

12.7. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬ- НЫМИ РИСКАМИ НА ВОЛА- ТИЛЬНОСТЬ ФИНАНСОВЫХ АКТИВОВ

Уляев Л.Р., аспирант,
кафедра Математических методов анализа
экономики, Экономический факультет

Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова, г. Москва

Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ

В данной статье представлена имитационная модель финансового рынка. Разработанный программный комплекс позволяет моделировать влияние различных участников финансовых отношений, инструментов управления индивидуальными рисками и регулирующих мер на ценовые колебания финансовых активов. Результаты моделирования демонстрируют, что инструменты управления рисками могут увеличивать волатильность на финансовом рынке.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы появилось много исследований [1, 4, 6, 9, 12], где было показано, что коллективное сокращение доли заемных средств может привести к финансовой нестабильности на финансовом рынке. Такие синхронные продажи могут быть вызваны в результате усложненных взаимодействий между участниками финансово-экономических отношений. Причинами возникновения подобных взаимодействий на финансовых рынках могут служить различные виды кредитов, производные финансовые инструменты или неопределенность при принятии решений участниками торгов.

В данной статье была построена простая модель финансового рынка и произведены многократные имитации на несколько десятков тысяч временных периодов с целью оценить влияние инструментов управления индивидуальными рисками на ценовые колебания рыночных активов. Результаты моделирования позволяют по-новому объяснить так называемый парадокс волатильности [5].

Перед финансово-экономическим кризисом 2007-2009 гг. в США появилось много различных производных финансовых инструментов и считалось, что риски в экономике падают, так как агенты могли лучше хеджировать свои риски, но уменьшение рисков на индивидуальном уровне привело к увеличению общего риска для всей финансовой системы.

Предполагается, что в финансовой системе могут наблюдаться внутренние эффекты, возникающие в результате небольших ценовых колебаний и приводящие в результате взаимодействий между участниками финансовых отношений и положительной обратной связи к резким и непредсказуемым падениям цен на активы. Предыдущие эндогенные объяснения включали в себя участников торгов, покупающих растущие в цене активы и увеличивающих рыночные флуктуации цен [2, 3, 7, 8, 10, 11].

С помощью построенной модели искусственного финансового рынка будут исследоваться взаимодействия, возникающие в результате моделирования, между различными агентами, кредитами и инструментами управления рисками. Во-первых, инвестиционные фонды в модели будут конкурировать между собой, желая привлечь инвесторов, чтобы увеличить свои средства для торговли.

Инвесторы же, в соответствии с построенной моделью, будут вкладывать свои денежные средства в наиболее доходные инвестиционные фонды, что согласуется с их действиями в реальности.

Во-вторых, каждый инвестиционный фонд будет стремиться привлечь кредиты под залог своих активов, соответственно, улучшая свои текущие показатели доходности при увеличении кредитного рычага. В-третьих, банки будут либо устанавливать ограничения на уровень кредитного плеча каждого отдельного инвестиционного фонда, либо хеджировать свои индивидуальные риски с помощью опционов. При необходимости банки могут потребовать от инвестиционных фондов частичного погашения кредита или, например, в случае падения стоимости гарантийного обеспечения, они могут задействовать опцион на продажу активов, находящихся у банков в качестве залога.

Базовая модель

В качестве базовой модели рассматривается простая модель финансового рынка [12] с одним базовым активом, с различными типами агентов и стандартным механизмом установления рыночного равновесия. В торговле активом участвуют шумовые трейдеры, совершающие сделки случайным образом, и инвестиционные фонды, которые стараются покупать дешевле и продавать дороже, исходя из оценки фундаментального значения цены, таким образом, стабилизируя ситуацию на рынке. Кредитование осуществляют банки, выдавая кредиты под залог активов. Также в модели присутствуют инвесторы, которые вкладывают свои денежные средства в наиболее прибыльные инвестиционные фонды.

Цена $p(t)$ на базовый актив устанавливается на каждом шаге моделирования после расчета спроса $D_n(t)$ каждого инвестиционного фонда и спроса $D_n(t)$ шумовых трейдеров при фиксированном количестве N предлагаемых активов. Равновесие спроса и предложения:

$$D_n(t) + \sum_n D_n(t) = N.$$

Спрос шумовых трейдеров определяется как

$$D_n(t) = \frac{d_n(t)}{p(t)}, \text{ где логарифм величины } d_n(t) \text{ за-}$$

дается как процесс Орнштейна–Уленбека:

$$\text{Ind}_n(t) = \rho \text{Ind}_n(t-1) + \sigma_n \varepsilon(t) + (1-\rho) \ln(VN),$$

где $\varepsilon(t)$ – нормально распределенная случайная величина с нулевым средним и единичной дисперсией, а $0 < \rho < 1$. Коэффициент ρ при моделировании выбирается близким к единице, для того чтобы распределение логарифмических доходностей $r(t) = \ln p(t+1) - \ln p(t)$ было близко к нормальному распределению.

Спрос инвестиционных фондов $D_n(t)$ основывается на сигнале ошибочной оценки цены актива $m(t) = V - p(t)$, где V – воспринимаемая фундаментальная стоимость актива, которая является фиксированной для всех типов агентов.

Когда ошибочная оценка увеличивается, инвестиционный фонд, в зависимости от присвоенного ему по умолчанию параметра агрессии β_n (показывает,

насколько чувствительна его реакция на сигнал), покупает дополнительное количество активов:

$$D_h(t) = \begin{cases} 0, & m(t) \leq 0 \\ \beta_h m(t) W_h(t) / p(t), & 0 < m(t) < m_h^{crit} \\ \lambda_{max} W_h(t) / p(t), & m(t) \geq m_h^{crit}, \end{cases}$$

где $m_h^{crit} = \lambda_{max} / \beta_h$, λ_{max} – максимально допустимый уровень кредитного плеча.

Размер кредитного плеча λ_h для каждого инвестиционного фонда ограничивается величиной λ_{max} , которая устанавливается банком на основе информации о текущей ситуации на рынке. Если данное условие в какой-то момент времени нарушится:

$$\lambda_h(t) = D_h(t-1)p(t) / W_h(t) > \lambda_{max},$$

то инвестиционный фонд, по требованию банка будет вынужден продать часть своих активов для приведения значения кредитного плеча λ_h к максимально допустимому уровню λ_{max} .

Банк также может вводить ограничения на сумму заемных средств, исходя из текущей ситуации на финансовом рынке:

$$\lambda_{reg}(t) = \max\left\{1, \frac{\lambda_{max}}{1 + k\sigma_\tau^2}\right\},$$

где k является показателем отношения банка к волатильности σ_τ цены актива на рынке;

τ – рассматриваемый промежуток времени.

Кредитное плечо λ_h для каждого инвестиционного фонда h задается как отношение стоимости активов $D_h(t)p(t)$ к его собственным средствам $W_h(t)$:

$$\lambda_h = \frac{D_h(t)p(t)}{W_h(t)} = \frac{D_h(t)p(t)}{D_h(t)p(t) + C_h(t)},$$

где $W_h(t)$ – собственные средства фонда, $C_h(t)$ – наличные средства (сумма кредита) инвестиционного фонда.

Динамика собственных средств $W_h(t)$ инвестиционного фонда h зависит от результатов торговли на рынке, а также от интереса инвесторов к результатам его работы. Сначала задается первоначальный объем собственных средств $W_0 = W_h(0)$, а его изменение происходит в соответствие со следующим правилом:

$$W_h(t) = W_h(t-1) + (p(t) - p(t-1))D_h(t-1) + F_h(t),$$

где $F_h(t)$ – поток капитала, который определяется как

$$F_h(t) = \max(\bar{F}_h(t), -(D_h(t-1)p(t) + C_h(t-1))),$$

$$\bar{F}_h(t) = b(r_h^{perf}(t) - r^b)(D_h(t-1)p(t) - C_h(t)),$$

где r^b – базовая доходность, которая является некоторым показателем надежности работы фонда, а параметр b определяет зависимость потока капитала от действий инвесторов.

Если собственные средства $W_h(t)$ инвестиционного фонда опускаются ниже установленного уровня $W_0 / 10$, то он временно прекращает свою работу. Но через определенный период времени $T_w = 100$ инвестиционный фонд восстанавливается и возобновляет торговлю.

Решение об инвестировании в фонд h инвесторы принимают на основе скользящего среднего его недавних результатов торговли на рынке:

$$r_h^{perf}(t) = (1-a)r_h^{perf}(t-1) + ar_h(t),$$

$$r_h(t) = \frac{D_h(t-1)(p(t) - p(t-1))}{W_h(t-1)},$$

где $r_h(t)$ – доходность инвестиционного фонда h в момент времени t , а a – параметр скользящего среднего.

Таким образом, в периоды низкой волатильности на рынке инвесторы будут вкладывать свои средства в наиболее доходные инвестиционные фонды, которые используют наибольший объем заемных средств.

Хеджирование кредитных рисков с помощью опционов

Вводим в модель возможность использования опциона, для того чтобы банки с их помощью могли застраховать выданные кредиты инвестиционным фондам. То есть банк покупает опционы на продажу активов, находящихся у него в качестве залога, по фиксированной цене в будущем (для простоты на следующий день). Таким образом, он застраховывает себя от непредвиденных падений цены на актив и потери стоимости обеспечения кредита. Затраты на содержание опциона берут на себя инвестиционные фонды. Текущая стоимость европейского опциона на продажу в момент времени t определяется в соответствии с формулой Блэка–Шоулза:

$$C(p(t), t) = Ke^{-r(T-t)}N(-d_2) - p(t)N(-d_1),$$

$$d_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{T-t}} \left(\ln \frac{p(t)}{K} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t) \right),$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t},$$

где $p(t)$ – текущая цена актива;

K – цена исполнения опциона;

r – безрисковая процентная ставка;

σ – волатильность доходности базового актива;

$N(d)$ – функция распределения стандартного нормального распределения;

$T-t$ – время до истечения срока опциона.

В случае сильного падения цены на актив или банкротстве инвестиционного фонда банк может задействовать опцион и продать залог по цене в предыдущий шаг времени, которая умножается на коэффициент собственного капитала инвестиционного фонда:

$$K(p(t), \lambda_h(t)) = p(t) \left(1 - \frac{1}{\lambda_h(t)} \right).$$

Таким образом, текущая стоимость опциона рассчитывается, исходя из текущей цены актива $p(t)$,

исторической волатильности $\sigma(t)$ и кредитного плеча $\lambda_h(t)$ инвестиционного фонда:

$$P_h(t) = P_h(p(t), \sigma(t), \lambda_h(t)).$$

Затраты на обеспечение европейского опциона на каждом временном шаге берет на себя инвестиционный фонд:

$$W_h(t) = W_h(t-1) + (p(t) - p(t-1))D_h(t-1) + F_h(t) - D_h(t-1)P_h(t-1).$$

При достаточно низкой волатильности σ , текущей цене актива $p(t)$ и максимальном допустимом кредитном плече $\lambda_{max}(t)$ банком устанавливается максимально возможные затраты на обеспечение опциона:

$$P_{max}(t) = P_h(p(t), \sigma, \lambda_{max}(t)),$$

где $\lambda_{max}(t) = \min\{\lambda_{max}, \lambda_{max}^h(t)\}$, а $\lambda_{max}^h(t)$ определяется из уравнения

$$P_{max}(t) = P_h(p(t), \sigma(t), \lambda_{max}^h(t)).$$

Выбор параметров модели

Во всех симуляциях работы искусственного финансового рынка участвует десять инвестиционных фондов с параметрами агрессии $\beta_h = 5, \dots, 50$ (показывает, насколько чувствительна реакция инвестиционного фонда на сигнал недооценки $m(t)$) и используются следующие параметры: $\rho = 0.99$, $\sigma_n = 0.035$, $V = 1$, $N = 1000$, $r^b = 0.005$, $a = 0.1$, $b = 0.15$, $W_0 = 2$, $W_{crit} = 0.2$, $T_w = 100$, $\tau = 1, \dots, 10$, $r = 0$, $T - t = 1$, $\lambda_{max} = 1, \dots, 20$. Выбор параметров осуществлялся в результате тестирования различных значений и исходя из экономического контекста ключевых параметров.

Увеличение параметра агрессии β_h улучшает реакцию инвестиционного фонда на сигнал недооценки $m(t)$, что влияет на его спрос и объем заимствований и соответственно увеличивает вероятность банкротства фонда. Объем начального капитала W_0 , фундаментальная цена V и число торгуемых активов N выбираются таким образом, чтобы доля инвестиционных фондов была небольшой в начале их деятельности на финансовом рынке.

Параметры ρ, σ_n определяют спрос шумовых трейдеров, и их значения определяются из предположения, что распределение логарифмических доходностей $r(t) = \ln \frac{p(t+1)}{p(t)}$ близко к нормальному

распределению при наличии на финансовом рынке только шумовых трейдеров.

Базовая доходность r^b играет важную роль в построенной модели, так как определяет относительный размер инвестиционных фондов и шумовых трейдеров. Если ее установить на достаточно низком уровне, то инвестиционные фонды будут быстро увеличивать свои средства и купят большое количество активов при небольших сигналах недооценки $m(t)$, что приведет к их полному доминированию над шумовыми трейдерами. Если же этот

параметр установить на высоком уровне, то инвестиционные фонды не будут увеличивать свои средства и перестанут влиять на формирование цены на актив. Наиболее интересное поведение наблюдается при промежуточных значениях r^b , когда спрос инвестиционных фондов сравним со спросом шумовых трейдеров.

Стоит отметить, что параметры a и b , необходимые для расчета потока капитала $F_h(t)$ от инвесторов в инвестиционный фонд, определялись эмпирически, исходя из предыдущих исследований, где описывались похожие процессы взаимодействия инвесторов и инвестиционных фондов [12]. Использование положительного значения критического уровня капитала W_{crit} для каждого инвестиционного фонда и выбор времени на восстановлении T_w обусловлены разумным регулированием количества действующих инвестиционных фондов на финансовом рынке.

Безрисковая процентная ставка r и срок до исполнения опциона $T - t$ выбирались исходя из упрощения расчетов текущей цены опциона, а изменение периода расчета τ исторической волатильности в выбранном промежутке не оказывало существенного влияния на результаты моделирования.

Результаты моделирования

Используя построенную модель, были проведены многократные имитации с наблюдением динамики цены актива, действиями инвестиционных фондов, инвесторов и банков. Несмотря на то, что при каждой отдельной имитации работы искусственного финансового рынка результаты деятельности каждого инвестиционного фонда могли отличаться, динамика цены актива при различных имитациях проявляла схожие тенденции. Интересно, что когда некоторые из инвестиционных фондов начинали показывать более высокую доходность, чем остальные, соответственно привлекая больший объем средств инвесторов, то другие инвестиционные фонды увеличивали свои кредитные рычаги с целью получения более высокой прибыли (рис. 1). Таким образом происходило некоторое соревнование между инвестиционными фондами, что наблюдается и на реальных финансовых рынках.

Кроме этого, при увеличении кредитных рычагов инвестиционными фондами динамика цены актива стремилась к своему фундаментальному значению, то есть конкуренция между фондами приводила к уменьшению волатильности цены на рынке (рис. 2 а). Это можно объяснить тем, что при небольших отклонениях текущей цены от фундаментального значения, реакция инвестиционных фондов при больших кредитных рычагах эффективнее, чем при меньших уровнях, и она не позволяет сильно отклоняться от истинного значения.

Однако, как показало имитационное моделирование, такая стабилизация рынка является временным и очень хрупким явлением. На самом деле, увеличение долговых обязательств инвестиционных фондов постепенно переводит финансовый рынок в неустойчивое состояние, в котором вероятность возникновения

кризисных явлений или резких падений цены на актив существенно возрастает (рис. 2 б, в).

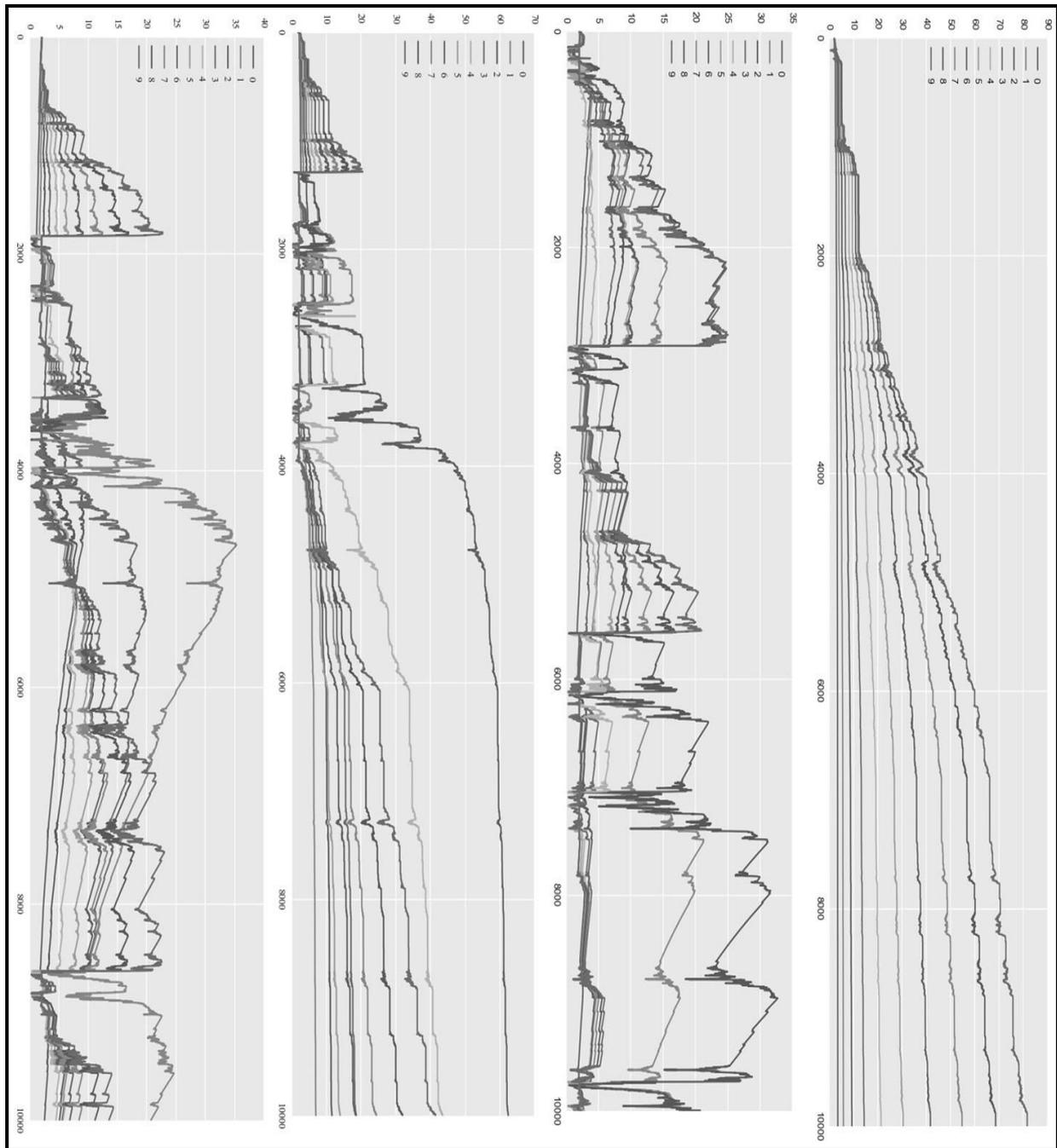


Рис.1. Динамика средств фондов при симуляциях: а) без инвесторов и возможности хеджирования; б) с инвесторами; в) с возможностью хеджирования; г) с инвесторами и возможностью хеджирования

Стоит отметить, что подобная неустойчивость финансового рынка наблюдается только при включении в модель инвесторов или возможности хеджирования для банков. Более того, в таком случае, как показывают результаты моделирования, распределение логарифмических доходностей торгуемого актива, близкое к нормальному распределению, заменяется другим, с более тяжелыми хвостами (рис. 3). Представляется, что управление рисками, когда

каждый отдельный банк покупает опционы для страховки от непредвиденных падений цены на актив или вводит ограничения на сумму заемных средств, основываясь на волатильности рынка, является главной причиной нестабильности финансового рынка.

Такая стандартная политика в отношении рисков, вероятно, увеличивает уровень максимально допустимого кредитного плеча в периоды небольшой волатильности и снижает его во время увеличения вола-

тельности на рынке, что может усиливать колебание цен на активы.

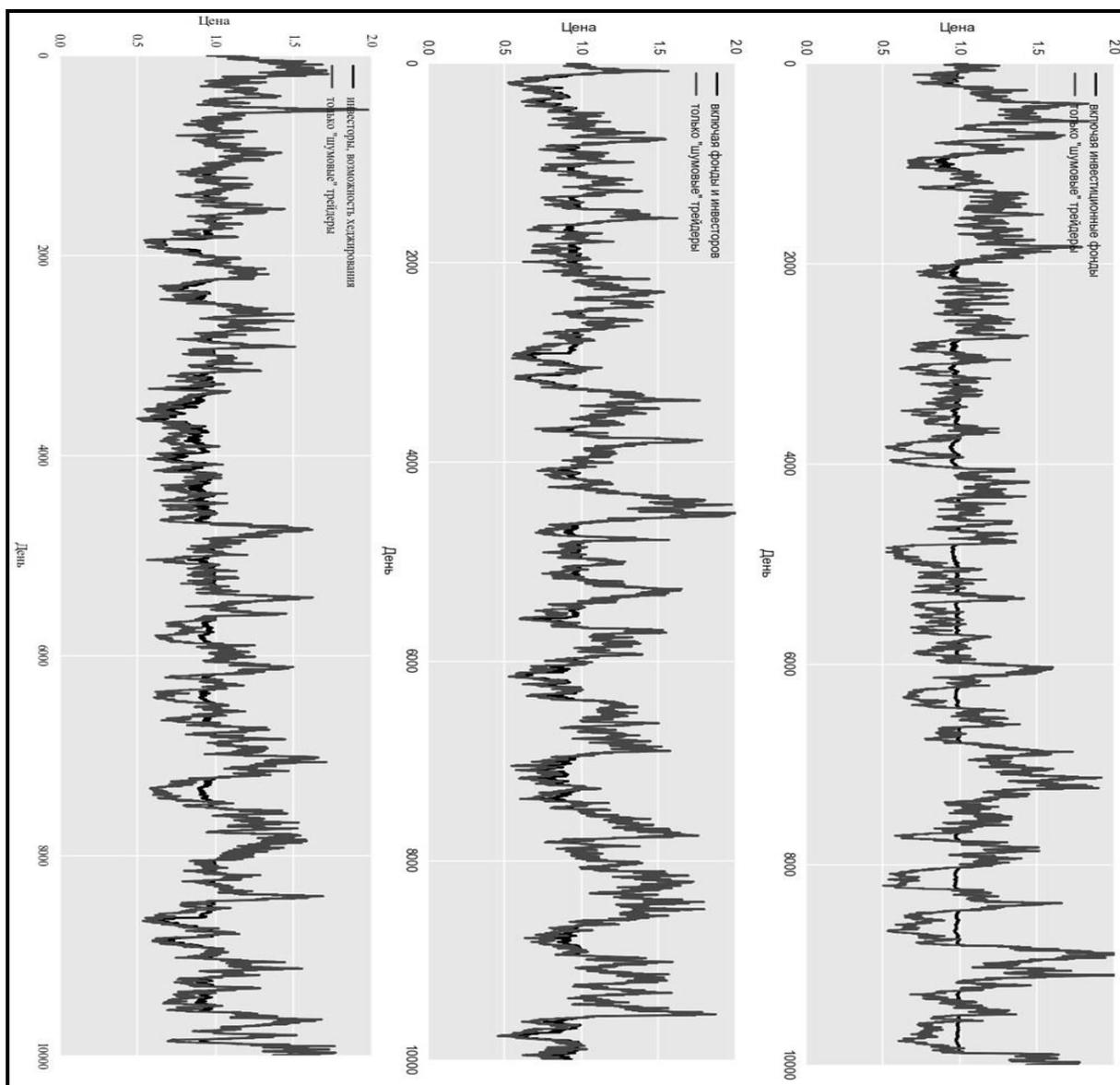


Рис. 2. Динамика цены актива (черным цветом) при симуляциях: а) с инвестиционными фондами; б) с инвесторами; в) с возможностью хеджирования для банков

Таким образом, попытка регулировать риск на микроуровне может создавать системный риск за счет нелинейной обратной связи, возникающей в результате погашения кредита инвестиционными фондами или исполнения опционов в неблагоприятное для них время.

Другое интересное наблюдение за результатами многократных имитаций заключается в том, что после превышения определенного уровня леввериджа, обеспечивающего состояние устойчивости, резкое падение цены на актив происходит в любом случае, и это является лишь вопросом времени и некоторых деталей. Небольшое изменение цены актива в неустойчивом состоянии финансового рынка при чрезмерных заимствованиях достаточно сильно уменьшает стоимость гарантийного обеспечения, а это в свою очередь вы-

нуждает инвестиционные фонды продавать свои активы для погашения задолженности даже в самые неподходящие для этого моменты, что может повлечь за собой дальнейшее падение цены актива на рынке. Это механический эффект, который возникает в результате использования инвестиционными фондами высокого уровня финансового рычага.

Следует также отметить, что построенная имитационная модель воспроизводит, помимо толстых хвостов, в распределении доходностей актива, еще одно эмпирическое свойство реальных финансовых временных рядов – эффект кластеризации волатильности, что означает чередование продолжительных периодов с низкой и высокой волатильностью (рис. 4 в, г). Воспроизводимость таких стилизованных фактов может служить некоторым критерием проверки соот-

ветствия временных рядов, порождаемых построенной моделью, реальным финансовым данным.

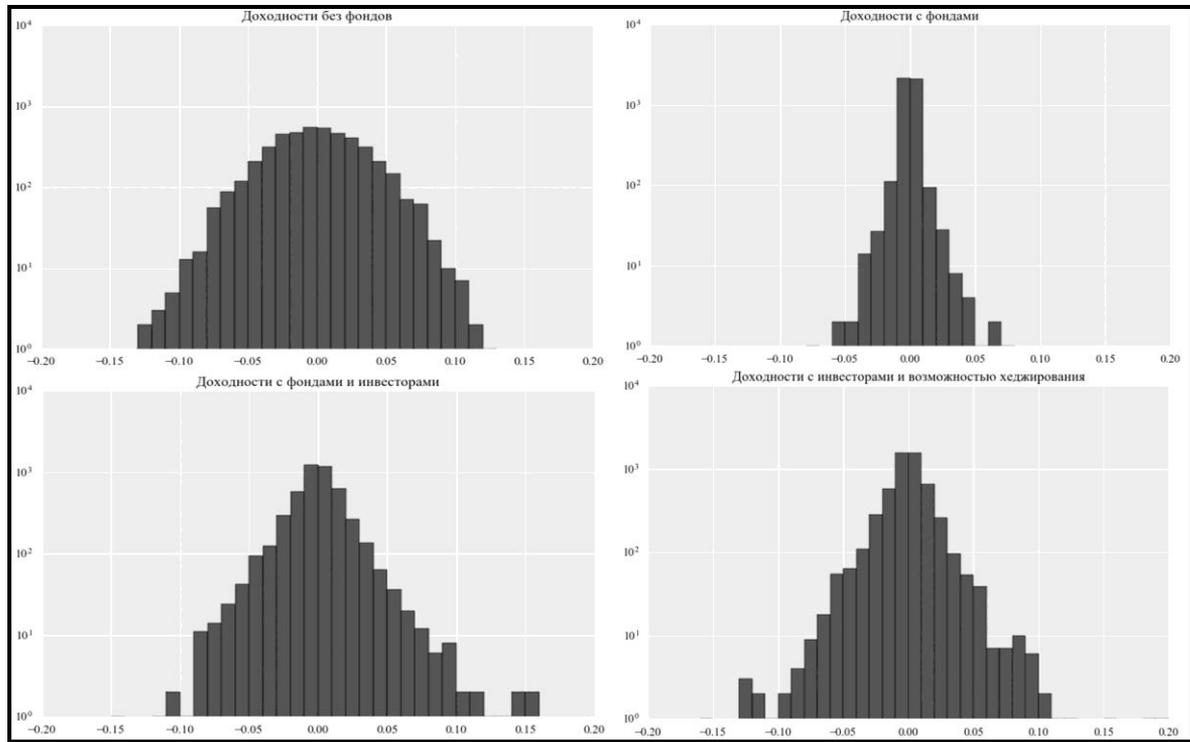


Рис. 3. Гистограммы доходностей базового актива при симуляциях: а) с шумовыми трейдерами; б) с инвестиционными фондами; в) с инвесторами; г) с возможностью хеджирования для фондов

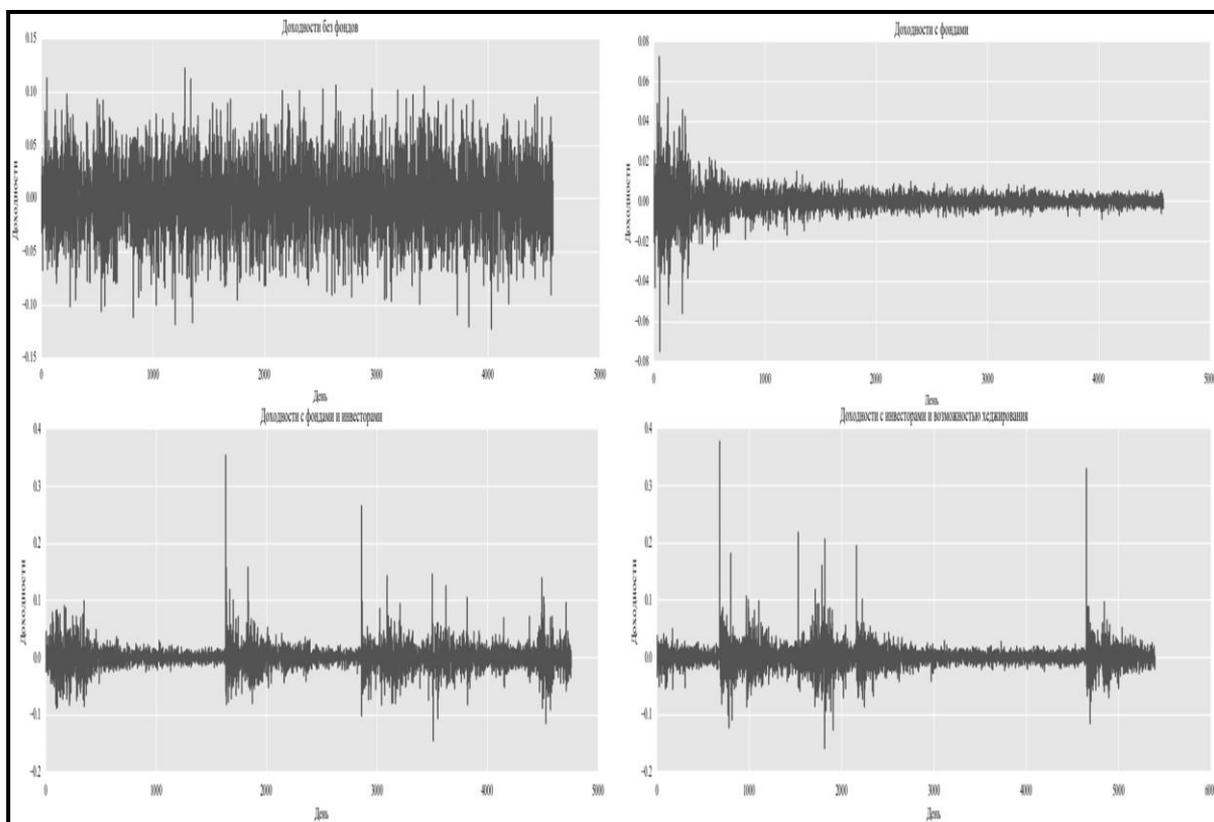


Рис. 4. Доходности базового актива при симуляциях: а) с шумовыми трейдерами; б) с инвестиционными фондами; в) с инвесторами; г) с возможностью хеджирования для фондов

ВЫВОДЫ

Повторные наблюдения, полученные в результате нескольких тысяч контролируемых имитаций с различными ключевыми параметрами, позволяют сделать несколько интересных выводов.

Во-первых, использование инструментов управления индивидуальными рисками улучшает устойчивость финансовой системы в периоды умеренных кредитных рычагов, но увеличивает волатильность на рынке, когда уровень кредитного плеча установлен на достаточно высоком уровне.

Во-вторых, действия и относительная эффективность одних участников финансово-экономических отношений на рынке влияют на действия других агентов, что оказывает существенное влияние на цену актива.

В-третьих, небольшие случайные события, которые не оказывают влияния на цену актива в периоды с умеренным уровнем кредитного плеча, могут стать первоначальными причинами резких падений цены на актив в периоды повышенного уровня финансового рычага.

Вероятно, на реальных финансовых рынках при повышении заимствований увеличиваются объемы капитала участников торгов, появляются новые возможности для заработка, поэтому инвестиционные фонды поднимают свои кредитные рычаги на более высокий уровень, чтобы получить большую прибыль и достичь целевых показателей доходности. Но это в свою очередь приводит к увеличению ликвидности и уменьшению волатильности, что снижает возможности дополнительного заработка и заставляет инвестиционные фонды идти на еще большие заимствования и увеличивать уровень финансового рычага.

Такая связь между волатильностью, ликвидностью и риском практически незаметна, так как она проявляется на рынке достаточно редко и в обычные дни участники фи-

нансово-экономических отношений могут ее не замечать. На первый взгляд, может показаться, что ситуация на финансовом рынке стабильна, но при этом нам неизвестно, что происходит на уровне связи и взаимодействия отдельных составляющих финансового рынка.

Литература

1. Adrian T. Liquidity and leverage [Text] / T. Adrian, H. Shin // J. of financial intermediation. – 2010. – Vol. 19. – Pp. 418-437.
2. Arthur W.B. et al. Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market [Text] / W.B. Arthur, J. Holland, B. LeBaron, R. Palmer, P. Tayler // The economy as an evolving complex system II. – 1997. – Pp. 15-44.
3. Brock W.A. Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model [Text] / W.A. Brock, C.H. Hommes // J. of economic dynamics and control. – 1998. – Vol. 22. – Pp. 1235-1274.
4. Brunnermeier M. Market liquidity and funding liquidity [Text] / M. Brunnermeier, L. Pedersen // Review of financial studies. – 2009. – Vol. 22. – Pp. 2201-2238.
5. Brunnermeier M. A macroeconomic model with a financial sector [Text] / M. Brunnermeier, Y. Sannikov // The American economic review. – 2014.
6. Fostel A. Leverage cycles and the anxious economy [Text] / A. Fostel, J. Geanakoplos // American economic review. – 2008. – Vol. 98. – Pp. 1211-1244.
7. Friedman D. Bubbles and crashes: escape dynamics in financial markets [Text] / D. Friedman, R. Abraham // Santa cruz center for international economics, working paper. – 2007. – Vol. 07-3.

8. Giardina I. Bubbles, crashes and intermittency in agent-based market models [Text] / I. Giardina, J.P. Bouchaud // European physical j. – 2003. – Pp. 421-437.
9. Geanakoplos J. The leverage cycle [Text] / J. Geanakoplos // NBER macroeconomic annual. – 2010. – Vol. 24. – Pp. 1-65.
10. Lux T. The socio-economic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions [Text] / T. Lux // J. of economic behavior and organization. – 1999. – Vol. 33. – Pp. 143-165.
11. Lux T. Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of a financial market [Text] / T. Lux, M. Marchesi // Nature. – 1999. – Vol. 397. – Pp. 498-500.
12. Thurner S. et al. Leverage causes fat tails and clustered volatility [Text] / S. Thurner, D. Farmer, J. Geanakoplos // Quantitative finance. – 2012. – Vol. 12. – Pp. 695-707.

Ключевые слова

Финансовый рынок; имитационное моделирование; волатильность финансовых активов; инструменты управления индивидуальными рисками.

Уляев Лукман Рафгатович

РЕЦЕНЗИЯ

Сложность мировой финансовой системы возрастает с каждым годом: появляются новые финансовые инструменты, увеличивается количество участников финансово-экономических отношений и связей между ними. Сложные взаимодействия между агентами в такой системе могут приводить к резким и непредсказуемым падениям цен на активы. Изучение механизмов возникновения таких событий является актуальной задачей и вызывает особый интерес со стороны исследователей.

В статье представлена построенная автором имитационная модель финансового рынка на основе нового программного комплекса. В последние десятилетия имитационный подход к моделированию финансового рынка в связи активным развитием компьютерных систем получил особую популярность. Одним из способов создания имитационных моделей финансового рынка является агентно-ориентированное моделирование, позволяющее описывать сложную структуру взаимодействующих участников финансовых отношений. Традиционные аналитические модели в этой области зачастую не позволяют этого делать, используя при этом различные искусственные предположения, которые сильно упрощают поставленную задачу.

Л.Р. Уляев предлагает собственный, комбинированный подход на основе агентно-ориентированного моделирования и методов системной динамики к моделированию кризисных явлений на финансовом рынке. Кроме того, им разработан новый программный комплекс, позволяющий моделировать влияние различных участников финансовых отношений, инструментов по управлению индивидуальными рисками и регулирующих мер на ценовые колебания финансовых активов.

Представленные в статье результаты исследования влияния инструментов управления индивидуальными рисками на волатильность финансовых активов, проведенного автором, несомненно, представляют как теоретический, так и практический интерес.

Заключение: рецензируемая статья содержит новые научные результаты, отвечает всем требованиям, предъявляемым к научным статьям, и может быть рекомендована для публикации в журнале «Аудит и финансовый анализ».

Чяхоян В.А., к.э.н., доцент кафедры математических методов анализа экономики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ