УДК 336.763.1

АДАПТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (B,S) – РЫНКА

Давнис Валерий Владимирович,
доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий и математических методов в экономике Воронежского государственного университета;
vdavnis@mail.ru
Федосеев Александр Михайлович,
аспирант кафедры информационных технологий и математических методов в экономике Воронежского государственного университета; amf_@bk.ru

В статье описываются основные идеи и этапы построения адаптивной модели (B,S)-рынка. Отмечается, что адаптивная модель, в отличие от модели Кокса-Росса-Рубинштейна и ее эконометрического варианта одновременно отражает природу эволюции цен базового актива и механизм торговли опционами на бирже.

Ключевые слова: эконометрическая модель (B,S)-рынка, адаптивное моделирование, риск-нейтральная цена опциона, риск-трендовая цена опциона.

Чтобы сделать вывод о необходимости адаптивного моделирования (B,S)-рынка следует сначала понять те недостатки и возможности, которые скрыты в биномиальной модели, предложенной Коксом, Россом, Рубинштейном. Их модель представляет собой своеобразный аналог известной в теории вероятностей схемы Бернулли. Эта схема является чрезмерной абстракцией реального рынка. В ней рассматриваются финансовые операции осуществляемые с банковским счетом $B = (B_t)_{t \geq 0}$ и только одной акцией, цену которой обозначают $S = (S_t)_{t \geq 0}$. Такой подход позволяет описать динамику цен на рынке простыми, но удачно интерпретируемыми уравнениями.

Рамки сделанных предположений позволяют считать, что изменение цен на (B,S)-рынке происходит скачками в дискретные моменты времени и описывается уравнениями

$$B_t = (1 + r_t) B_{t-1}, \tag{1}$$

$$S_t = (1 + \rho_t) S_{t-1} \tag{2}$$

где $B_0 > 0$ и $S_0 > 0$.

Кроме сделанных выше предположений, в этой модели (B,S)-рынка полагают, что банковская ставка r_t не измена, т.е.

$$r_t \equiv r = Const,$$

а доходность акции $\rho = (\rho_t)_{t \geq 1}$ является бернуллиевской последовательностью независимых одинаково распределенных случайных величин $\rho_1, \rho_2, \ldots,$ принимающих всего два значения

$$\rho_t = \begin{cases} r_u, \\ r_d, \end{cases} \quad r_d < r_u \tag{3}$$

с вероятностями $p = \mathrm{P}(\rho_t = r_u)$ и $q = \mathrm{P}(\rho_t = r_d)$ соответственно.

Биномиальная модель (B,S)-рынка определяет механизм изменения стоимости акции, что позволяет для любого момента времени при известных ρ_k рассчитать стоимость акции в случае ее дискретного изменения

$$S_t = S_0 \prod_{k \leq t} (1 + \rho_k). \tag{4}$$

Этот же принцип расчета используется и в тех случаях, когда возникает необходимость отражения непрерывного изменения цены. Формула, по которой в этом случае определяется цена акции записывается следующим образом:

$$S_t = S_0 e^{h_1 + h_2 + \cdots + h_t} = S_0 e^{H_t}, \tag{5}$$

где $h_k = \ln(1 + \rho_k)$.

При строгом математическом изложении этой модели рассматривается вероятностное пространство $(\mathbf{\Omega}, \mathrm{F}, (F_t), \mathrm{P})$, где $\mathbf{\Omega} = (a, b)$, – пространство элементарных событий, F – множество всех подмножеств, которые на отрезке времени, в течении которого проводились торги, могли быть сформированы из элементов $\mathbf{\Omega}$ таким образом, что на i-м месте располагается либо a, либо b; F_t– информационный поток $\mathrm{F}_0 = \{\varnothing, \Omega\} \subseteq F_1 \subseteq \cdots \subseteq F_n$, формируемый по конкретным событиям и называемый обычно фильтрацией; P – вероятностная мера, определяемая бернуллиевской вероятностью p.

Предположение о том, что вероятностная мера определяется бернуллиевской вероятностью без сомнения нужно только для того, чтобы легче осуществлялись преобразования и значительно упростились расчетные схемы, используемые при определении стоимости опциона. Такие предположения хотя и не искажают описание механизма биржевых торгов, но приводят к значительному снижению возможности адекватного отражения реальности. Поэтому исследования посвященные вопросу определения вероятностной меры P, а также разработке специальных процедур для идентификации в каждом конкретном случае значений $p = \mathrm{P}(\rho_n = b)$ и $q = \mathrm{P}(\rho_n = a)$, являются актуальными. На эти вопросы обращено внимание и в [1], где отмечена возможность более реалистичных предположений, смысл которых в том, что на $(\mathbf{\Omega}, \mathrm{F})$ следует задавать не одну вероятностную меру P, а целое семейство вероятностных мер

$\{P\}$, которые в соответствии со свойством вероятности должны принимать значения $p = P(\rho_n = b)$, лежащие в интервале (0,1). Как правило, данное замечание остается без должного внимания, так как при оценке стоимости опционов учитывается не фактическая вероятность скачкообразных изменений цены базовых активов, а специальным образом определенная риск-нейтральная вероятность.

Но есть, по крайней мере, еще два замечания в адрес биномиальной модели (B,S)-рынка. Суть первого замечания в том, что не рассматривается возможность смещения оценки риск-нейтральной цены опционов, которое вполне возможно имеет место при использовании для этих целей, рассмотренной выше модели (B,S)-рынка. Смещение может иметь место потому, что реальный тренд цены базового актива не учитывается при построении биномиального дерева. Однако тренд все же присутствует в расчетах и формируется он с помощью риск-нейтральных вероятностей. Всегда возникает вопрос о тесноте взаимосвязи тренда учитываемого в расчетах и реального тренда моделируемого процесса. Этот тот вопрос, ответ на который можно получить только в результате эмпирического исследования.

Второе замечание касается идентификации скачков a и b. Эти величины в модели (B,S)-рынка рассматриваются как постоянные характеристики. Вопрос их возможного изменения в рамках модели не рассматривается, так как сама модель предназначена для однократного расчета. В то же время известно, что волатильность финансовых активов не является постоянной величиной, поэтому отвечающие в модели за отражение изменчивости цены актива характеристики должны с течением времени изменять свои значения. Естественно эти изменения характеристик должны найти отражение и в расчетах риск нейтральной цены. Например, в модели Блэка – Шоулса характеристика, отражающая риск, уточняется в каждом расчете по специальной формуле

$$\sigma = A + B\cdot(1-\exp(-C\cdot x^2)) + \frac{D\cdot arctg(E\cdot x)}{E}, \qquad (6)$$

$$x = \ln\left(\frac{Strike}{F(t)}\right)/\sqrt{T}, \qquad (7)$$

где $Strike$ – страйк опциона; $F(t)$ – цена базового актива в текущий момент времени t; T – время от текущего дня до дня истечения опциона включительно, в долях года; σ – волатильность, выраженная в процентах от цены базового фьючерса; A, B, C, D, E – параметры, с помощью которых задается зависимость волатильности от разности между страйком опциона и ценой базового актива.

После каждой сделки алгоритм настройки этих параметров предусматривает их корректировку по специальной методике. Причем в процедуре корректировке учитываются как текущие, так и предыдущие значения этой характеристики.

В модели (B,S)-рынка такая возможность не предусмотрена. Каждый новый расчет делается как бы с чистого листа без взаимосвязи с предыдущим расчетом. Поэтому использование идей адаптации в расчетах по модели (B,S)-рынка может оказаться весьма полезным.

Первый шаг в наделении модели (B,S)-рынка адаптивными свойствами связан с построением эконометрической модели этого рынка. Использование эконометрических моделей для оценки стоимости опционов позволяет при определении риск-нейтральной цены учитывать тренд, что приводит к получению более обоснованных оценок. Работы, в которых бы исследовались вопросы подобного рода практически отсутствуют. Поэтому вопрос о том, какой должна быть эконометрическая модель (B,S)-рынка требует специального рассмотрения

Анализ модели (B,S)-рынка позволяет сделать вывод, в соответствии с которым ее эконометрический вариант должен в обязательном порядке отражать два свойства эволюции цен базового актива: непрерывное изменение и скачкообразное [2]. Из данного замечания нетрудно понять, что эконометрическая модель (B,S)-рынка должна быть дискретно-непрерывной. В некотором смысле такую модель можно рассматривать и как эконометрический аналог модели (B,S)-рынка и как эконометрический аналог уравнения, используемого в модели Блэка – Шоулса для описания механизма формирования доходности акции

$$\frac{\Delta S}{S} = \mu \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}\,, \tag{8}$$

где μ – средний уровень доходности; Δt – бесконечно малый отрезок времени, на котором эта модель имеет смысл; σ – величина риска, измеренная среднеквадратическим отклонением; ε – случайная величина, имеющая нормальный закон распределения с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

Первое слагаемое уравнения (8) это тренд, представляющий собой непрерывную составляющую, по которой определяется ожидаемый уровень доходности акции, а второе слагаемое понимается как риск, который в каждом конкретном случае может изменять уровень ожидаемой доходности в ту или иную сторону в зависимости от знака и значения, принимаемого случайной величиной ε .

Эконометрический аналог модели (8) можно записать в следующем виде:

$$r_t = a_0 + a_1 r_{t-1} + d\, x_t + \delta_t\,, \tag{9}$$

где r_t – обозначает доходность базовой акции в момент времени t; a_0, a_1– параметры модели, оцениваемые с помощью МНК и определяющие тренд, характеризующий уровень доходности базовой акции; d – оцениваемый с помощью МНК параметр стохастической составляющей модели, характеризующий среднюю величину риска, на которую может отклоняться фактически наблюдаемая доходность базовой акции от тренда; x_t – ненаблюдаемая дискретная переменная, идентифицируемая на основе гипотезы альтернативных ожиданий и принимающая случайным образом два значения: 1 или -1; δ_t – ненаблюдаемая случайная величина, характеризующая ту часть изменения моделируемой переменной, которая не объясняется включенными в модель регрессорами.

Основное отличие эконометрической модели от выражения, используемого в формуле Блэка-Шоулса в том, что о корректности (8) можно говорить только на бесконечно малых отрезках времени, а эконометрическая модель без ограничений может использоваться на всем временном интервале, содержащем реально наблюдаемые значения моделируемого процесса.

В качестве непрерывной составляющей в эконометрической модели используется авторегрессионная зависимость первого порядка. Такое представление тренда базового актива не исключает другие способы представления динамики, но вряд ли они окажутся полезными, так как в рамках финансовой теории авторегрессионные модели чаще других используются для описания эволюции цен финансовых активов. Возможно, это связано с тем, что на рынке нет постоянно действующих факторов, а воздействие краткосрочных, как правило, мгновенно отражается в стоимости активов. В силу этого ожидаемую стоимость финансового актива целесообразно предсказывать через его стоимость в предшествующий момент времени, которая, как нетрудно понять, должна содержать в себе все факторные воздействия текущего момента.

В качестве измерителя риска в этой модели используется параметр регрессионного уравнения d. Примером использования параметра модели в качестве риска является модель оценки стоимости капитала (CAPM), в которой бета коэффициент интерпретируется как риск. Но смысл параметра d иной, чем параметра β в CAPM. По замыслу с помощью d в модели (9) измеряется средняя величина колебаний вокруг тренда или условно средних значений. Данный подход отличается от общепринятого, в котором риск принято оценивать по отклонениям от среднего значения. Это отличие не является принципиальным, поскольку без проблем можно построить модель аналогичную модели (9), но без тренда. Тогда коэффициент d будет измерителем колебаний вокруг среднего. Но есть и более существенные отличия, которые имеет смысл обсудить.

Главное отличие в том, что d является не квадратичным измерителем риска, а линейным. В силу этого, измеряемый с помощью d риск может принимать как положительные значения, так и отрицательные. Кроме того, оценка d, как коэффициента регрессии, осуществляется с помощью метода наименьших квадратов и, следовательно, одновременно для него рассчитываются характеристики статистической надежности, которые для σ, как правило, не определяются.

Обсуждая вопрос о построении адаптивной модели (B,S)-рынка, следует обратить внимание на то обстоятельство, что описание эволюции цен с помощью всего двух фиксированных значений a и b, которое имеет место в модели Кокса – Росса – Рубинштейна, возможность адекватного моделирования практически исключает. Более правдоподобным является предположение, в соответствии с которым, величина ρ_t в каждый момент времени может находиться на одном из двух уровней: высоком или низком. Причем, под высоким уровнем имеет смысл понимать такие значения ρ_t, которые обеспечивают доход, а под низким – естественно убытки. Но само ρ_t в каждый момент времени принимает любые значения из множества $[a,b]$. Возможность реализации этих предположений достигается путем построения адаптивной модели (B,S)-рынка.

Основой адаптивной модели, как отмечалось выше, является эконометрическая модель. Для эконометрической модели, прежде всего, необходимо определить зависимую переменную. Из модели (B,S)-рынка следует, что его можно описать двумя переменными. Причем банковский счет, имеющий детерминированную динамику не интересен для эконометрического моделирования. Акция, а точнее ее цена, определяемая как случайная величина, вполне подходит на роль зависимой переменной эконометрической модели, с помощью которой можно прогнозировать ожидаемую стоимость акции.

В принципе, если бы разговор шел только о прогнозировании, то для этих целей можно было бы предложить несколько моделей, обеспечивающих требуемый уровень надежности. Также можно предложить различные схемы практического использования результатов прогнозирования. Но в рассматриваемом случае не это требуется. Стоит задача построения эконометрической модели (B,S)-рынка, которая отражает альтернативную динамику стоимости акций с известным законом распределения альтернативных вариантов и, которая может стать основой для адаптивной модели. В связи с этим возникает два вопроса. Первый вопрос связан с тем, каким образом по данным исторического периода можно идентифицировать альтернативную динамику. А второй – связан с адаптивным механизмом, которым необходимо наделить регрессионную модель, воспроизводящую альтернативную динамику. Оба вопроса выходят за рамки классического регрессионного анализа и требуют специальных решений.

Ответ на первый вопрос дают следующие рассуждения. Построение эконометрической модели на данных исторического периода, в котором заведомо не содержатся альтернативные варианты, нуждается в идее, реализация которой обеспечила бы необходимую идентификацию. Логика рассуждений, поясняющая основной смысл этой идеи, следующая. Будущее в отличие от прошлого всегда многовариантно в силу чего несет в себе неопределенность. Но прошлое и настоящее взаимосвязаны. Каждое значение моделируемого процесса в прошлом с некоторой точностью отражается в одном из возможных вариантов будущего. А это значит, что альтернативные варианты будущего можно считать сформированными из безальтернативных вариантов прошлого, которые были распределены по всему горизонту исторического периода случайным образом. Из сказанного следует, что построение эконометрической модели следует осуществлять с использованием специальных приемов, позволяющих идентифицировать в параметрах модели распределенную во времени альтернативность прошлого и обеспечивающих возможность генерировать для каждого момента упреждающего периода альтернативную динамику будущего. Различие, которое существует между альтернативностью, распределенной во времени, и альтернативностью в конкретный момент времени интуитивно понятно и не требует дополнительных пояснений.

Биномиальная модель (B,S)-рынка описывает только два возможных варианта стоимости, по которой торгуются акции, и которые получаются в результате скачкообразных изменений фиксированной величины. Безусловно, альтернативность будущего намного богаче, но мы вынуждены рассматривать только два варианта, иначе можно оказаться за рамками предположений полного рынка и расстаться с возможностью корректного определения риск-нейтральной цены опциона. При этом мы исходим из того, что теоретически, несмотря на всевозможные вариации, должны существовать средние характеристики роста и падения цен базового актива, на основе которых из цены актива в момент заключения опционного контракта путем ее трансформирования можно получить многовариантное описание ожидаемой цены актива в момент завершения контракта. Именно эта возможность должна быть предусмотрена в предлагаемой модели.

Предположение о фиксированном скачкообразном изменении цены в модели (B,S)-рынка при реализации эконометрического подхода опускается. Взамен этого предположения в эконометрической модели учитываются колебания цен с помощью дискретной переменной, фиксирующей в каждый момент времени состояние, в котором находится стоимость акции. Понимание того, какой уровень стоимости можно считать высоким, а какой низким, формируется автоматически в процессе построения модели на основе условно средней величины.

Чтобы получить полный эконометрический аналог модели (B,S)-рынка необходимо определить вероятности, оценивающие реальность альтернативных вариантов. Целесообразно, на наш взгляд, эти вероятности определять с помощью регрессионной модели бинарного выбора. Это связано с тем, что разделение наблюдений исторического периода на высокие и низкие цены выполнено с помощью дискретной переменной. Следовательно, определение необходимых вероятностей эквивалентно идентификации вероятностного распределения для этой дискретной переменной. А это значит, что в эконометрической модели (B,S)-рынка должно появиться дополнительное уравнение (модель бинарного выбора)

$$\mathrm{F}(z_t) = \frac{e^{b_0 + b_1 z_t}}{1 + e^{b_0 + b_1 z_t}}, \qquad (10)$$

позволяющее эволюцию цен базового актива записать следующим образом

$$S_t = (1+\rho_t)S_{t-1} \tag{11}$$

$$\rho_t = \begin{cases} a_0 + a_1 r_{t-1} + d(1-\mathrm{F}(z_t)) \\ a_0 + a_1 r_{t-1} - d\,\mathrm{F}(z_t) \end{cases}, \tag{12}$$

где $\mathrm{z_t}$ – отклонение фактического значения доходности от тренда, т.е.

$$z_t = r_t - a_0 - a_1 r_{t-1}, \tag{13}$$

а $\mathrm{F}(z_t)$ является функцией распределения, с помощью которой определяется вероятность того, что дискретная случайная величина x_t приняла значение равное –1.

Таким образом, основные усилия по эконометрическому представлению динамики, характеризующей изменения в стоимости рискового актива, оказались сконцентрированными на моделировании доходности актива.

Модель (11) – (2) не содержит ненаблюдаемую переменную x_t и, поэтому, если удается определить вероятность, с которой дискретная переменная принимает значение равное –1, то модель можно использовать в практических расчетах. Подобная ситуация имеет место в том случае, когда модель уже построена и необходимо ее использовать при решении практических задач. Но в момент построения модели возникают другие проблемы.

Как правило, эти проблемы возникают при построении модели в связи с необходимостью замены значений ненаблюдаемой переменной специально сформированными значениями. Необходимость такой замены диктуется спецификой метода наименьших квадратов, применяемого для оценки коэффициентов регрессионной модели. Обычно в подобных случаях выдвигается гипотеза, в соответствии с которой удается модель преобразовать к виду, содержащему только наблюдаемые переменные, имеющие числовое выражение. Например, в тории эконометрического моделирования известны модели с ненаблюдаемыми переменными, построение которых осуществляется с помощью гипотезы адаптивных ожиданий и гипотезы рациональных ожиданий.

В случае построения модели (B,S)-рынка предлагается использовать гипотезу альтернативных ожиданий. Рамки этой гипотезы предполагают альтернативность ожидаемого инвестором результата. Смысл альтернативности в том, что в силу присутствующего на рынке риска одна и та же сумма средств, вложенная в одну и ту же ценную бумагу, может принести доход, а может принести убыток. Но исторический период безрисковый, на нем нет альтернативности, она уже реализована в событиях, которые имели место и которые можно идентифицировать, условившись о правилах этой идентификации. Таким правилом, на наш взгляд, может быть пороговое значение. В соответствии с этим правилом ненаблюдаемой переменной на историческом периоде должна присваиваться +1, если значение моделируемого показателя выше пороговой величины, и присваивается –1, если значение меньше этой пороговой величины.

В качестве пороговой величины при построении модели (11) – (12) можно использовать среднюю величину моделируемого показателя в текущий момент времени. Удобно эту среднюю величину определять как условное математическое ожидание в зависимости от значений в предыдущий момент времени, т.е. $\hat{r}_t = \mathrm{E}(r_t \mid r_{t-1})$. В рамках модели (11) – (12) такую величину определяют с помощью непрерывной составляющей

$$\hat{r}_t = a_0 + a_1 r_{t-1}. \qquad (14)$$

Используя расчетные значения (14), можно определить отклонение $\Delta r_t = r_t - \hat{r}_t$, по знаку которого формируются значения ненаблюдаемой переменной

$$x_t = \begin{cases} 1, & если \quad \Delta r_t \geq 0; \\ -1, & если \quad \Delta r_t > 0 \end{cases}, \qquad (15)$$

имевшие место в соответствии с нашими предположениями на историческом периоде.

Сформированная таким образом переменная имеет двойное назначение. Она используется в качестве факторной переменной при построении модели (9) и в качестве дискретной зависимой переменной (с соответствующей заменой -1 на 0) при построении модели бинарного выбора (10).

Выбор независимой переменной (переменных) модели бинарного выбора в значительной степени связан с выбором зависимой переменной. При ее выборе надо понимать, что от этой переменной зависит вероятность, с которой реализуется альтернативность динамики доходности базового актива. В силу этого, в качестве такой переменной можно использовать либо отклонение от тренда Δr_t, либо индекс РТС. Рассмотрим оба случая.

Если в качестве независимой переменной выбирается отклонение от тренда Δr_t, то при построении модели бинарного выбора возникает проблема с оценкой ее параметров. Проблема решается применением процедуры частичной рандомизации к временному ряду из отклонений. Применение этой процедуры приводит к незначительному изменению порядка следования членов временного ряда, что исключает линейную зависимость, являющуюся основным препятствием корректного оценивания параметров модели бинарного выбора.

Также в роли независимой переменной модели бинарного выбора можно использовать доходность индекса. Это не противоречит известным фактам, свидетельствующим об использовании взаимосвязи доходности акций с доходностью рыночного индекса. Например, как в модели Шарпа. Специфика рассматриваемой задачи в том, что в расчетах нужно использовать не текущие значения доходности индекса, а прогнозные оценки, которые можно использовать для расчета вероятностей реальности альтернативных вариантов в упреждающие моменты времени.

Осуществить расчет прогнозных оценок доходности индекса r_{It} можно с помощью модели аналогичной (9) и записываемой в виде:

$$r_{It} = a_{I0} + a_{I1} r_{It-1} + d_I x_{It} + \delta_{It}, \qquad (16)$$

где r_{It} – величина доходности индекса в момент времени t; x_{It} – ненаблюдаемая дискретная переменная, случайным образом принимающая два значения: 1 или -1; a_{I0}, a_{I1}, d_I – параметры модели, оцениваемые с помощью метода наименьших квадратов; δ_{It} – ненаблюдаемая случайная составляющая, характеризующая ту часть вариации индекса, которая не объясняется включенными в модель факторами.

Дискретная переменная x_{It} идентифицируется так же, как и дискретная переменная модели (9) в соответствии с гипотезой альтернативных ожиданий. Определив влияние активности рынка на уровень цены базового актива, уточним механизм этого влияния. Смысл этого механизма в том, что отклонения стоимости базового актива от условно средней величины происходят одновременно с аналогичными отклонениями индекса от соответствующей условно средней величины. Причем, как правило, положительным отклонениям индекса соответствуют положительные отклонения стоимости актива и наоборот. Из сказанного следует вывод о существовании взаимосвязи между отклонениями, синхронизированными по времени.

Уравнения (10) – (12) и содержательный смысл эконометрической модели (B,S)-рынка понятны. Она более точно отражает динамику цен базового актива, но не позволяет воспроизвести механизм определения риск-нейтральной стоимости опционов, который реализуется биржей. Особенность этого механизма в периодичности проводимых расчетов, которая, по сути, определяется возможностями компьютерной техники. Расчеты риск-нейтральной стоимости опционов осуществляются ежеминутно. Используется для этого формула Блэка – Шоулса, а не модель (B,S)-рынка, возможности которой как в классическом варианте, так и эконометрическом не обеспечат требуемую частоту расчетов. Для этой цели предлагается использовать адаптивный вариант модели (B,S)-рынка, который на основе эконометрической модели может быть записан следующим образом:

$$S_t = (1 + \rho_t) S_{t-1} \tag{17}$$

$$\rho_t = \begin{cases} r_{ut}^0 \\ r_{dt}^0 \end{cases} \tag{18}$$

$$r_{ut}^k = a_{0t} + a_1 r_{t-1} + d(1 - \mathrm{F}(z_t^k)) \tag{19}$$

$$r_{dt}^k = a_{0t} + a_1 r_{t-1} - d\mathrm{F}(z_t^k) \tag{20}$$

$$z_{t+1}^k = r_{t+1}^k - a_{0t} - a_1 r_t \tag{21}$$

$$a_{0t+1} = a_{0t} + d - 2d\mathrm{F}(z_{t+1}^0) \tag{22}$$

$$t = T_0 + 1, \dots, T; \; k = 0, 1, \dots, n.$$

Все переменные модели известны из ранее введенных обозначений и не требуют дополнительных пояснений, за исключением индексных переменных. Через T_0 обозначен номер последнего наблюдения временного ряда, который использовался для построения начального приближения адаптивной модели; t – порядковый номер текущего торгового дня; k – порядковый номер котировки внутри торгового дня.

В модели (17) – (22) реализован адаптивный механизм двойного действия. В этом механизме предусмотрено адаптивное изменение модели, осуществляемое по дневным котировкам, и локальное изменение расчетных значений без изменения самой модели внутри торгового дня. Благодаря этому с помощью данной модели удается отразить и природу эволюции цен на (B,S)-рынке и механизм биржевых торгов опционами. Результаты адаптивного моделирования используются в расчетах риск-нейтральной и риск-трендовой стоимости опционов.

Список источников

1. Ширяев, В.И. Финансовая математика. Расчет опционов, вероятностный и гарантированный подходы [текст] / В.И. Ширяев. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007. – 208 с.

2. Давнис, В.В. Эконометрический вариант биномиальной модели эволюции цен на финансовом рынке [текст] / В.В. Давнис, П.В. Сурков // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2007. – № 3. – Т. 2. – С. 144 – 150.

ADAPTIVE MODEL-BUILDING OF (B, S)-MARKET

Davnis Valeriy Vladimirovich,
Dr. Sc. of Economy, Professor, Chief of the Chair of Information Technologies and Mathematical Methods in Economy of Voronezh State University; vdavnis@mail.ru
Fedoseyev Aleksandr Mikhaylovich,
Post-graduate student of the Chair of Information Technologies and Mathematical Methods in Economy of Voronezh State University; amf_@bk.ru

Basic ideas and stages of adaptive model-building of (B, S)-market are described. Adaptive model unlike the Cox-Ross-Rubinstein and its economical variant at the same time reflects the nature of price evolution of basic asset and mechanism of trade of options on exchange.
Keywords: econometrical model of (B, S)-market, adaptive model-building, risk-neutral price of the option, risk-trend price of the option.