**Титов С.Ю., Вязьмин С.А.,**
Экономико-аналитический институт МИФИ

# Использование метода взвешенных индикаторов для торговли на финансовых рынках

*В данной статье описан способ обобщения сигналов нескольких индикаторов с помощью метода взвешенных индикаторов, который основан на присвоении различным инструментам анализа рынка, входящим в рабочую группу весовых коэффициентов исходя из качества прогнозирования этими индикаторами изменения значений цены.*

При торговле на финансовых рынках трейдер может осуществлять два варианта совершения сделки. Первый заключается в выставлении заявки на совершение сделки по необходимой ему цене (или нескольких заявок с разными ценами и объемами). Такие заявки обычно называют «лимитированными». Это подходит в основном для тактики «скальпирования» (частое совершение сделок, каждая из которых нацелена на получение лишь небольшой прибыли, но за короткое время). Именно в данном случае важен каждый ценовой пункт. Второй же способ заключается в совершении сделки «по рыночной цене». При данном действии сделка совершается мгновенно, но возможно, чуть менее выгодно, чем при первом способе. Моделирование процесса принятия решения при первом способе в рамках этого параграфа не рассматривается, так как тактик распределения как заявок по оси цены, так и объема может существовать бесконечное множество, и все их учесть и описать практически не представляется возможным. Поэтому в данном разделе работы смоделирован процесс принятия решений только для случая со сделками «по рыночной цене». Также следует сказать, что в рамках данного раздела рассмотрены только задачи, связанные с нахождением ответов на вопросы «когда совершать сделку?» и «каков характер сделки?» (покупка или продажа). Поиск ответа на вопрос «сколько?», то есть решение задачи оптимального управления объемом сделки является предметом отдельного исследования, которое, возможно будет проведено в следующих работах. В рамках же данного раздела описывается модель взвешенных индикаторов, в основе которой лежит взвешивание показаний различных рыночных индикаторов.

Каждый трейдер в процессе торговли анализирует рыночную ситуацию с помощью различных методов, количество и состав которых определяет он сам.

Предположим, что каждый метод анализа рынка, которым пользуется участник торгов, представлен в виде некого индикатора **x**, оказывающего влияние на решение трейдера о покупке или продаже рыночного актива. Тогда **X** – множество этих индикаторов, а **f** – оценка трейдером будущего изменения цены (в данном случае имеется в виду субъективная оценка направления предстоящего движения цены некоторого актива). Пусть каждый индикатор выдает значение от -1 до 1 (-1 соответствует 100% сигналу на продажу,

а 1 – 100% – на покупку). Данным индикатором может быть любой способ прогнозирования, на котором основывается трейдер (технический анализ, фундаментальный анализ или интуиция). На выходе трейдер получает значение, соответствующее этому индикатору от -1 до 1. Их количество также может быть любым (от одного до бесконечности), например, сигналы, получаемые от пересечения «простого скользящего среднего» (Simple Moving Average) и цены; данные по какому-либо экономическому показателю эмитента или страны. В данной модели большинство индикаторов имеют на выходе всего три возможных значения (-1, 0, 1) вместо множества значений от –1 до 1. Это не является проблемой, так как при дробных значениях индикатора есть дополнительная возможность более точно проанализировать динамику показаний данного метода и более точно назначить веса.

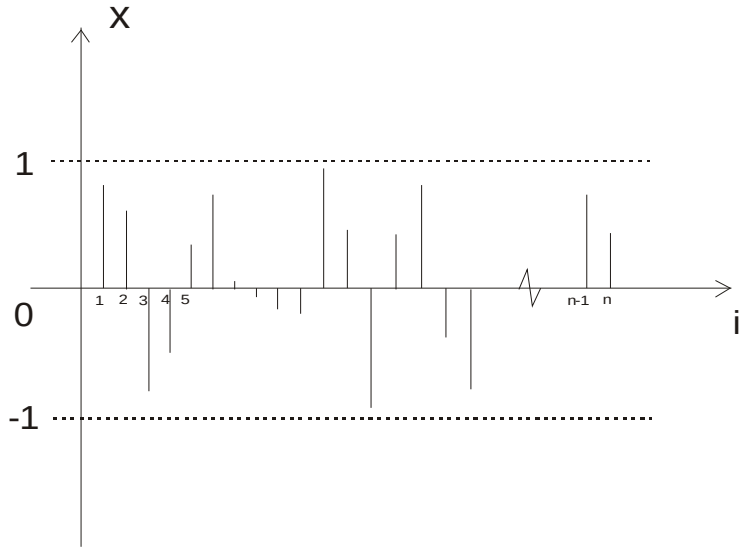


*Рисунок 1. Распределение значений индикаторов.*

При принятии решений трейдером, показания всех индикаторов имеют для него не одинаковую важность. Поэтому назначим каждому из них свой вес (**w**). Тогда **W** – множество этих весов.

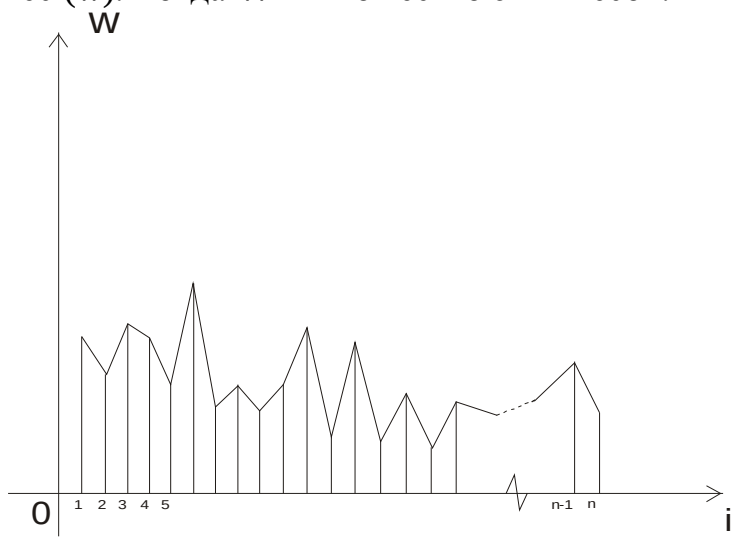


*Рисунок 2. Распределение весовых коэффициентов.*

Умножим значение каждого индикатора на соответствующий ему вес, поделим на сумму всех весов и получим модель принятия решения участником торгов, которая является средневзвешенной из значений индикаторов и соответствующих им весовых коэффициентов.

$$f = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \qquad (1)$$

Значение **f**, также как и значение индикаторов колеблется в пределах от –1 до 1. Причем закон распределения весовых коэффициентов у каждого трейдера свой и может меняться с течением времени.

Фактически множество индикаторов **X** может быть бесконечным и одинаковым для всех трейдеров. Но закон распределения весовых коэффициентов у каждого участника торгов разный. Некоторые трейдеры в силу или незнания некоторого метода анализа, или умышленного пренебрежения им присваивают вес данному индикатору близкий, или равный 0. Таким образом, остается некоторое подмножество индикаторов **X'** множества **X**, весовые коэффициенты которых не равны нулю, то есть на которые трейдер обращает хотя бы какое-либо внимание.

Допустим, трейдер распределил весовые коэффициенты по индикаторам, и получил значение **f** равное 0,6. В данном случае, применяя некое решающее правило (например «если значение f < -0,5 , то происходит продажа, когда f > 0,5 - покупка, а при –0,5 ≤ f≤ 0,5 сделка не совершается»), он принимает решение о покупке. Если сделка будет удачной, трейдер проанализирует, значения каких индикаторов в данный момент были положительными.

Итак, в следующий раз он заново прогнозирует динамику движения цены и получает значение **f** равное –0,7. Происходит «продажа». Если сделка была удачной, то трейдер обращает внимание на те индикаторы, значения которых в данный момент были меньше нуля и т.д. В конце концов, участник торгов начинает больше доверять одним, и меньше другим индикаторам. Таким образом, происходит изменение закона распределения весовых коэффициентов. Проиллюстрируем данный процесс на примере.

<u>Пример.</u>

Рассмотрим один из возможных алгоритмов изменения распределения весовых коэффициентов индикаторов некоторой стратегии в зависимости от показаний этих индикаторов и изменений цены.

Для удобства допустим, что значения индикаторов **x** могут принимать только три возможных значения: -1;0;1 (в общем случае x = [-1;1]). Значение **P**=-1 означает, что рыночная цена актива за данный промежуток времени упала, если 1, то возросла, а если 0, то осталась неизменной.

Пусть количество индикаторов **n**=10.

$\mathbf{t_j}$ – j-й момент времени, где **j** = [1;m], **m**=11.

В начальный момент времени $t_1$ весовые коэффициенты $\mathbf{w_i}$ всех индикаторов будем считать равными.

$\mathbf{x_i(t_1)}$ – значение i-го индикатора в начальный момент времени $t_1$

$\mathbf{w_i(t_1)}$ – весовой коэффициент i-го индикатора в начальный момент времени $t_1$

$\mathbf{P(t_j)}$ – изменение значения цены в момент времени $t_j$ по сравнению с ее предыдущим значением.

Так как $\mathbf{w_i(t_j)}$ должно зависеть от значений $\mathbf{w_i(t_{j-1})}$, $\mathbf{x_i(t_{j-1})}$ и $\mathbf{P(t_j)}$, то данную зависимость можно представить в виде следующей формулы:

$$w_i(t_j) = w_i(t_{j-1}) \cdot (1 - \left| P(t_j) - x_i(t_{j-1}) \right| \cdot a) \qquad (2)$$

где $\boldsymbol{\alpha}$ характеризует степень реакции системы на ошибки индикаторов. Причем $\boldsymbol{\alpha}$ = (0;0,5]. Если $\boldsymbol{\alpha} \to 0$, то чувствительность системы относительно ошибки индикаторов убывает, а при $\boldsymbol{\alpha} \to 0{,}5$ – возрастает. То есть при систематическом появлении ошибок индикатора значение соответствующего ему весового коэффициента будет падать медленнее при низких значениях $\boldsymbol{\alpha}$, чем при высоких. Приведенные ниже таблицы и графики иллюстрируют пример описанного выше перераспределения весовых коэффициентов индикаторов.

**альфа=** 0,01

| | t1 | | t2 | | t3 | | t4 | | t5 | | t6 | | t7 | | t8 | | t9 | | t10 | | t11 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| i | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w |
| 1 | 1 | 1,00 | -1 | 0,98 | 1 | 0,97 | 1 | 0,97 | 0 | 0,97 | -1 | 0,97 | -1 | 0,97 | -1 | 0,97 | 0 | 0,97 | -1 | 0,97 | 0 | 0,97 |
| 2 | 0 | 1,00 | 1 | 0,99 | 0 | 0,98 | 0 | 0,97 | 1 | 0,96 | -1 | 0,95 | 0 | 0,95 | 1 | 0,94 | 1 | 0,92 | 0 | 0,91 | 1 | 0,90 |
| 3 | 0 | 1,00 | 1 | 0,99 | 0 | 0,98 | 1 | 0,97 | 0 | 0,97 | -1 | 0,97 | -1 | 0,97 | -1 | 0,97 | 0 | 0,97 | -1 | 0,97 | 0 | 0,97 |
| 4 | -1 | 1,00 | 0 | 1,00 | 0 | 1,00 | 0 | 0,99 | 1 | 0,98 | 1 | 0,97 | 0 | 0,95 | 1 | 0,94 | 0 | 0,92 | 0 | 0,92 | 0 | 0,91 |
| 5 | 0 | 1,00 | -1 | 0,99 | -1 | 0,98 | -1 | 0,96 | 1 | 0,94 | 1 | 0,93 | 0 | 0,91 | 1 | 0,90 | 1 | 0,89 | 1 | 0,88 | -1 | 0,86 |
| 6 | 1 | 1,00 | -1 | 0,98 | 0 | 0,97 | 0 | 0,96 | 0 | 0,95 | 1 | 0,95 | 0 | 0,93 | 0 | 0,92 | 1 | 0,91 | 1 | 0,90 | -1 | 0,89 |
| 7 | 1 | 1,00 | -1 | 0,98 | 0 | 0,97 | 0 | 0,96 | -1 | 0,95 | 1 | 0,94 | 0 | 0,92 | 0 | 0,91 | 1 | 0,90 | 1 | 0,90 | -1 | 0,88 |
| 8 | 0 | 1,00 | 0 | 0,99 | -1 | 0,99 | -1 | 0,97 | 0 | 0,95 | 1 | 0,95 | 0 | 0,93 | 0 | 0,92 | 1 | 0,91 | 1 | 0,90 | 0 | 0,89 |
| 9 | -1 | 1,00 | 0 | 1,00 | -1 | 1,00 | -1 | 0,98 | 1 | 0,96 | 1 | 0,95 | 0 | 0,93 | 1 | 0,92 | 1 | 0,90 | 1 | 0,89 | 0 | 0,88 |
| 10 | 0 | 1,00 | 0 | 0,99 | 0 | 0,99 | -1 | 0,98 | 1 | 0,96 | 1 | 0,95 | 0 | 0,93 | 1 | 0,92 | 0 | 0,90 | 1 | 0,90 | 0 | 0,89 |
| | ∑ w= | 10 | ∑ w= | 9,89 | ∑ w= | 9,83 | ∑ w= | 9,71 | ∑ w= | 9,60 | ∑ w= | 9,54 | ∑ w= | 9,41 | ∑ w= | 9,33 | ∑ w= | 9,21 | ∑ w= | 9,16 | ∑ w= | 9,03 |
| | f= | 0,1 | f= | -0,20 | f= | -0,20 | f= | -0,20 | f= | 0,40 | f= | 0,39 | f= | -0,21 | f= | 0,29 | f= | 0,59 | f= | 0,38 | f= | -0,19 |
| | | | P= | -1 | P= | 0 | P= | 1 | P= | 1 | P= | 0 | P= | -1 | P= | -1 | P= | -1 | P= | 0 | P= | -1 |

*Таблица 1. Динамика изменения весовых коэффициентов индикаторов при α=0,01.*

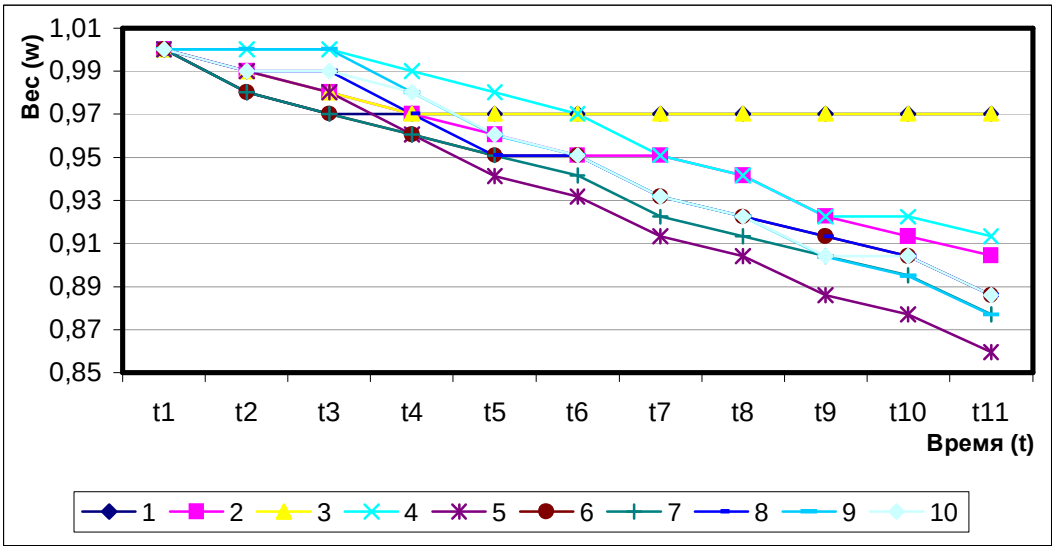


*Рисунок 3. Динамика изменения весовых коэффициентов индикаторов при α=0,01.*

альфа= 0,4

| | t1 | | t2 | | t3 | | t4 | | t5 | | t6 | | t7 | | t8 | | t9 | | t10 | | t11 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| i | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w |
| 1 | 1 | 1,00 | -1 | 0,20 | 1 | 0,12 | 1 | 0,12 | 0 | 0,12 | -1 | 0,12 | -1 | 0,12 | -1 | 0,12 | 0 | 0,12 | -1 | 0,12 | 0 | 0,12 |
| 2 | 0 | 1,00 | 1 | 0,60 | 0 | 0,36 | 0 | 0,22 | 1 | 0,13 | -1 | 0,08 | 0 | 0,08 | 1 | 0,05 | 1 | 0,01 | 0 | 0,01 | 1 | 0,00 |
| 3 | 0 | 1,00 | 1 | 0,60 | 0 | 0,36 | 1 | 0,22 | 0 | 0,22 | -1 | 0,22 | -1 | 0,22 | -1 | 0,22 | 0 | 0,22 | -1 | 0,22 | 0 | 0,22 |
| 4 | -1 | 1,00 | 0 | 1,00 | 0 | 1,00 | 0 | 0,60 | 1 | 0,36 | 1 | 0,22 | 0 | 0,04 | 1 | 0,03 | 0 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0 | 0,00 |
| 5 | 0 | 1,00 | -1 | 0,60 | -1 | 0,36 | -1 | 0,07 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | -1 | 0,00 |
| 6 | 1 | 1,00 | -1 | 0,20 | 0 | 0,12 | 0 | 0,07 | 0 | 0,04 | 1 | 0,04 | 0 | 0,01 | 0 | 0,01 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | -1 | 0,00 |
| 7 | 1 | 1,00 | -1 | 0,20 | 0 | 0,12 | 0 | 0,07 | -1 | 0,04 | 1 | 0,03 | 0 | 0,01 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | -1 | 0,00 |
| 8 | 0 | 1,00 | 0 | 0,60 | -1 | 0,60 | -1 | 0,12 | 0 | 0,02 | 1 | 0,02 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 9 | -1 | 1,00 | 0 | 1,00 | -1 | 1,00 | -1 | 0,20 | 1 | 0,04 | 1 | 0,02 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 10 | 0 | 1,00 | 0 | 0,60 | 0 | 0,60 | -1 | 0,36 | 1 | 0,07 | 1 | 0,04 | 0 | 0,01 | 1 | 0,01 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| | ∑ w= | 10 | ∑ w= | 5,60 | ∑ w= | 4,64 | ∑ w= | 2,05 | ∑ w= | 1,06 | ∑ w= | 0,80 | ∑ w= | 0,49 | ∑ w= | 0,43 | ∑ w= | 0,36 | ∑ w= | 0,35 | ∑ w= | 0,34 |
| | f= | 0,1 | f= | 0,00 | f= | -0,40 | f= | -0,20 | f= | 0,54 | f= | -0,04 | f= | -0,68 | f= | -0,59 | f= | 0,05 | f= | -0,94 | f= | 0,01 |
| | | | P= | -1 | P= | 0 | P= | 1 | P= | 1 | P= | 0 | P= | -1 | P= | -1 | P= | -1 | P= | 0 | P= | -1 |

*Таблица 2. Динамика изменения весовых коэффициентов индикаторов при α=0,4.*

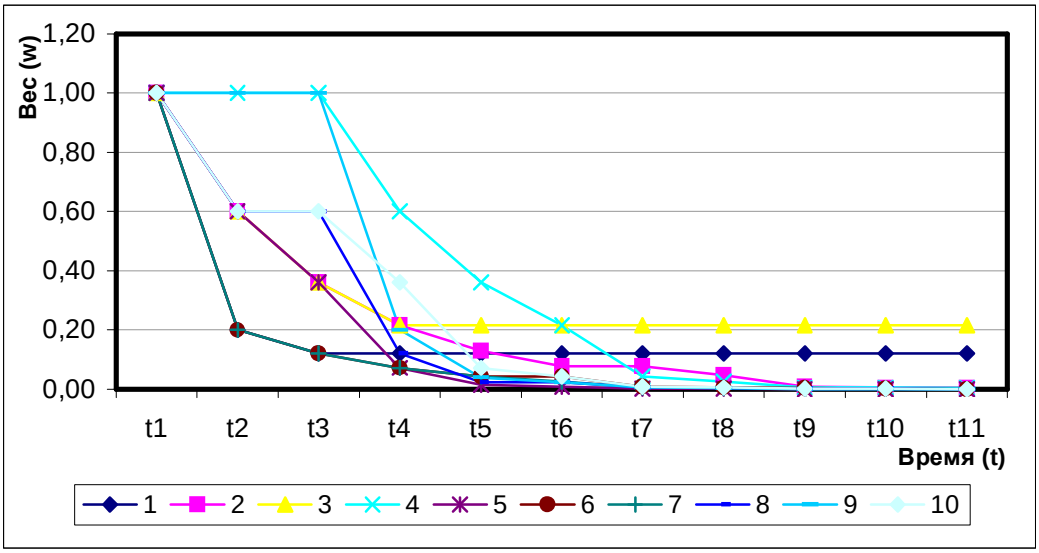


*Рисунок 4. Динамика изменения весовых коэффициентов индикаторов при* $a$ *=0,4.*

Данный алгоритм перераспределения весовых коэффициентов индикаторов является регрессивным, то есть при увеличении количества ошибок индикатора, соответствующий ему весовой коэффициент уменьшается, притом в разной степени (в зависимости от значения $\left|P(t_j) - x_i(t_{j-1})\right|$). Таким образом, весовые коэффициенты наиболее «правдивых» индикаторов убывают медленнее (если вообще убывают), чем весовые коэффициенты менее успешных.

Наряду с вышеописанным методом перераспределения весовых коэффициентов можно использовать и прогрессивный способ, при котором значения весов систематически ошибающихся индикаторов практически не возрастают, вместе с тем, веса наиболее полезных с точки зрения прогнозирования индикаторов стремительно растут. Например, достаточно заменить «1» в формуле подсчета весовых коэффициентов на «2».

$$w_i(t_j) = w_i(t_{j-1}) \cdot (2 - \left|P(t_j) - x_i(t_{j-1})\right| \cdot a) \qquad (3)$$

Какой именно метод использовать при моделировании – не имеет значения. Важно, чтобы с течением времени распределение весовых коэффициентов индикаторов менялось в зависимости от их способности предугадывать будущее изменение цены на рынке.

Также важной задачей является нахождение оптимального значения параметра $a$, расчет которого проводится на том же массиве данных. Для этого введем коэффициент **Q**, который будем рассчитывать по следующей формуле:

$$Q = \sum_{j=2}^{m} k_j \text{, где } k_j = \left| P(t_j) - f(t_{j-1}) \right| \qquad (4)$$

В качестве критерия оптимизации будем использовать условие минимизации **Q**. То есть задача состоит в том, чтобы найти такое значение $a$, при котором сумма отклонений оценки изменения цены от ее реального значения будет минимальна. Результаты данной операции представлены ниже.

**альфа=** 0,48 **Q=** 5,80

| | t1 | | t2 | | t3 | | t4 | | t5 | | t6 | | t7 | | t8 | | t9 | | t10 | | t11 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| i | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w | x | w |
| 1 | 1 | 1,00 | -1 | 0,04 | 1 | 0,02 | 1 | 0,02 | 0 | 0,02 | -1 | 0,02 | -1 | 0,02 | -1 | 0,02 | 0 | 0,02 | -1 | 0,02 | 0 | 0,02 |
| 2 | 0 | 1,00 | 1 | 0,52 | 0 | 0,27 | 0 | 0,14 | 1 | 0,07 | -1 | 0,04 | 0 | 0,04 | 1 | 0,02 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 |
| 3 | 0 | 1,00 | 1 | 0,52 | 0 | 0,27 | 1 | 0,14 | 0 | 0,14 | -1 | 0,14 | -1 | 0,14 | -1 | 0,14 | 0 | 0,14 | -1 | 0,14 | 0 | 0,14 |
| 4 | -1 | 1,00 | 0 | 1,00 | 0 | 1,00 | 0 | 0,52 | 1 | 0,27 | 1 | 0,14 | 0 | 0,01 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 5 | 0 | 1,00 | -1 | 0,52 | -1 | 0,27 | -1 | 0,01 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | -1 | 0,00 |
| 6 | 1 | 1,00 | -1 | 0,04 | 0 | 0,02 | 0 | 0,01 | 0 | 0,01 | 1 | 0,01 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | -1 | 0,00 |
| 7 | 1 | 1,00 | -1 | 0,04 | 0 | 0,02 | 0 | 0,01 | -1 | 0,01 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | -1 | 0,00 |
| 8 | 0 | 1,00 | 0 | 0,52 | -1 | 0,52 | -1 | 0,02 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 9 | -1 | 1,00 | 0 | 1,00 | -1 | 1,00 | -1 | 0,04 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 10 | 0 | 1,00 | 0 | 0,52 | 0 | 0,52 | -1 | 0,27 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| | ∑ w= | 10 | ∑ w= | 4,74 | ∑ w= | 3,93 | ∑ w= | 1,20 | ∑ w= | 0,54 | ∑ w= | 0,36 | ∑ w= | 0,21 | ∑ w= | 0,19 | ∑ w= | 0,17 | ∑ w= | 0,16 | ∑ w= | 0,16 |
| | f= | 0,1 | f= | 0,08 | f= | -0,45 | f= | -0,15 | f= | 0,66 | f= | -0,12 | f= | -0,78 | f= | -0,75 | f= | 0,01 | f= | -1,00 | f= | 0,00 |
| | | | P= | -1 | P= | 0 | P= | 1 | P= | 1 | P= | 0 | P= | -1 | P= | -1 | P= | -1 | P= | 0 | P= | -1 |
| | | | k= | 1,1 | | 0,08 | k= | 1,45 | k= | 1,15 | k= | 0,66 | k= | 0,88 | k= | 0,22 | k= | 0,25 | k= | 0,01 | k= | 0,00 |

*Таблица 3. Динамика изменения весовых коэффициентов индикаторов при а =0,48.*

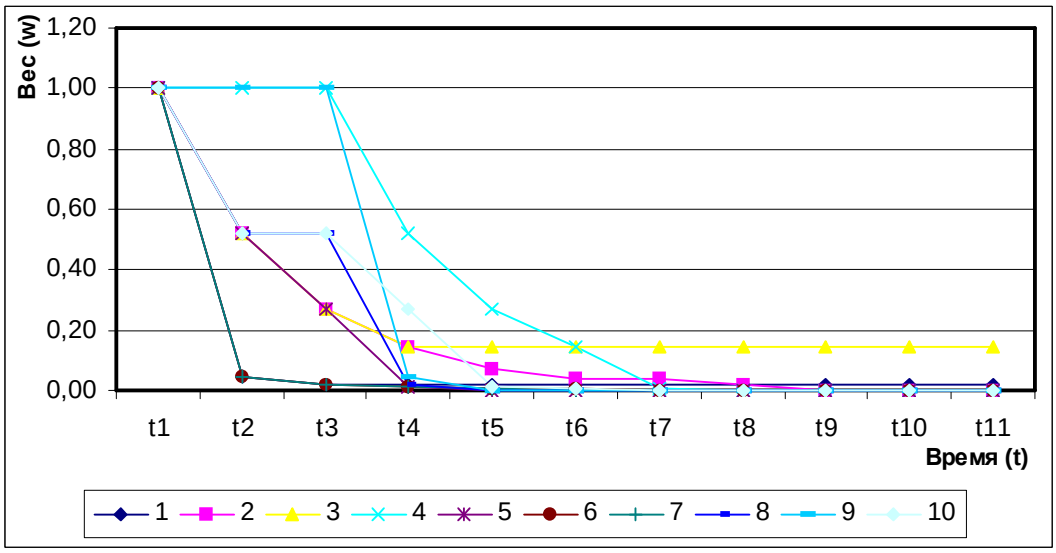


*Рисунок 5. Динамика изменения весовых коэффициентов индикаторов при а =0,48.*

Как видно из таблицы, в данном случае оптимальным значением *a* является 0,48. Именно при данном значении этого параметра прогнозирование предстоящего изменения цены является наиболее эффективным в момент времени $t_{11}$. Несомненно, с течением времени *a* следует пересчитывать. Например, можно использовать не весь массив данных за время с $t_1$ по $t_m$, а только несколько последних значений **k** за период с $t_{m-10}$ по $t_m$. Это уменьшит эффект отставания показателей системы от динамично развивающегося рынка.

В заключении следует сказать, что приведенный в данном разделе пример является упрощенным и направлен на представление концепции, описанной в первой части статьи. Использование на практике вышеизложенных принципов может помочь трейдеру при торговле на финансовых рынках, а автоматизация процесса принятия решений о совершении сделок при условии учета множества индикаторов является новой ступенью развития торговли с использованием автоматических торговых систем.

*Список литературы.*


1. Титов С. Ю., Вязьмин С. А. Ценообразование активов на финансовых рынках // Научная сессия МИФИ–2007: Сб. научн. трудов: В 17 т. Т. 13: «Экономика и управление». — М.: МИФИ, 2007.
2. Титов С. Ю., Вязьмин С. А. Адаптивная торговая система для принятия решений на финансовых рынках // Научная сессия МИФИ–2007: Сб. научн. трудов: В 17 т. Т. 13: «Экономика и управление». — М.: МИФИ, 2007.
3. Джеффри Оуэн Кац, Донна Л. Маккормик. Энциклопедия торговых стратегий/ Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 400 с.
4. Чеботарев Ю. Торговые роботы на Российском фондовом рынке. – М.: Омега-Л, 2006. – 144 с.
5. Эрик Найман. Малая энциклопедия трейдера. 4-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004.