

ПЕРКОЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФИНАНСОВОГО РЫНКА

В.В. Новиков, С.В. Филиппова, О.В. Мовчанюк. Перколяційна модель фінансового ринка. Запропонована перколяційна модель для опису часової залежності фінансових індексів на фінансовому ринку в околі кризи ринка цінних паперів.

В.В. Новиков, С.В. Филиппова, О.В. Мовчанюк. Перколяционная модель финансового рынка. Предложена перколяционная модель для описания временной зависимости финансовых индексов на финансовом рынке в окрестности кризиса рынка ценных бумаг.

V.V. Novikov, S.V. Filippova, O.V. Movchaniuk. Financial market percolation model. Suggested is the percolation model describing capital issues the financial indexes of financial market time dependencies under capital assets market crisis.

Финансовый рынок характеризуется непредсказуемостью, неожиданными скачками цен, непонятными трендами и тяжелыми кризисами. Многие эти явления все еще не поддаются объяснению [1]. Глобальная информация о состоянии финансового рынка содержится в финансовых индексах. Наиболее известным финансовым индексом на финансовом рынке является индекс Доу-Джонса (Dow-Jones) $S(t)$. Наблюдаются сингулярности в зависимости финансовых индексов от времени в период кризиса финансового рынка, особенно ярко они проявляются в финансовых “пузырях” в этот период [1].

В качестве иллюстрации сингулярных зависимостей на финансовом рынке рассмотрим вначале некоторые финансовые кризисы.

Известный финансовый кризис в октябре 1929 г. характеризуется тем, что до кризиса в дневном обороте биржи NYSE 24 октября участвовало 12,9 млн акций, а в день краха 29 октября — уже 16,4 млн акций. Соответственно финансовый индекс Доу-Джонса по сравнению с 31 декабря 1928 г. упал на 12,8 %, что в абсолютном выражении составило 14 млрд USD, а за три года — почти на 85%.

Резкий спад цен акций в октябре 1987 г. и массовый характер избавления от них вызвал все нарастающий эмоциональный и психологический хаос и привел к обвалному выбросу акций на рынок для продажи. Так, на бирже NYSE в январе того же года в дневном обороте участвовало примерно 300 млн. акций, а в день краха 19 октября для продажи было выброшено 604 млн. акций, 20 октября эта цифра поднялась до 608 млн. Индекс Доу-Джонса $S(t)$ упал с 2,7 до 1,8 (рис. 1, а).

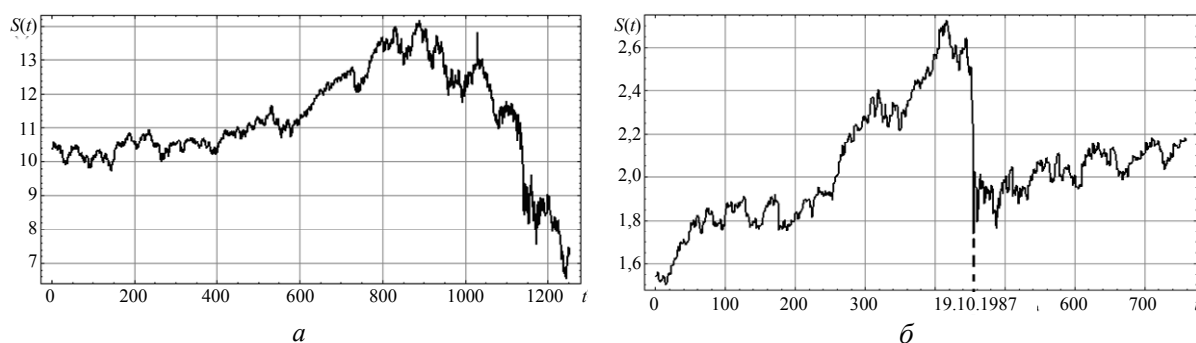


Рис. 1. Зависимость значений индекса Доу-Джонса $S(t)$ с 1986 по 1989 г. (а) и с марта 2004 по март 2009г. (б): $t = n\Delta$, $\Delta = 24$ ч; 1 финансовый год = 251 день

Спад в “Черный понедельник” 19 октября 1987 г. самый большой в истории американской фондовой торговли в прошлом веке: за семь часов акции промышленных компаний упали в цене на 23 %, что в абсолютном выражении составило 500 млрд. USD.

Представлено изменение индекса Доу-Джонса $S(t)$ с марта 2005 г. по март 2009 г., характеризующееся резким падением с октября 2008 г. (рис. 1, б).

Рассмотренное поведение индекса Доу-Джонса на финансовом рынке демонстрируют две общие черты: случайный характер и резкое изменение значений в период кризиса, что не описывается классическими линейными моделями [1].

Сложность поведения финансовых индексов, курсов ценных бумаг, которые обращаются на рискованном и нестабильном финансовом рынке, стимулирует привлечение к его анализу различных математических методов и моделей, разработанных в теоретической физике [2].

Учитывая характеристики финансового рынка, моделирование случайного процесса изменения финансовых индексов от времени в период кризиса рынка проведем на основе перколяционной модели [2...4].

Теория перколяции описывает системы, в которых происходит “геометрический фазовый переход”, а именно, переход “несоединяющее множество — соединяющее множество”, и успешно применена при описании сингулярных зависимостей физических свойств твердого тела от концентрации одного компонента в неоднородной среде с хаотической структурой.

Построение перколяционной модели временной зависимости финансового индекса рассмотрим на примере динамики цены ценных бумаг — опционов. Близки к последним фьючерсные контракты, к которым также можно применить предлагаемую перколяционную модель. Те и другие являются важными ценными бумагами на финансовом рынке. Опцион (option — выбор) — это ценная бумага (контракт), выпускаемая финансовыми институтами, дающая право купить или продать акцию, облигацию, валюту и др. ценную бумагу в установленный период. Фьючерсный контракт (futures — будущий) — это соглашение-обязательство купить или продать определенную ценность (зерно, золото, валюту) в установленный период по (фьючерсной) цене, оговариваемой в момент заключения соглашения.

Опционы делятся на два класса: опцион покупателя (call option) и опцион продавца (put option). В финансовой литературе используются термины: “бык” — участник фондового рынка, который с большей вероятностью будет покупать, а не продавать, и “медведь” — участник фондового рынка, который с большей вероятностью будет продавать, ожидая падения цен.

Крах рынка начинается, когда у большинства его участников начинает преобладать одинаковое мнение — следует продавать, т.е. “медведи” преобладают. Это состояние рынка будем называть критическим. В области докритической продавцы и покупатели не согласны друг с другом и происходят равновесные беспорядочные движения покупки и продажи акций. Для характеристики перехода рынка из равновесного состояния в критическое введем понятие “проводимость” рынка $\sigma(t)$ — желание продавать, которая зависит от уровня осведомленности участников рынка о его состоянии, от количества участников рынка, разделяющих одно и то же мнение о тренде на финансовом рынке, и др. факторов, приводящих к желанию продавать. В крайнем (предельном) состоянии “все покупают” проводимость $\sigma(t_0) = 0$, “все продают” — $\sigma(t_k) = 1$. Очевидно, что эти предельные состояния в момент времени t_0 и t_k важны для перколяционной модели, а для практики не интересны.

Значение проводимости рынка $\sigma(t)$ можно связать с относительным числом акций, проданных за конечный промежуток времени.

Опираясь на данные представления и теорию перколяции, поведение финансового рынка можно описать в терминах проводимости рынка $\sigma(t)$: проводимость $\sigma(t)$ зависит от относительного числа участников рынка, готовых продавать, $p = n/N$, где n — число участников рынка, готовых продавать, N — число всех участников рынка. Относительное число участников рынка, готовых продавать, p в свою очередь зависит от времени t . В общем случае эти зависимости не монотонны.

В момент времени t_0 проводимость рынка имеет небольшие значения, т.е. $\sigma(t) \rightarrow 0$. В этом случае участники рынка самоорганизуются в изолированные группы, готовые продавать. Самый маленький кластер — индивидуальный участник рынка. С течением времени изолированные

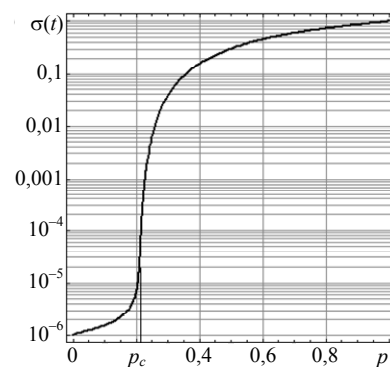


Рис. 2. Зависимости проводимости $\sigma(t)$ финансового рынка в логарифмическом масштабе от концентрации участников рынка, готовых продавать, p в период кризиса

кластеры растут, объединяются между собой. При росте числа участников рынка, готовых продавать, до $p = p_c$ происходит переход изолированных кластеров в связанное множество — перколяционный кластер участников рынка готовых продавать. Относительное число участников рынка p_c , при котором происходит переход от изолированных кластеров к перколяционному, называется порогом перколяции, и крах рынка происходит, если $p \geq p_c$.

Типичный график зависимости проводимости $\sigma(t)$ показывает поведение проводимости рынка $\sigma(t)$ в окрестности краха рынка ценных бумаг, т.е. поведение рынка в окрестности порога перколяции p_c (рис. 2).

Таким образом, согласно предлагаемой модели финансовый индекс на финансовом рынке управляется угрозой краха и измеряется проводимостью рынка $\sigma(t)$

В качестве иллюстрации перколяционного перехода на финансовом рынке приведена обратная зависимость индекса Доу-Джонса в период кризиса 1987 г. и в период 2005...2009 гг. (рис. 3). Согласно предложенной терминологии индекс Доу-Джонса $S(t)$ — сопротивление финансового рынка, $\sigma = 1/S(t)$ — проводимость рынка.

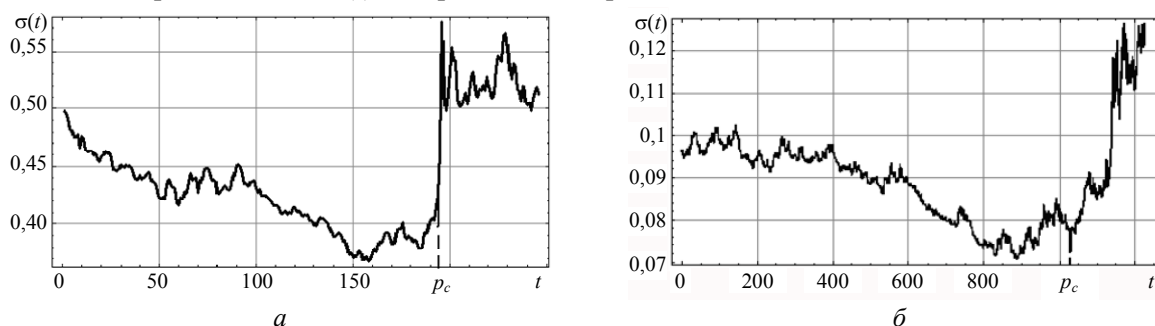


Рис. 3. Зависимость проводимости $\sigma(t) = 1/S(t)$ (1000) от времени: в периоды 13.01.1987...31.12.1987 (а); 2005...2009 гг. (б)

Представленные зависимости проводимости рынка $\sigma(t) = 1/S(t)$ аналогичны перколяционному переходу в физике твердого тела в окрестности порога p_c (см. рисунок 2).

Важная характеристика перколяционной системы — рынка — ее иерархичность. Иерархичность структуры финансового рынка обусловлена тем, что участники рынка организованы в общественные, профессиональные сети, определяемые как группа людей, каждый из которых связан с некой подгруппой других людей. Каждая профессиональная сеть может моделироваться перколяционной решеткой, в узлах которой распределены участники рынка, характеризующаяся своими параметрами.

На финансовом рынке имеется широкий спектр участников рынка с разными временными периодами функционирования длительностью от одной минуты для “краткосрочных” участников рынка, например, индивидуумов, до нескольких лет для центральных банков и корпораций, пенсионных фондов. Реакция участников рынка на внешнее событие зависит от их временных горизонтов.

Представлена иерархическая структура связей на финансовом рынке (рис. 4). Такие структуры являются фракталами, имеют дробные размерности и обладают масштабной инвариантностью [2, 5, 6].

Таким образом, предложенная перколяционная модель позволяет описать временную зависимость финансовых индексов на финансовом рынке в окрестности кризиса рынка ценных бумаг. Предложена модель иерархических сетей участников рынка, на основе которых могут быть определены параметры таких сетей, позволяющие прогнозировать вероятностное поведение финансового рынка.

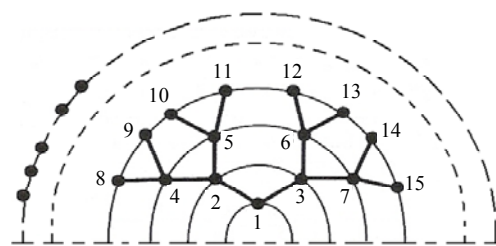


Рис. 4. Иллюстрация иерархичности связей на финансовом рынке — три первых шага от уровня 1 иерархичной сети финансового рынка, полуокружностями указаны временные горизонты участников рынка

Литература

1. Петерс, Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка / Э. Петерс. — М.: Мир, 2000. — 47 с.
2. Novikov, V.V. Physical properties of fractal structures / V.V. Novikov // *Advances in Chemical Physics*. — V. 133, *Fractals, Diffusion and Relaxation in Disordered Complex Systems*. — Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore: J. Wiley, 2006. — P. 93 — 284.
3. Stauffer, D. Introduction to Percolation Theory / D. Stauffer, A. Aharony. — London: Taylor and Francis, 1992. — 234 p.
4. Stanley, H.E. Introduction into phase transitions and critical phenomena // H.E. Stanley. — Oxford Univ.: Press, 1971. — 186 p.
5. Федер, Е. Фракталы / Е. Федер. — М.: Мир, 1991. — 254 с.
6. Mandelbrot, B.B. The Fractal Geometry of Nature / B.B. Mandelbrot. — New York: Freeman and Co, 1983. — 540 p.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Продиус И.П.

Поступила в редакцию 26 августа 2009 г.