

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ТОРГОВЫХ СИСТЕМ ФОНДОВОГО РЫНКА

Володин С.Н.
Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
Россия

1. Что такое алгоритмическая торговля. Сегодня все больше трейдеров для ведения торговых операций на фондовом рынке начинает использовать специальные программы, способные автоматически рассчитывать моменты совершения операций на основе вложенных алгоритмов. Применение такого рода программ получило название алгоритмической торговли. Это связано с тем, что алгоритмические торговые системы, или иначе – торговые роботы, совершают фондовые операции в строгом соответствии со вложенными правилами. Таким образом, трейдер совершенно не принимает участия в процессе торговли фондовыми активами, отдавая роль выполнения фондовых операций торговому роботу.

В результате алгоритмическую торговлю можно определить как процесс совершения фондовых операций с использованием специального программного комплекса, способного функционировать полностью автономно, без участия трейдера, действуя на основе заранее вложенных алгоритмов.

Полная автоматизация процесса торговли несет в себе значительные преимущества, связанные прежде всего с исключением субъективного фактора, высокой скорости принятия решений и совершения операций, способности анализировать большое количество разнообразной информации. В результате сегодня все чаще можно услышать мнения о значительных перспективах сегмента алгоритмической торговли, вплоть до полной замены трейдеров торговыми роботами.

2. Распространение алгоритмической торговли на крупнейших биржах. Анализ публикуемых биржевых данных показывает, что сегодня алгоритмическая торговля представляет собой весьма существенный сегмент совершения фондовых операций.

В статистике крупнейших бирж мира за последние несколько лет явно проглядывается сильный рост заявок и сделок участников, применяющих торговых роботов. На NYSE в последние годы доля торговых роботов колебалась от 16% до 48% от биржевых оборотов. Таким образом, в определенные периоды времени алгоритмические торговые системы формировали почти половину рыночных оборотов. На LSE в последние годы доля роботов в биржевых оборотах почти непрерывно росла, и если в 2005 году торговым роботам принадлежало порядка 11%-13% биржевых оборотов, то уже к 2009 году они формировали около 30% объема торгов. По данным одной из крупнейших бирж Европы Deutsche Boerse AG, в 2004 г. на долю роботов приходилось порядка 20% объема электронных торгов акциями, то в 2009 г. объем торгов, совершаемых роботами, превысил 42% [7].

Похожие тенденции наблюдаются и во всемирной электронной системе торговли ценными бумагами, базирующейся во Франкфурте-на-Майне, Xetra. Если в 2003 году в Xetra лишь около 15% сделок были заключены с использованием торговых роботов, то в 2008 — уже 43% (по объему торгов) [4, с. 25]. Еще большее распространение роботы получили на крупнейшей в мире бирже по торговле деривативами – EUREX, где алгоритмическая торговля уже формирует 90% объема торгов, и эта цифра стремится к 100% [8].

Менее выражено влияние роботов на российских биржевых площадках, хотя и здесь алгоритмическая торговля вносит существенный вклад в биржевые торги. На бирже ММВБ доля роботов в объеме торгов за последние годы оставалась довольно стабильной и в среднем составляла около 12%. Но на срочном рынке РТС FORTS доля роботов в обороте значительно больше и по данным на 2010 год составляет примерно 50%, что уже ближе к показателям ведущих мировых бирж. При этом доля роботов в количестве заявок на бирже РТС еще более высока и в определенные моменты может достигать 90% [9].

Как показывает биржевая статистика, за последние годы участники, использующие алгоритмические торговые системы, существенно расширили свое присутствие на биржах. В результате сегодня финансовый мир существует в новой реальности, где торговые решения во многих случаях принимаются машинами за доли секунды. Более того, прогнозы развития рынка говорят о еще большем распространении роботов в будущем. Эксперты все чаще сходятся во мнении, что уже в ближайшие годы на основных торговых площадках не менее 90% сделок будет совершаться роботами [11]. Так, по мнению председателя правления РТС Романа Горюнова уже через 3 года 100% оборота на биржах будет роботизировано [8]. Уже сейчас конкуренция во многих случаях идет не между трейдерами и торговыми роботами, а между самими роботами [10].

Наряду с высоким распространением алгоритмической торговли, все более актуальными становятся вопросы, посвященные эффективности применения такого рода систем на фондовом рынке.

3. Значение оптимизации торговой модели робота. Как показывает рыночная практика, роботы способны демонстрировать значительно лучшие результаты по сравнению с трейдерами. Например, по данным о результатах соревнований конкурса «Лучший частный инвестор», проводимого биржей РТС, в 2010 году наибольший процентный доход, показанный роботом, составил 8026% от стартового капитала за 3 месяца [12]. Такой результат совершенно немыслим для совершения операций трейдерами без применения специальных программ.

Однако успешное функционирование торговых роботов на рынке невозможно без эффективного выполнения такой процедуры, как оптимизация настраиваемых параметров торговой модели робота. Известно, что алгоритмы и настраиваемые параметры торговой модели полностью определяют поведение робота на рынке. Для достижения лучших показателей эффективности робота за счет его приспособления и настройки на работу с конкретным активом используется изменение параметров и правил в ходе специальных процедур оптимизации. Таким образом, посредством выполнения оптимизации робот настраивается на работу в реальных рыночных условиях.

На сегодня имеется только один способ нахождения параметров – посредством тестирования их различных комбинаций на исторических рядах данных. Это делается потому, что нельзя ввести в компьютер данные о будущем, а любое моделирование динамики котировок неизбежно будет приводить к искажению результатов, поскольку с условиях реального рынка предпосылки, используемые в такого рода моделях, не выполняются.

Поэтому единственный вариант тестирования моделей принятия решений с целью нахождения лучших значений настраиваемых параметров – использование временных рядов прошлой динамики котировок. Для настройки торговой модели берется определенная временная выборка записей котировок и по ней подбираются настраиваемые параметры таким образом, чтобы получить лучшие результаты

функционирования торгового робота. Такая процедура и называется оптимизацией настраиваемых параметров.

Для проведения оптимизации используется специальная программа, встроенная в торгового робота, которая обычно называется «оптимизатор». Оптимизатор – это программа, содержащая алгоритм, предназначенный для нахождения лучших из возможных сочетаний настраиваемых параметров торговой модели робота. В некоторых случаях оптимизатор используют для определения комбинаций самих алгоритмов, ведущих к более выгодной торговле, но чаще всего к оптимизаторам обращаются для поиска наиболее подходящих значений параметров уже имеющихся алгоритмов открытия и закрытия позиций.

В зависимости от применяемого подхода, настраиваемые параметры могут включать длины скользящих средних, веса связей в нейронной сети, пороги сравнений, уровни защитных остановок и т.д. Так, например, простая система схождения-расхождения скользящих средних имеет два правила: одно – для приказа на покупку, другое – для приказа на продажу. У нее также есть как минимум два настраиваемых параметра – длины краткосрочной и долгосрочной скользящих средних. Любая комбинация значений этих параметров определяет индивидуальный вариант настройки алгоритмов торговой модели.

Для сравнения различных вариантов значений настраиваемых параметров используются специальные показатели эффективности алгоритмической торговой системы. На практике используется большое количество таких показателей, но наиболее важными среди них можно считать общую прибыль за период, прибыль на операцию и максимальную (или среднюю) просадку капитала. Также может использоваться такой показатель, как общая прибыль за вычетом максимального падения капитала [1, с. 47] и коэффициенты соотношения ожидаемой прибыли и риска: коэффициент Шарпа, либо коэффициент вариации [2, с. 223].

В ходе оптимизации предпринимаются попытки найти лучшие значения настраиваемых параметров с помощью поиска максимума функции показателей, по которым измеряется эффективность торговой модели робота.

4. Симулятор торгов как основа оптимизации торговой модели. Для того, чтобы проводить тестирование торговых моделей на исторических данных, оптимизатор объединяется с другим модулем торгового робота – симулятором торгов.

Симулятор торгов – один из важнейших модулей торгового робота, к разработке которого обычно подходят наиболее ответственно. Он представляет собой отдельную программу, позволяющую моделировать на исторических данных поведение торговых алгоритмов, имитируя условия функционирования робота в реальных рыночных условиях. Назначение торгового симулятора в том, чтобы за счет тестирования системы на исторических данных определить, будет ли достигнут с помощью торговой модели необходимый результат. Таким образом симулятор позволяет трейдеру понять, как алгоритмическая система могла бы работать при торговле на реальном рынке.

Данный модуль торгового робота включает в себя хранилище данных о прошлых колебаниях котировок и программные правила, которые позволяют тестировать алгоритмы прогнозирования и принятия решений на основе прошлых данных. Для обеспечения более точной оценки эффективности торговой модели, грамотной разработки и настройки алгоритмов открытия и закрытия позиций, в симуляторе используются специальные алгоритмы, позволяющие наиболее корректно имитировать условия реализации сделок в режиме реальных торгов. Максимально точно воссоздаются такие характеристики совершения операций, как: спрэд лучших заявок на покупку и продажу, транзакционные затраты, специфика исполнения рыночных и

лимитированных заявок, объемы заявок стакана, время реакции робота (принятия решения, формирования, подачи и исполнения заявки).

Для корректного учета специфики исполнения заявки важно учесть и более сложные условия. Например, заявки могут дольше не исполняться или переставлять заявкой с более выгодными ценовыми условиями чаще всего именно в те периоды, когда ее исполнение наиболее необходимо – то есть когда действительно начнется ожидаемое движение котировок. И наоборот, заявка может быстро исполняться именно тогда, когда она ошибочна. Это хорошо известно из практики торгов и имеет место потому, что когда все ожидают рост и котировки начинают расти, желающих продать становится меньше и еще меньше – желающих продать по рыночной заявке, что необходимо для срабатывания лимитированных заявок покупателей.

Получить положительные результаты работы системы на исторических данных не особенно сложно – достаточно не учесть перечисленные выше параметры и тогда за счет переподгонки при оптимизации и даже при проверке на новых данных через симулятор торгов можно получить сверхдоходность. В реальной торговле показатели результатов функционирования робота будут неизбежно отличаться, причем чем больше частота совершения операций, тем более значительным будет отличие.

5. Виды оптимизаторов настраиваемых параметров. Существует много видов оптимизаторов, каждый со своими преимуществами и недостатками, сильными и слабыми сторонами. Оптимизаторы можно классифицировать по таким критериям, как автоматический или ручной, простой или сложный, специальный или общего назначения, аналитический или стохастический. Все оптимизаторы, вне зависимости от вида, эффективности и надежности, производят поиск лучшей из многих потенциально возможных комбинаций настраиваемых параметров торговой модели робота. Рассмотрим основные виды оптимизаторов.

1. Скрытые оптимизаторы.

Даже при отсутствии программы-оптимизатора процесс идет сам по себе в то время как трейдер проводит поиск вариантов параметров «вручную». Это и называется скрытой оптимизацией. В таком случае оптимизатором выступает сам трейдер, а симулятор торгов не содержит автоматизированного оптимизатора, но позволяет проводить оптимизацию перебором вариантов «вручную».

Скрытый оптимизатор работает следующим образом: при построении торговой модели трейдер меняет набор настраиваемых параметров, пытаясь найти их значения, соответствующие лучшим значениям прибыли и других характеристик работы системы.

2. Автоматизированные оптимизаторы.

2.1. Оптимизаторы с лобовым подходом.

Оптимизатор с лобовым подходом определяет оптимальное решение путем систематического перебора всех потенциальных вариантов, т.е. сочетаний правил, параметров или того и другого вместе. Поскольку требуется проверить все варианты, оптимизация может быть чрезвычайно медленной, и чем больше комбинаций подлежит рассмотрению, тем медленнее она идет. Таким образом, оптимизация с лобовым подходом подвержена действию правил «комбинаторного взрыва». Например, рассмотрим случай, когда в алгоритмах есть четыре параметра, каждый из которых может принимать одно из 50 значений. Лобовая оптимизация потребует перебрать в тестах около 6 миллионов сочетаний параметров для поиска одного идеального [1, с. 49]. В результате этот подход можно считать не очень практичным, его применение допустимо только для простейших торговых моделей.

2.2. Оптимизация под управлением пользователя.

Оптимизация под управлением пользователя выполняется посредством совместной работы трейдера и программы. Как и при оптимизации с лобовым подходом, выполняется тестирование различных вариантов настраиваемых параметров для поиска оптимального решения. Но если в первом случае ведется обширный поиск во всем множестве вариантов, оптимизация под управлением пользователя ведется только в некоторых участках пространства решений. Преимущество такого подхода перед оптимизацией по лобовому подходу в том, что при вмешательстве трейдера в ходе оптимизации возможно значительно более быстрое обнаружение области оптимальных значений. При этом не происходит отвлечение на проверку каждого из возможных вариантов, среди которых многие являются априори неподходящими.

При оптимизации под управлением пользователя применяются те же самые инструменты, что и при оптимизации с лобовым подходом. Вместо единственной оптимизации по всем возможным наборам параметров проводится несколько частичных оптимизаций, каждая из которых состоит всего из нескольких тестов. Например, в каждой оптимизации будет изменяться только один параметр, или же все параметры будут протестированы с большим шагом, создавая грубую «сетку результатов». После каждой частичной оптимизации результаты анализируются, и затем проводится следующая частичная оптимизация. Таким образом, процесс приводит к обнаружению желаемого решения.

Достичь успеха в оптимизации под управлением пользователя можно только при наличии серьезных знаний и опыта в проведении подобных исследований. При соответствующем навыке и опыте оптимизация под управлением пользователя может быть чрезвычайно эффективной и гораздо более быстрой, чем оптимизация с лобовым подходом. Скорость и эффективность — результат сочетания расчетов с субъективным мнением трейдера: зоны, где высока вероятность успеха, можно исследовать тщательно, а зоны без ожидаемых положительных результатов можно исключить, сэкономив время. Оптимизация под управлением пользователя наиболее уместна, если другими методами уже установлены приблизительные значения, если проблема знакома или хорошо понятна или если требуется оптимизировать небольшое количество параметров. Оптимизация под управлением пользователя — замечательный способ «отшлифовать» имеющееся решение, а также полезный способ определения чувствительности имеющихся моделей к изменениям правил и параметров.

2.3. Генетические оптимизаторы.

Генетические оптимизаторы основаны на генетических алгоритмах поиска оптимальных решений. Генетические оптимизаторы — предпочтительные методики для систем с множеством правил или параметров, когда оптимизация по лобовому подходу неприменима из-за риска возникновения «комбинаторного взрыва». Генетический оптимизатор работает на несколько порядков быстрее, чем оптимизатор с лобовым подходом, особенно при наличии множества правил или значений параметров. Это происходит потому, что, как и при оптимизации под управлением пользователя, идет фокусировка на наиболее значимых участках пространства решений, явно ненужные пропускаются.

Поэтому генетические оптимизаторы более устойчивы к эффектам локальных максимумов и минимумов на поверхности значений функции эффективности, чем другие подходы. Как результат — хороший генетический оптимизатор часто находит лучшее глобальное решение — наиболее оптимальный результат при сложной форме поверхности распределения функции прибыльности торгового робота. Хотя некоторые специализированные оптимизаторы могут обгонять генетические при выполнении отдельных задач, для многоцелевой оптимизации генетический метод — один из самых мощных доступных инструментов [1, с. 54].

6. Проблемы оптимизации торговых моделей. Правильный выбор вида оптимизатора и наличие хорошо проработанного симулятора торгов еще не решают всех проблем оптимизации алгоритмической торговой системы. Известно, что несмотря на большое разнообразие оптимизаторов, включая наиболее мощные и сложные (например, на основе генетических алгоритмов и проч.), возможности оптимизатора вовсе не означают того, что полученные с его помощью лучшие результаты на тестовой выборке будут демонстрировать такие же результаты и в реальной торговле. Более того, увлечение мощными оптимизаторами часто приводит к злоупотреблению оптимизацией, вместо того, чтобы сфокусироваться на разработке более эффективных алгоритмов открытия и закрытия позиций.

Нет сомнения, что одни сочетания правил и параметров, которые определяют системы, работают хорошо, а другие – плохо, что говорит о необходимости проведения оптимизации настраиваемых параметров. Но оптимизация в своей основе имеет предположение о том, что набор параметров, который проявил себя наилучшим образом в прошлом, имеет большую вероятность хорошей результативности и в будущем, что далеко не всегда верно.

В результате оптимизация может сводиться к тому, что называется «подгонкой параметров» или «чрезмерной оптимизацией» торговой модели. Это явление означает нахождение параметров, которые очень хорошо согласуются с прошлыми ценовыми данными, но не имеют прогностической способности. Отличить оптимизацию от подгонки параметров несложно - если торговый робот показывает значительно худшие результаты при тестировании на данных вне оптимизационной выборки или на реальном рынке, можно считать, что при оптимизации имела место подгонка под исторические данные [1, с. 72].

Поэтому можно говорить о том, что оптимизация бывает полезной и вредной. Полезная оптимизация наблюдается тогда, когда алгоритмы открытия и закрытия позиций настраиваются на работу с конкретным инструментом и на конкретном рынке. В результате полезной оптимизации происходит настройка под всю популяцию данных (т.е. под достаточно большую и представительную). При этом отражаются все достоверные характеристики торгуемого актива, так что достаточно стабильное поведение параметров эффективности торговой модели наблюдается для многих отдельных периодов тестовой выборки, а самое главное – для различных периодов вне тестовой выборки. Подгонка вредна, если значения настраиваемых параметров не отражают в себе все возможные рыночные ситуации. Как результат – вне тестовой выборки торговый робот будет работать нестабильно и демонстрировать отрицательные результаты.

Ниже приводятся правила, соблюдение которых позволит провести качественную оптимизацию настраиваемых параметров, избежав их чрезмерной оптимизации.

1. Подтверждение результатов.

Как уже говорилось выше, оптимизация подразумевает процесс отыскания набора параметров, который приводит к максимальной эффективности торговой модели на каком-то определенном периоде динамики котировок. То есть проводится такой подбор значений параметров, при которых система дает наилучший результат именно на выборке данных. При этом предполагается, что настраиваемому алгоритму присущ характерный и повторяющийся набор сделок. Поэтому, если также исходить из предположения о том, что ситуации на рынке, проявляющиеся в прошлом, будут иметь место и в будущем, то алгоритмическая система будет давать ожидаемые результаты [13].

Однако здесь трейдера подстерегает логическая ловушка: прошлая история финансовых цен предоставляет ему только некий набор образцов рыночных событий, а не все возможные варианты, которые будут встречаться и в будущем. Для конкретного

ряда данных несложно найти оптимальные параметры торговой системы методами оптимизации. Но нахождение таких параметров, которые обеспечат эффективность настроенной на прошлых рядах алгоритмической торговой системы и на реальном рынке, требует обязательного выполнения еще одной процедуры – проверки модели на данных, не входивших в тестовую выборку.

После оптимизации правил и параметров торговой системы и получения хорошей эффективности на выборке данных важно так или иначе подтвердить эффективность этой системы, прежде чем выводить ее на реальные торги. Подтверждение – наиболее критичный шаг при оптимизации работы торгового робота. Среди причин появления «подгона параметров» отсутствие постоптимизационной проверки может считаться одной из основных.

Как и для тестовой выборки, важно чтобы выборки вне тестовой, используемые для подтверждения результатов, содержали всевозможные ситуации – скачкообразные изменения цен, отсутствие четко выраженного тренда, длительный рост и падение цен. Наиболее же важное условие при подтверждении – его многократность. Чем более многократно проводится подтверждение, тем больше шансов, что алгоритмическая система будет показывать подобные результаты и на реальных торгах. Поэтому тестирование вне выборки необходимо провести не менее 5-10 раз.

Важно понимать, что если алгоритмы принятия решений априори неправильны, то даже из них посредством оптимизации можно получить «выгодную» на тестовых данных стратегию, которая в условиях реальной торговли будет приводить к убыткам. Лучшее средство выявления неправильных алгоритмов – проведение полноценной проверки «в слепую». Необходимо взять несколько лучших результатов, получаемых на тестовых периодах и несколько наиболее отрицательных. Если при проверке на выборке вне тестовой лучшие результаты будут также превосходить худшие, то используемую модель прогнозирования и принятия решений можно считать правильной. Если результаты проверки вне выборки выглядят достаточно хаотично, так что параметры, которые приводили к лучшим результатам на тестовой выборке показывают результаты, сопоставимые с получаемыми при «худших», то скорее всего сама модель прогнозирования является неправильной.

2. Использование больших тестовых выборок исторических данных, на которых проводится оптимизация.

Большие выборки снижают риск «подгонки» системы под прошлые данные, позволяют достигать более устойчивых во времени результатов и увеличивают вероятность того, что торговая модель будет и на реальном рынке работать так же, как работает на тестовой выборке. Небольшие выборки рыночных данных вряд ли будут представительными, они могут заметно отличаться от других выборок. Оптимизатор, запущенный с маленькой выборкой данных, может найти лучшее решение. Но лучшее решение для тестовой выборки может оказаться крайне неоптимальным для реальной торговли. И это будет являться не результатом получения неверного решения в ходе оптимизации, а некорректно поставленной задачи.

Важно и то, чтобы тестовая выборка содержала всевозможные ситуации – длительный рост и падение, отсутствие четко выраженного тренда, скачкообразные изменения цен (особенно резкие спады). Это позволит оценить, как будет функционировать торговая модель при различных рыночных ситуациях, а также внести изменения в настраиваемые параметры, если при каких-то ситуациях наблюдается неудовлетворительные результаты.

Стоит отметить, что при проведении оптимизации и тестов вне выборки следует учитывать количество сделок, проведенных торговым роботом. Как и объем выборок данных, количество сделок для достоверности должно быть значительным. Если система совершает небольшое количество сделок, то, несмотря на большое количество

точек данных в выборке, результат легко может оказаться случайным. Точных рекомендаций нет, но можно встретить мнения о том, что для качественной оценки модели за торговый период должно быть произведено не менее 30 сделок [2, с. 218].

Итак, чем больше выборка и чем большее количество операций совершила алгоритмическая торговая система в процессе тестирования, тем более вероятность того, что найденные настраиваемые параметры будут представительным отражением характеристик рынка в целом.

3. Проверка на чувствительность к малым изменениям параметров.

Результаты оптимизации можно считать в значительной степени случайными и в том случае, если при небольших изменениях настраиваемых параметров наблюдаются существенные колебания прибыльности торговли и иных используемых характеристик эффективности торговой модели. Дело в том, что в реальных рыночных условиях рыночные ситуации будут так или иначе отличаться от тех, которые входили в тестовую выборку. И для них оптимальные значения настраиваемых параметров будут уже несколько иными. Поэтому важным является проверка устойчивости торговой модели к небольшим изменениям настраиваемых параметров.

Если при небольших изменениях настраиваемых параметров не наблюдается серьезных колебаний результатов торговли, особенно в худшую сторону, то можно с некоторой степенью уверенности ожидать, что при изменении рыночных ситуаций торговая модель будет демонстрировать стабильные положительные результаты.

Поэтому итоговые параметры, полученные при оптимизации, необходимо проверять на чувствительность к малым изменениям. Набор параметров, который малочувствителен к таким изменениям, может считаться более надежным, чем другой набор, когда при небольших изменениях параметров наблюдаются сильные скачки параметров эффективности торговой модели.

Если для модели алгоритмов не удастся найти параметров, устойчивых к небольшим изменениям, это может служить важным сигналом к тому, что необходимо менять саму прогностическую модель.

Итак, как было показано выше, соблюдение определенных правил при построении торгового симулятора, знание основных видов оптимизаторов, достоинств и недостатков каждого вида, а также проблем, возникающих при оптимизации, может существенно помочь в нахождении оптимальных настраиваемых параметров торговой модели робота. Следует отметить и то, что качественная реализация данных принципов зависит также от специфики и сложности самих алгоритмов торговой модели робота, предполагаемой частоты совершения операций, характеристик торгуемого актива. Немаловажную роль играют также технические и аппаратные возможности реализации оптимизатора. Грамотный учет при разработке оптимизатора всех перечисленных выше правил может позволить серьезно повысить показатели эффективности торгового робота.

Список литературы

- [1] *Кац Дж., МакКормик Д.* Энциклопедия торговых стратегий. М.: Альпина Паблишер, 2002.
- [2] *ЛеБо Ч., Лукас Д.В.* Компьютерный анализ фьючерсных рынков. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006.
- [3] *Варламова М.* Системная торговля: маркетинговые аспекты // Биржевое обозрение. № 9 (69). 2009. С. 34-37.
- [4] *Пензин К.* Революция на рынке торговых услуг // Рынок ценных бумаг, № 7 (388) 2009. С 24-25.

- [5] *Тараскин А.* Население страны становится все более финансово образованным // Биржевое обозрение. №4 (76). 2010. С. 13-14.
- [6] *Чеботарев Ю., Яшин С.* Случайность и торговая система // Валютный спекулянт. № 10. 2006. С. 52-25.
- [7] Финанс. На бирже лидируют роботы. - <http://www.finansmag.ru/news/44296> (4 апреля 2011г.)
- [8] Финанс. ФСФР беспокоят роботы. - <http://www.finansmag.ru/news/80711> (5 апреля 2011г.)
- [9] Аргументы и факты. - <http://www.aif.ru/money/news/62504> (4 апреля 2011г.)
- [10] *Филина Ф.* По материалам конференции «Роботы в биржевой торговле». Информационно-выставочный центр «ИнфоПространство», 30 сентября 2010 года. <http://bankir.ru/news/article/6576885> (4 апреля 2011г.)
- [11] В Москве пройдет конференция «Роботы в биржевой торговле» - <http://bankir.ru/news/article/6195623> (4 апреля 2011г.)
- [12] Официальный сайт биржи РТС. - <http://investor.rts.ru/> (5 апреля 2011г.)
- [13] *Побединский А.* Торговые системы-роботы на рынке ценных бумаг // Рынок ценных бумаг. - http://www.rcb.ru/rcb/2008-01/8907/?phrase_id=1099417 (4 апреля 2011г.)