Опционы и риски, вероятности, гарантии и хаос. 3-е изд. М.: ЛЕНАНД, 2015. 198 с.

17. *Cannella V., Mydosh J.* *Magnetic Ordering in Gold-Iron Alloys.* Phys. Rev., 1972, v. 6, pp. 4220–4237.

18. *Edwards S.F., Anderson P.W.* Short-Range

Ising Model of Spin Glasses. J. Phys. F, 1975. Vol. 5. P. 965–974.

19. *Mezard M., Parisi G., Virasoro M.* Spin Glass Theory and Beyond. Singapore World Scientific. World Scientific Lecture Notes in Physics, 1988. Vol. 9. P. 476.

20. *Sherrington D., Kirkpatrick S.* *Solvable Model of a Spin-Glass.* Phys. Rev. Lett. 35. 1975. P. 1792–1796.

Financial analytics: science and experience

ISSN 2311-8768 (Online)

ISSN 2073-4484 (Print)

Issues on economics

## SPIN GLASS AS A METHOD OF PRESENTING PRICE FLUCTUATIONS IN FINANCIAL MARKETS

Kristina O. ZABRODINA

### Abstract

**Importance** The paper provides a practical toolkit to visualize price changes in financial markets in the form of spin-glass as a model of a special kind of systems.

**Objectives** I offer a detailed description of this model in the process of changing prices. Their fluctuations in the financial market are presented in the form of spin glass by evaluating the price differences over a minimum fixed time intervals.

**Methods** I used a well-known technology for constructing graph in the form of naughts and crosses (created by Charles Dow, the founder of the well-known Dow-Jones Index) by implementing its modern material in a spreadsheet. The paper describes a source code for the MS Excel spreadsheet in VBA algorithmic language. My approach to the examination of the time series in the financial market, I called as a spin analysis and tried to clarify the benefits of this kind of analytical tool. Spin representation of price movements in the market allows combining in spreadsheet of a synchronous dynamics of price changes of a totality of assets. The arguments in favor of the proposed point of view have been confirmed by the illustrations.

**Results** The result is a graph of potential price spin glass. The advantages of spin representation comprise great visual aspects, information value in comparison with the standard price charts and the possibility to combine different data into a single coordinate system.

**Conclusions and Relevance** My spin glass concept can be helpful in analytical work for financial market

participants. The spin-glass model enables to submit any dynamic data series in a convenient form.

**Keywords:** financial market, spin glass, price fluctuations, source code

### References

1. Baestaens D.E., Van Den Bergh W.M., Wood D. *Neironnye seti i finansovye rynki. Prinyatie reshenii v torgovyykh operatsiyakh* [Neural Network Solution for Trading in Financial Markets]. Moscow, TVP Publ., 1997, 236 p.

2. Ginzburg S.L. *Neobratimye yavleniya v spinovykh steklakh* [Irreversible phenomena in spin glasses]. Moscow, Nauka Publ., 1989, 152 p.

3. Ezhov A.A., Shumskii S.A. *Neirokomp'yuting i ego prilozheniya v ekonomike i biznese* [Neuro-computing and the application in economics and business]. Moscow, MEPhI Publ., 1998, 222 p.

4. Kintsel' V. *Spinovye stekla kak model'nye sistemy dlya neironnykh setei* [Spin glasses as pattern systems for neural networks]. Available at: <http://ufn.ru/ru/articles/1987/5/d>. (In Russ.)

5. Kozhikhova N.A., Shiryaev V.I. *Prognozirovaniye vremennogo ryada s uchetom khaoticheskoi komponenty* [Predicting the time series on a basis of chaotic component]. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovaniye-vremennogo-ryada-s-uchetom-khaoticheskoy-komponenty>. (In Russ.)

6. Loskutov A.Yu., Mikhailov A.S. *Vvedenie v*

*sinergetiku* [Introduction to Synergetics]. Moscow, Nauka Publ., 1990, 272 p.

7. Naiman E.L. *Malaya entsiklopediya treidera* [Small Encyclopedia of the Trader]. Moscow, Al'fa Kapital Publ., 1997, 236 p.

8. Paklin N., Oreshkov V. *Biznes-analitika. Ot dannykh k znaniyam: ucheb. posobie* [Business analytics. From data to knowledge: a textbook]. St. Petersburg, Piter Publ., 2013, 624 p.

9. Petrakovskii G.A. *Spinovye stekla* [Spin glasses]. Available at: [http://web.archive.org/web/20060116122847/journal.issep.rssi.ru/articles/pdf/0109\\_083.pdf](http://web.archive.org/web/20060116122847/journal.issep.rssi.ru/articles/pdf/0109_083.pdf). (In Russ.)

10. Pokatilov V.O., Kapel'nitskii S.B. *Anomaliya ferromagnitnoi relaksatsii pri perekhode v sostoyanie tipa spinovoe steklo* [The anomaly of magnetic relaxation during transition to the state of spin glass]. Available at: [http://www.jetpletters.ac.ru/ps/477/article\\_7550.pdf](http://www.jetpletters.ac.ru/ps/477/article_7550.pdf). (In Russ.)

11. Potapov A.B., Ali M.K. *Nelineinaya dinamika obrabotki informatsii v neironnykh setyakh* [Non-linear dynamics of information processing in neural networks]. Available at: <http://spkurdyumov.ru/uploads/2013/08/REVRUS.pdf>. (In Russ.)

12. *Spinovoe steklo* [Spin glass]. Available at: [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_2/3818.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3818.html). (In Russ.)

13. *Spinovye stekla kak model' sluchaino vzaimodeistvuyushchikh elementov. "Spin-stekol'naya" model' evolyutsii* [Spin glasses as a model of randomly interacting elements. A spin-glass model of evolution]. Available at: <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/Lecture3.html>. (In Russ.)

14. Takzei G.A., Kostyshin A.M., Sych I.I. *Vozvratnyi perekhod antiferromagnetik – spinovoe steklo v razuporyadochennykh splavakh na osnove GTSK-zheleza* [The return transition of anti-ferromagnetic–spin glass in disordered alloys on the basis of FCC-Fe]. Available at: [http://www.jetpletters.ac.ru/ps/129/article\\_2220.pdf](http://www.jetpletters.ac.ru/ps/129/article_2220.pdf). (In Russ.)

15. Shiryaev V.I. *Matematika finansov: opsiyny i riski, veroyatnosti, garantii i khaos* [Finance mathematics: options and risks, probabilities, guaranties and chaos]. Moscow, LENAND Publ., 2015, 198 p.

16. Shiryaev V.I. *Finansovye rynki. Neironnyye seti, khaos i nelineinaya dinamika* [Financial markets. Neural networks, chaos and non-linear dynamics]. Moscow, Librokom Publ., 2012, 232 p.

17. Cannella V., Mydosh J. Magnetic Ordering in Gold-Iron Alloys. *Phys. Rev.*, 1972, vol. 6, pp. 4220–4237.

18. Edwards S.F., Anderson P.W. Short-Range Using Model of Spin Glasses. *J. Phys. F*, 1975, vol. 5, pp. 965–974.

19. Mezard M., Parisi G., Virasoro M. Spin Glass Theory and Beyond. Singapore World Scientific. *World Scientific Lecture Notes in Physics*, 1988, vol. 9, p. 476.

20. Sherrington D., Kirkpatrick S. Solvable Model of a Spin-Glass. *Phys. Rev. Lett.*, 1975, no. 35, pp. 1792–1796.

---

**Kristina O. ZABRODINA**

International Academy of Business and Management,  
Moscow, Russian Federation  
fortyna88@gmail.com