Моделирование и анализ данных
2019. Том 09. № 4. С. 46–56
doi: 10.17759/mda.2019090403
ISSN: 2219-3758 (печатный)
ISSN: 2311-9454 (online)

Modelling and Data Analysis
2019. Vol. 09, no. 4, pp. 46–56
doi: 10.17759/mda.2019090403
ISSN: 2219-3758 (print)
ISSN: 2311-9454 (online)

УДК 519.213

Исследование модифицированной стратегии последовательного хеджирования с наклонной полосой нечувствительности

Зубов С.А.*
МАИ, Москва, Россия
zubslav@yandex.ru

В настоящей работе рассматривается модификация стратегии последовательного хеджирования опциона, при которой вводится полоса нечувствительности. Верхняя граница данной полосы имеет наклон. В ходе работы была рассмотрена математическая модель с дискретным процессом ценообразования. Приращения данного процесса имеют нормальное распределение с постоянным ненулевым средним и постоянной дисперсией.
В статье рассматривается распределение числа пересечений непрямолинейной полосы дискретным гауссовским блужданием. Составлены формулы, которые позволяют задать распределение числа пересечений полосы в направлениях «снизу-вверх» и «сверху-вниз». Был составлен алгоритм подсчета количества этих пересечений и оценки условной вероятности перехода. Помимо этого была рассмотрена зависимость средних потерь хеджера при использовании данной стратегии от коэффициента наклона верхней границы полосы нечувствительности и ширины полосы. С использованием моделирования по методу Монте-Карло был составлен алгоритм поиска оптимальный ширины и наклона полосы. В ходе проведения численных экспериментов была выявлена зависимость и определен оптимальный коэффициент наклона при заданных параметрах. Экспериментальная работа подтвердила корректность предложенных алгоритмов и доказала эффективность данной модификации в сравнении с использование стратегии с прямолинейной полосой.

Ключевые слова: опцион, стратегия последовательного хеджирования, гауссовское блуждание, полоса нечувствительности.

Для цитаты:
Зубов С.А. Исследование модифицированной стратегии последовательного хеджирования с наклонной полосой нечувствительности // Моделирование и анализ данных. 2019. Том 09. № 4. С. 46–56. doi: 10.17759/mda.2019090403

****Зубов Святослав Антонович,*** студент магистратуры, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия. E-mail: zubslav@yandex.ru

Введение

Рынок производных финансовых инструментов является перспективным сегментом ценных бумаг в Российской Федерации. Он привлекает инвесторов возможностью получения прибыли, превосходящей по величине прибыль от операций на рынке акций. Помимо этого, инвестору предоставлен широкий спектр срочных контрактов, которые он может заключить. Это позволяет хеджировать риски при инвестировании в акции, т.е. страховать свои риски.

Одним из типов срочных контрактов является опцион. Он представляет из себя договор между покупателем и продавцом, по которому представляется возможность купить или продать актив по цене, оговоренной на момент заключения сделки в течение определенного промежутка времени. В отличии от форварда, опцион не является обязательным к исполнению, т.е. покупатель может исполнить или не исполнить его по собственному желанию. При заключении договора, продавец берет на себя риск, связанный с возможным изменением цены актива, за что получает денежную премию, именуемую стоимостью опциона. Опционы можно разделить на колл опциона, который дает право на покупку актива по контрактной цене, и пут-опцион, который дает право на продажу по оговоренной цене. По времени исполнения на американский опцион и европейский, т.е. исполнен в течение некоторого промежутка времени или в определенное время, соответственно.

Для того, чтобы минимизировать риски неблагоприятного изменения цены опциона, продавец может использовать часть премии, на формирование инвестиционного портфеля. В него могут входить другие финансовые инструменты. Продавец управляет своим портфелем таким образом, чтобы компенсировать риск опционной позиции. Эта стратегия называется хеджированием, а лицо, управляющее портфелем – хеджером.

Теория страхования срочных позиций начала активно развиваться во второй половине XX века. Одной из фундаментальных работ по теории срочных контрактов является результат работы Ф.Блэка и М.Шоулса [4], полученный в 1973 г. Ими была выведена формула оценки премии европейского колл-опциона и построена модель, которая подразумевает то, что премия опциона может быть произведена в непрерывной перебалансировкой инвестиционного портфеля. На управление таким портфелем хеджер затрачивает в среднем всю премию за опцион.

Данная модель является справедливой при «идеальных» условиях рынка ценных бумаг, при которых не имеется ограничений на короткие продажи, а сделки могут совершаться мгновенно. При этом необходимо, чтобы базовый актив являлся ликвидным, иначе необходимо учитывать неизвестную длительность транзакций, при управлении финансовым портфелем.

Существует несколько стратегий хеджирования опционной позиции. Одной из них является стратегия последовательного хеджирования, которая позволяет хеджеру обезопасить себя от колебаний цены по всем параметрам.

Стратегия последовательного хеджирования состоит в том, что в случае, если цена базового актива становится больше цены поставки, то производится полное покрытие опционной позиции, в ином случае, активы продаются. Это позволяет избежать потерь, связанных с возможным падением цены актива в дальнейшем. Перебалансировка портфеля производится только в случае пересечения ценой базового актива уровня поставки.

Впервые стратегия последовательного хеджирования была рассмотрена в работе Сейнденверга под названием «Stop-loss start-gain strategy» [6]. Дальнейшее развитие эта стратегия получила в работе П.Карра [5], где была доказана несамофинансируемость модели. Так же, была выведена новая формула расчета стоимости европейского колл-опциона на основе данной стратегии.

В России данной проблемой занимался Буренин [1]. Благодаря ему она получила название «стратегия последовательного хеджирования». В статье А.И. Кибзуна и В.А. Губерниева [2] была рассмотрена дискретная мультипликативная модель ценообразования акций базового актива. В их работе была проведена оценка ожидаемых потерь хеджера при использовании стратегии последовательного хеджирования.

При данной стратегии перебалансировка портфеля ценных бумаг производится в случае, если рыночная цена актива достигает цены поставки. Но это приводит к тому, что при высокой частоте колебаний курса относительно цены поставки, хеджер несет неоправданно высокие потери.

Для того чтобы избежать данную проблему, в статье А.И. Кибзуна и В.Р. Соболя [3] была рассмотрена модернизация стратегии последовательного хеджирования. Ими было введено понятие полосы нечувствительности, которая предполагает, что продажа и покупка актива совершается не при пересечении цены поставки, а при пересечении этой полосы, которая включает в себя цену поставки. При пересечении верхней границы полосы «снизу-вверх» опционная позиция будет открытой, в случае пересечения нижней границы «сверху-вниз» – позиция закрыта. В работе была рассчитана оптимальная ширина полосы, при которой потери хеджера минимальны.

В данной статье рассматривается непрямолинейная полоса нечувствительности, при которой нижняя граница является зафиксированной, а верхней задается наклон. В качестве верхней границы полосы используем прямую с отрицательным коэффициентом наклона, что соответствует сужающейся полосе. Это должно обеспечить меньшие затраты на закрытие позиции – уменьшается спред между ценой покупки и продажи, – при приближении срока исполнения опциона и текущей ценой актива, превышающей страйк. Исследуется зависимость средних затрат хеджера от наклона верхней границы полосы нечувствительности и ее ширины.

Постановка задачи

Рассмотрим модель с дискретным процессом ценообразования. Пусть цена поставки базового актива – k. x_i – признак состояния хеджирующего портфеля на i – ом шаге. x_i=0 соответствует открытой позиции, x_i=1 – закрытой. Время жизни опциона возьмем равным N. Будем рассматривать одностороннюю полосу, при которой нижний уровень равен цене поставки k, а верхняя граница полосы задается функцией $f(q)=k(1+d)+ q$, где d – некоторое значение, определяющее ширину полосы нечувствительности, а q – коэффициент наклона верхней границы. Предположим, что все приращения случайны и имеют нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и некоторой дисперсией. Этим условиям удовлетворяет случайный процесс:

$$S_i=S_{i-1}+\beta\Delta t+\sigma\xi_i,\ i=1,n\ , \qquad (1)$$

где $S\_i \sim N(i\beta\Delta t, i\sigma)$ – цена актива на i-ом шаге, имеющая нормальное распределение S_0 – начальная цена актива, – коэффициент линейного сноса, – волатильность.

2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ПОЛОСЫ

От количества пересечений полосы нечувствительности на протяжении всего срока исполнения опциона, при использовании стратегии последовательного хеджирования, зависят затраты хеджера.

Вычислим количество пересечений полосы на i - ом шаге траекторией цены базового актива. Для этого воспользуемся формулой:

$$c_i = c_{i-1} + |x_i - x_{i-1}|, \tag{2}$$

где – количество пересечений полосы на предыдущем шаге.

Как говорилось ранее, x_i - признак состояния хеджирующего портфеля. В случае, если позиция закрыта x_i = 1, а в случае открытой позиции принимает значение x_i = 0. Когда происходит пересечение полосы, меняет свое значение на противоположное предыдущему x_{i-1} таким образом:

$$|x_i - x_{i-1}| = \begin{cases} 1, \text{при } x_i {}^1 x_{i-1} \\ 0, \text{при } x_i = x_{i-1} \end{cases} \tag{3}$$

При этом x_i, будем определять по формуле :

$$x_i = I\left\{S_i + \sigma\xi_i \geq \left(k\left(1+d\right)+q\right) - \beta\Delta t\right\}\left(1 - x_{i-1}\right) + I\{S_{i-1} + \sigma\xi_i < k - \beta\Delta t) x_i \tag{4}$$

Для подсчета количества пересечений, в среде Matlab, был реализован следующий алгоритм :

Алгоритм 1

1. *Сгенерируем приращения для каждого шага от* 1 *до* T *с помощью* S1 = normrnd(0, sigma, N, 1)
2. *Найдем значение цены актива на заданном шаге* $S_i = S_{i-1} + \beta\Delta t + \sigma\xi_i$.
3. *Если* $S_i > k\left(1+d\right)+q$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 0$, $x_{i-1} = 0$ *и* $C_i = C_{i-1} + 1$, *после чего перейти к шагу 7.*
4. *Если* $S_i < k\left(1+d\right)+q$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 0$, *а* $x_{i-1} = 0$ *и перейти к шагу 7.*
5. Если $S_i < k$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 1$, *а* $x_{i-1} = 0$ $C_i = C_{i-1} + 1$, *после чего перейти к шагу 7.*
6. *Если* $S_i > k$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 1$, *а* $x_{i-1} = 1$ и *перейти к шагу 7.*
7. *Если* $i > N$ *то перейти к шагу 8, иначе положить* $i = i + 1$, *занести значение* C_i *в массив и перейти к шагу 2.*
8. *Построить траекторию изменения цены актива, завершит работу алгоритма.* (*см. стр. 5*)

Результат работы алгоритма при $q = -0,001, N = 350, \sigma = 0,2$ (рис 1. *см. стр. 5*).

В результате было получено количество пересечений $C = 8$.

Средние затраты хеджера

При использовании стратегии последовательного хеджирования хеджер может нести убытки. В случае, если цена базового актива пересекает верхнюю полосу «снизу вверх»,то хеджер приобретает базовый актив в полном объеме. В случае, когда цена пересекает цену поставки «сверху вниз» хеджер продает все активы. Введем величину l_i, которая определяет потери хеджера на i-ом шаге:

$$l_i = \begin{cases} S_i, & \text{если } S_{i-1} \le k\left(1+d\right)+q < S_i, \\ -S_i, & \text{если } S_i \le k < S_{i-1}, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \tag{5}$$

Тогда средние затраты хеджера на i-ом шаге определяются как:

$$E\left[l_i\right] = S_i\left(P\{x_i = 1 \middle| x_{i-1} = 0\} - P\{x_i = 0 \middle| x_{i-1} = 1\}\right) \tag{6}$$

Для того чтобы подсчитать средние потери хеджера на всем промежутке до n-го шага, введем величину $L_n = \sum_{i=1}^{n} l_i$, тогда средние затраты хеджера за время жизни опциона:

$$E\left[L_n\right] = \sum_{i=1}^{n} E[l_i] \tag{7}$$

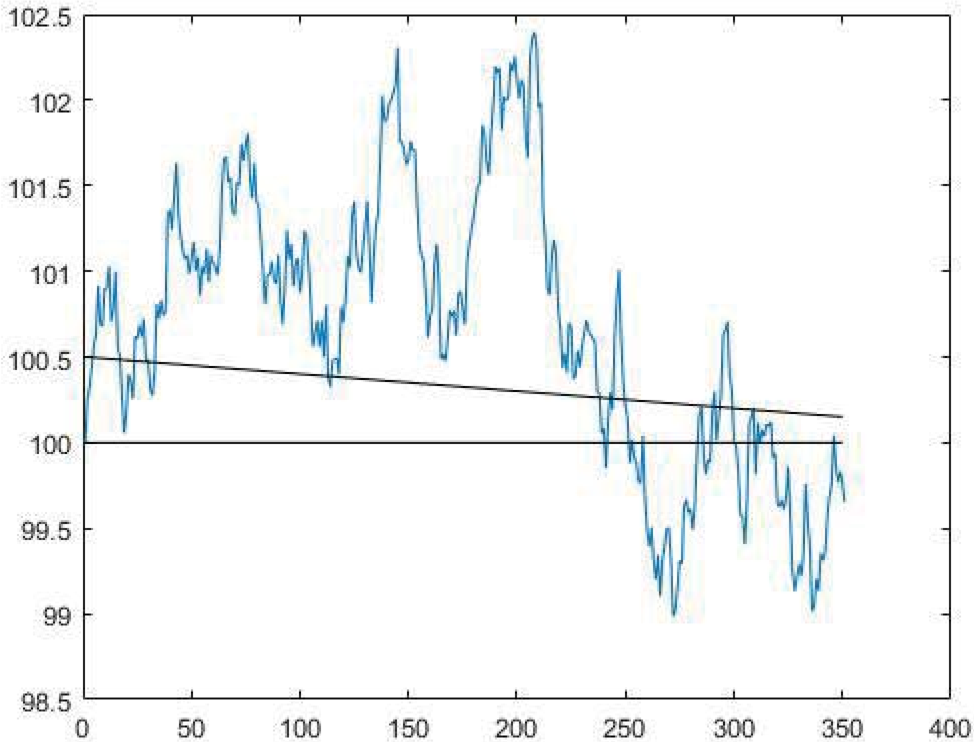

Рис. 1. Результат работы алгоритма 1.

Вероятность последовательности состояний

Для того, чтобы посчитать вероятность цепочки событий, а именно вероятность последовательности состояний хеджирующего портфеля, введём случайную величину $ç_k$, определяемую как:

$$\eta_k \triangleq \sum_{i=1}^{k} \xi_i, \tag{8}$$

тогда вектор $\eta = \left(\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_i\right)$ является случайной многомерной величиной, с нулевым математическим ожиданием и ковариационной матрицей, заданной следующим образом:

$$\operatorname{cov}(\overline{\eta}) = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma^2 & \sigma^2 & \dots & \sigma^2 \\ \sigma^2 & 2\sigma^2 & 2\sigma^2 & \dots & 2\sigma^2 \\ \sigma^2 & 2\sigma^2 & 3\sigma^2 & \cdots & 3\sigma^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma^2 & 2\sigma^2 & 3\sigma^2 & \cdots & n\sigma^2 \end{bmatrix} \tag{9}$$

Введем величину, определяющую последовательность состояний опциона. При подсчете вероятности события , будем рассматривать 2 величины – позицию опциона в данный момент времени и предшествующее ему - x_{i-1}. Процесс изменения состояний x - немарковский, т.к. события являются зависимым, следовательно, для подсчета вероятности последовательности состояний опциона необходимо считать вероятность последовательности состояний до i-го шага по формуле:

$$P\{x_1 = a_1, x_2 = a_2, \ldots, x_i = a_i\} \tag{10}$$

Для того чтобы вычислить вероятность события $x_i = a_i$, воспользуемся интегралом многомерной плотности. Для этого определим границы интегрирования для пары состояний x_i и x_{i-1}:

$$x_{i-1} = 0, x_i = 0 : \eta_1 \le \frac{\left(k\left(1+d\right)+q\right)-S_0-\beta}{\sigma}, \ldots, \eta_{i-1} \le \frac{\left(k\left(1+d\right)+q\right)-S_0-\left(i-1\right)\beta}{\sigma},$$
$$\eta_i \le \frac{\left(k\left(1+d\right)+q\right)-S_0-i\beta}{\sigma}, \ldots \text{ при } \mathrm{i} = \overline{1,N} \tag{11}$$

$$x_{i-1} = 0, x_i = 0 : \eta_1 > \frac{\left(k\left(1+d\right)+q\right)-S_0-\beta}{\sigma}, \ldots, \eta_{i-1} > \frac{\left(k\left(1+d\right)+q\right)-S_0-\left(i-1\right)\beta}{\sigma},$$
$$\eta_i \le \frac{\left(k\left(1+d\right)+q\right)-S_0-i\beta}{\sigma}, \ldots \text{ при } \mathrm{i} = \overline{1,N} \tag{12}$$

$$x_{i-1} = 0, x_i = 0 : \eta_1 \le \frac{k-S_0-\beta}{\sigma}, \ldots, \eta_{i-1} \le \frac{k-S_0-\left(i-1\right)\beta}{\sigma},$$
$$\eta_i \le \frac{\left(k\left(1+d\right)+q\right)-S_0-i\beta}{\sigma}, \ldots \text{ при } \mathrm{i} = \overline{1,N} \tag{13}$$

$$x_{i-1} = 0, x_i = 0 : \eta_1 \le \frac{k-S_0-\beta}{\sigma}, \ldots, \eta_{i-1} \le \frac{k-S_0-\left(i-1\right)\beta}{\sigma},$$
$$\eta_i \le \frac{\left(k\left(1+d\right)+q\right)-S_0-i\beta}{\sigma}, \ldots \text{ при } \mathrm{i} = \overline{1,\mathrm{N}} \tag{14}$$

В качестве примера рассмотрим случай, когда дана последовательность состояний: $x_1 = 0$, $x_2 = 1$. Предположим, что в начальный момент времени позиция была открытой, тогда вероятность данной цепочки равна:

$$P\{x_1 = 0, x_2 = 1\} = P\{S_1 \le k\left(1+d\right)+q, S_2 > \left(k\left(1+d\right)+q\right) =$$
$$= P\left\{\xi_1 \le \frac{k\left(1+d\right)+q-S_0-\beta}{\sigma}, \xi_2 > \frac{k\left(1+d\right)+q-S_0-\beta}{\sigma}\right\} \tag{15}$$

Вероятность перехода на заданном шаге

Определим вероятность изменения состояния опциона. Для этого необходимо взять сумму всех возможных последовательностей состояний опциона.

Примем состояние опциона на шаге i-ом шаге равным $x_i = a_i$, а $x_{i-1} = a_{i-1}$. Тогда формула примет следующий вид:

$$P\{x_i = a_i \left| x_{i-1} = a_{i-1}\right\} = \sum_{i=1}^{n} P\{x_1 = a_{1j}, \ldots, x_{i-2} = a_{(i-2)j}, x_{i-1} = a_{i-1}, x_i = a_i\} \tag{16}$$

Для оценки условной вероятности перехода в заданное состояние был составлен алгоритм, основанный на методе Монте-Карло. Данный метод основан на проведении большого числа реализаций случайного процесса. Таким образом можно получить оценку случайной величины. Точность данного метода напрямую зависит от качества генератора случайных чисел. Для нахождения приближенного значения оцениваемой величины необходимо провести достаточно большое количество опытов n.

Сформулируем алгоритм оценки условной вероятности перехода:

Алгоритм 2:

1. *Сгенерируем приращения для каждого шага от 1 до T с помощью S1 = normrnd(0, sigma, N, 1).*
2. *Создадим массив S_array.*
3. *Найти значения цены* $S_i = S_{i-1} + \beta\Delta t + \sigma\xi_i$, *на данном шаге.*
4. *Занесем в массив S_array значение цены актива .*
5. *Если* $S_i > k(1+d)+q$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 0$, $x_{i-1} = 1$ *и* $C_i = C_{i-1} + 1$, *положить* $C_{01} = C_{01} + 1$ *и перейти к шагу 9.*
6. *Если* $S_i < k(1+d)+q$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 0$, *а* $x_{i-1} = 0$, *положить* $C_{00} = C_{00} + 1$ *и перейти к шагу 9.*
7. *Если* $S_i < k$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 1$, *а* $x_{i-1} = 0$ $C_i = C_{i-1} + 1$, *положить* $C_{10} = C_{10} + 1$ *и перейти к шагу 9.*
8. *Если* $S_i > k$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 1$, *а* $x_{i-1} = 1$, *положить* $C_{11} = C_{11} + 1$ *и перейти к шагу 9.*
9. *Если* $i > N$ *то перейти к шагу 9, иначе положить* $i = i + 1$, *и перейти к шагу 3 .*
10. *Если* $j = M$ *- перейти к шагу 10, иначе положить* $j = j + 1$ *и перейти к шагу 2.*
11. *Определить условные вероятности перехода из одного состояние в другое по формуле* $P\left[x_i \left| x_{i-1}\right.\right] = \dfrac{C}{M}$ *для каждого значения* C. *Завершить работу алгоритма.*

Алгоритм поиска оптимальной ширины и коэффициента наклона полосы

Как говорилось ранее, средние потери хеджера зависят от количества пересечений полосы нечувствительности. Таким образом, изменяя ширину полосы и коэффициент наклона, можно определить их значения таким образом, что потери хеджера будут минимальны. Сформулируем алгоритм поиска оптимального соотношения параметра d и q.

Алгоритм 3:

1. *Сгенерируем приращения для каждого шага от 1 до T с помощью S1 = normrnd(0, sigma, N, M).*
2. *Зададим шаг изменения коэффициентов* d *и* q. *Пусть* a*-шаг коэффициента* d, *а* a_i *– шаг коэффициента* q.

3. *Зададим процесс изменения цены* $S_i = S_{i-1} + \beta\Delta t + \sigma\xi_i$.
4. *Если* $S_i > k(1+d)+q$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 0$, $x_{i-1} = 1$ *и* $l = l + S$ *перейти к шагу 8.*
5. *Если* $S_i < k(1+d)+q$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 0$, *а* $x_{i-1} = 0$, *перейти к шагу 8.*
6. *Если* $S_i < k$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 1$, *а* $x_{i-1} = 0$ *и положить* $l = l - S$ *и перейти к шагу 8* .
7. *Если* $S_i > k$ *и предыдущая позиция опциона была открытой, то* $x_i = 1$, *а* $x_{i-1} = 1$ *и перейти к шагу 8.*
8. *Если* $i > N$, *то вычислить* $l2 = l / N$ *и перейти к шагу 9, иначе положить* $i = i + 1$, $d = d + a$ *и перейти к шагу 4* .
9. *Если* $j = M$, *то вычислить* $L2 = l2 / N$ *и перейти к шагу 10, иначе положить* $j = j + 1$ *и перейти к шагу 3.*
10. *Если* $q1 = m$ *-положить* $q = q + a_1$ *,перейти к шагу 4*
11. *Найти индекс минимального элемента массива larray, сопоставить его с элементом массива darray и qarray, построить график. Алгоритм закончен.*

Результаты численных экспериментов

Воспользуемся полученным алгоритмом. Зададим начальные параметры:

Пусть начальная цена базового актива $S = 100$ у.е., цену поставки актива возьмем равным $k = 100$ у.е. Количество шагов N примем равным 10, $\sigma = 0,2$.

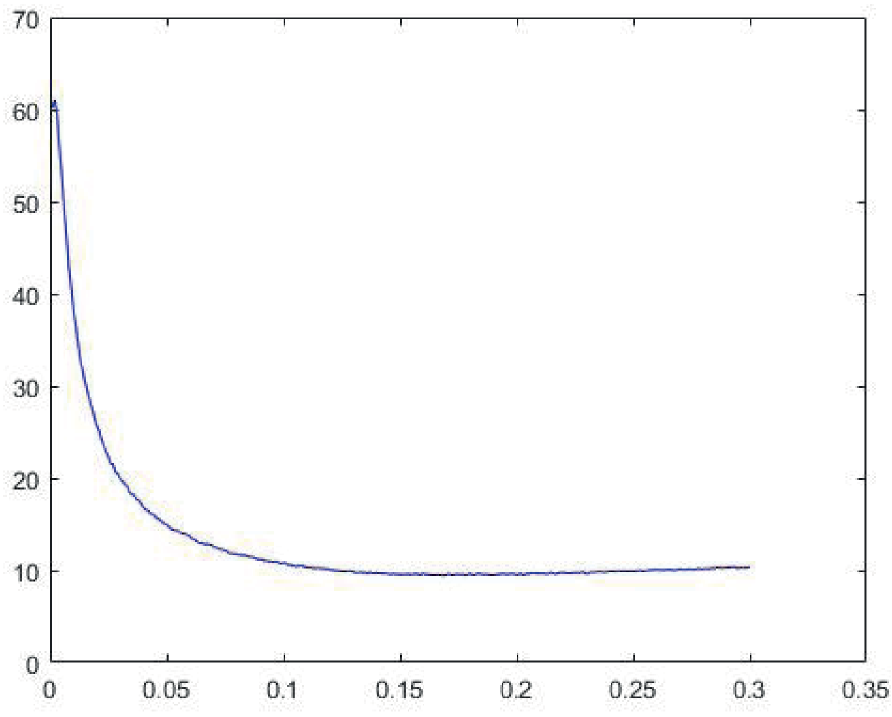

Рис. 2. Результат работы алгоритма 2.

В ходе работы алгоритма было получено, что минимальные потери, при заданных параметрах, хеджер несет при ширине полосы $d = 0,18$ и коэффициенте наклона $q = 0,0005$.

На основании полученных результатов можно утверждать, что данный метод, в сравнении с модификацией стратеги последовательного хеджирования, при которой вводится полоса нечувствительности с зафиксированной верхней границей, позволяет уменьшить потери хеджера.

Результаты доказывают, что хеджер не понесет убытков с ненулевой вероятностью.

Литература

1. *Буренин А.Н.* “Рынки производных финансовых инструментов“ М.:Инфра-М, 1996
2. *Губерниев В.А., Кибзун А.И.* Последовательное хеджирование опционной позиции: анализ и модернизация // Автоматика и телемеханика.- 1999.-№ 1.-С. 113–125
3. *Кибзун А.И., Соболь В.Р.,* “Двухшаговая задача хеджирования европейского колл-опциона при случайной длительности транзакций“// Тр. Ин-та математиуи и механики УрО РАН. 2015. Т. 21, № 3. С.164–174
4. *Кибзун А.И., Соболь В.Р.,* “Модификация стратегии последовательного хеджирования. Распределение потерь хеджера.»// УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ Материалы XI всероссийской школы-конференции молодых ученых. 2014. С. 580–591
5. *Black F., Scholes M.* “The Pricing of Options and Corporate Liabilities“ // Journal of Political Economy. 1973. Vol. 81. № .3. P. 637–659
6. *Carr P., Jarrow R.* “The Stop-Loss Start-Gain Paradox and Option Valuatuin: a New Decomposition into Intrinistic and Time Value“ // Review of Financial Studies. 1990. V. 3. № .3 P.469–492.
7. *Seidenverg E.* “A Case of Confused Identity“ // Financial Analysts Journal. 1988. P. 63–67

The stop-loss start-gain strategy modification with tilt deadband research

Zubov S.A.*
MAI (National Research University), Moscow, Russia
zubslav@yandex.ru

In this article The stop-loss start-gain strategy modification with tilt deadband is studied. The top line of this band is tilted. During the research mathematical model with discrete pricing process was examined. The increments of this process have a normal distribution with a constant nonzero mean and constant dispersion.
The article considers the distribution of the number of intersections of a non-rectilinear strip by a discrete Gaussian walk. Formulas that allow to specify the distribution of the number of intersections of the strip in the directions "bottom-up" and "top-down" were deduced. An algorithm was developed to calculate the number of these intersections and evaluate the conditional probability of the transition. In addition, the dependence of the average hedger losses while using this strategy on the slope coefficient of the upper boundary of the dead band and the band width was considered. Using the Monte Carlo simulation, an algorithm was developed to find the optimal width and slope of the strip. During the numerical experiments, the dependence was revealed and the optimal slope coefficient was determined for the given parameters.
Experimental work confirmed the correctness of the proposed algorithms and proved the effectiveness of this modification in comparison with the use of a strategy with a straight strip.

Keywords: option, stop-loss start-gain strategy, Gaussian walk, deadband.

References

1. Black F., Scholes M. "The Sricing of Options and Corporate Liabilities" // Journal of Political Economy. 1973. Vol. 81. № .3. P. 637–659.
2. Burenin A.N. "Rynki proizvodnyh finansovyh instrumentov" M.:Infra-M, 1996
3. Carr P., Jarrow R. "The Stop-Loss Start-Gain Paradox and Option Valuatuin: a New Decomposition into Intrinistic and Time Value" // Review of Financial Studies. 1990. V. 3. № .3 P.469–492.
4. Guberniev V.A., Kibzun A.I. Posledovatel'noe hedzhirovanie opcionnoj pozicii: analiz i modernizaciya // Avtomatika i telemekhanika.- 1999.– № 1. – S. 113–125.
5. Kibzun A.I., Sobol V.R., "MODIFICATION OF STOP-LOSS START GAIN STRATEGY. DISTRIBUTION OF HEDGER'S LOSSES" UPRAVLENIE BOL'SHIMI SISTEMAMI Materialy XI vserossijskoj shkoly-konferencii molodyh uchenyh. 2014. C. 580–591.

For citation:
Zubov S.A. The stop-loss start-gain strategy modification with tilt deadband research. *Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis,* 2019. Vol. 09, no. 4, pp. 46–56.
doi: 10.17759/mda.2019090403 (In Russ., abstr. in Engl.)

****Zubov Svyatoslav Antonovich,*** Student. Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia, E-mail: zubslav@yandex.ru

6. Kibzun A.I., Sobol V.R., “A two-step problem of hedging a European call option under a random duration of transactions“//Tr. In-ta matematiui i mekhaniki UrO RAN. 2015. T. 21, № 3. S.164–174.
7. Seidenverg E. “A Case of Confused Identity“ // Financial Analysts Journal. 1988. P. 63-67.