

УДК 51-74:336.76.066

С. М. Селякова, канд. техн. наук,
Д. А. Домащенко, магистрант
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Украина

Автоматизированная поддержка процесса торговли на валютном рынке

Проведен анализ существующих торговых стратегий и идентификаторов торговли, сформулированы основные требования к разрабатываемому торговому роботу, разработаны структура, модели и алгоритмы торгового робота, исследована эффективность работы построенного торгового робота.

Ключевые слова: сравнительный анализ, торговая стратегия, торговый советник, нейронные сети, нечеткий регулятор.

Общая постановка проблемы

В современном мире одним из путей инвестирования финансовых средств является биржевая торговля. Необходимо отметить, что при существующем многообразии объектов совершения операций данного типа наиболее популярный способ торговли представляет собой игру на разнице курсов валют, а самым развитым рынком в этой сфере является FOREX. В 2011 г. ежедневный оборот на рынке составил 4,5 трлн. USD, и опытные трейдеры могли получить за день до 5-7% прибыли, что при достаточно большой стоимости лота представляло существенный доход [1].

Биржевая торговля исследуемого типа требует непрерывного анализа ситуации на рынке, контроля динамики котировок и постоянного открытия/закрытия позиций, т.е. отрыва трейдера от основной деятельности. С целью минимизации временных затрат и оптимизации торговой деятельности в настоящее время применяются торговые роботы.

На сегодняшний день существует около 800 различных торговых советников, основанных на базисном техническом анализе и реализующих различные торговые стратегии [2]. Преимущество программы перед трейдером заключается в способности обрабатывать большие объемы информации, отсутствии ошибок ввода при открытии позиций и таких психологических факторов, как рассеянность внимания и усталость. Однако торговый советник, который учитывал бы достаточно большое число показателей и мог проявлять гибкость тактического принятия решений, еще не создан. Разработка подобного торгового робота и является целью данного исследования.

Анализ современного состояния исследуемой области

В настоящее время ключевым элементом торговли, определяющим поведение трейдера на

рынке, является торговая стратегия (ТС). ТС – это совокупность инструментов анализа и правил, которых придерживается трейдер в собственной работе на валютном рынке. Одновременное достижение заданных значений изменения котировок дает сигнал на покупку или продажу торгового инструмента [3].

Базисом любой ТС, отвечающим за решение о вхождении в торговлю, является используемые в ней индикаторы. Математический аппарат таких индикаторов содержит результаты анализа, который традиционно разделяют на фундаментальный и технический [4].

Под фундаментальным анализом понимают совокупность мер, направленных на выявление закономерностей в поведении цены валют, динамики их спроса и предложения на рынке FOREX на основе комплексного анализа ряда факторов. Эксперты считают, что основной недостаток фундаментального анализа – это его сложность [5]. Поскольку контролировать 40-50 показателей, каждый из которых определен конкретными причинно-следственными связями, имеющими противоречивый или же рефлексивный характер, физически невозможно, практическое применение получаемого прогноза даже с 50% долей уверенности не представляется возможным. Преимуществом метода является возможность игнорировать незначительные колебания рынка (т.н. рыночный шум).

С точки зрения компьютерной реализации автоматической торговли, больший интерес представляет технический анализ рынка и котировок. Все многообразие методов прогнозирования технического анализа укладывается в определенную схему. Так в рамках трудов зарубежных исследователей разработана следующая классификация [6]:

1. Графические методы, помогающие прогнозировать рынок с помощью наглядного изображения его движений, различаются в зависимости от того, на каком типе графика строятся.

2. Методы, использующие фильтрацию или математическую аппроксимацию, например методы, в основу которых положены скользящие средние и осцилляторы. С точки зрения реализации автоматического торгового советника данная группа показателей наиболее привлекательна, поскольку результаты анализа удобно интерпретировать алгоритмическими процедурами.

3. Теория циклов, исследующая циклические колебания не только цен, но и природных и экономических явлений в целом. Данный метод имеет значительную теоретическую базу, практическое применение которой еще не достаточно распространено.

Существуют также смешанные методы, несущие в себе черты нескольких групп. Например, волновая теория Эллиотта – графический метод, имеющий черты фильтрации и цикличности.

Таким образом, большинство методов технического анализа укладываются в изложенную классификацию. Проведенный анализ позволяет выделить основные направления формирования торгового советника. Предполагается, что советник реализует торговлю на различных временных промежутках и при различных степенях риска. Решение об открытии/закрытии позиций полностью предоставляется роботу. Единственным рычагом влияния на советника со стороны пользователя является уровень риска – в простейшем случае задается процент средств на счете, которые можно задействовать в торговле.

Постановка задачи проектирования

В рамках проводимого исследования необходимо разработать мультистратегического биржевого робота для торговли на рынке валют FOREX (торгового советника). Торговый советник должен реализовывать кратко- и долгосрочные торговые сделки, автоматически определять точки входа на рынок и моменты закрытия позиций, принимать решения относительно увеличения торгового лота в процессе торговли и использовать различные индикаторы технического анализа. За пользователем должна оставаться возможность регулирования степени риска.

В связи с этим необходимо решить следующие задачи:

- разработать структуру торгового советника, выделить основные компоненты и описать механизм их взаимодействия;
- адаптировать либо разработать математический аппарат для принятия решений в различных компонентах советника;
- реализовать разработанные алгоритмы функционирования на встроенном в торговую платформу языке программирования MQL4;

- произвести численное исследование полученной торговой модели и сравнить результаты с работой существующих роботов.

Разработка структуры торгового советника

Анализ существующих торговых советников позволил определить состав компонентов, входящих в разрабатываемого советника, представленный в табл. 1.

Основными функциями компонентов разрабатываемого советника являются следующие:

- компонент анализа и прогноза позволяет осуществить прогноз изменения курса валют, используя нейросетевые методики прогнозирования, учитывая суточные и недельные колебания, рассматривая классические рыночные коэффициенты;
- компонент управления определяет осуществляет выбор оптимальной торговой стратегии на основе методов нечеткой логики с учетом размера целевой прибыли, заданной пользователем, а также ожидаемого изменения курса валют;
- компонент построения стратегии, применяя полученный прогноз котировок и результаты выбора ТС, задает торговые переменные, которые передаются компоненту торговли и служат основным инструментом регулирования осуществления рыночных операций;
- компонент торговли выполняет открытие, обновление и закрытие торговых ордеров в соответствии с выбранной ТС.

Модель состава и взаимосвязи компонентов советника показана на рис. 1 (в обозначениях табл. 1).

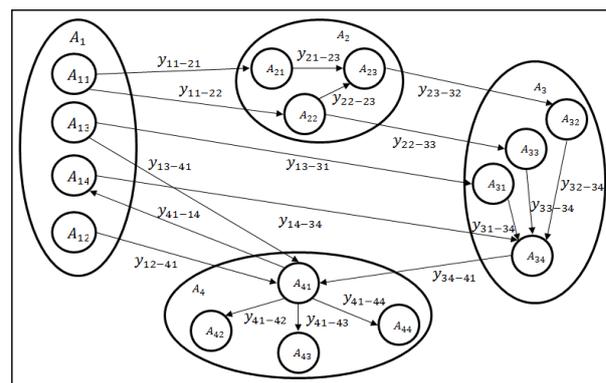


Рисунок 1 – Модель компонентов системы

Функциональная схема взаимодействия компонентов торгового робота приведена на рис. 2.

Таблица 1. Список подсистем и элементов

Подсистемы и элементы	
A ₁	Компонент управления
A ₁₁	Элемент получения котировок
A ₁₂	Элемент получения мета-команд торгового сервера и пользователя
A ₁₃	Элемент связи с пользователем
A ₁₄	Элемент получения данных о счете
A ₂	Компонент анализа и прогноза
A ₂₁	Элемент создания истории котировок
A ₂₂	Элемент анализа суточных и недельных колебаний
A ₂₃	Элемент построения прогноза
A ₃	
A ₃₁	Элемент выбора стратегии и размера торгового лота
A ₃₂	Элемент применения теории игр со средой
A ₃₃	Элемент использования ситуационных колебаний
A ₃₄	Элемент определения торговых переменных
A ₄	Компонент торговли
A ₄₁	Элемент реализации торговой стратегии и проверки условий окончания
A ₄₂	Элемент открытия ордеров
A ₄₃	Элемент закрытия ордеров
A ₄₄	Элемент обновления ордеров

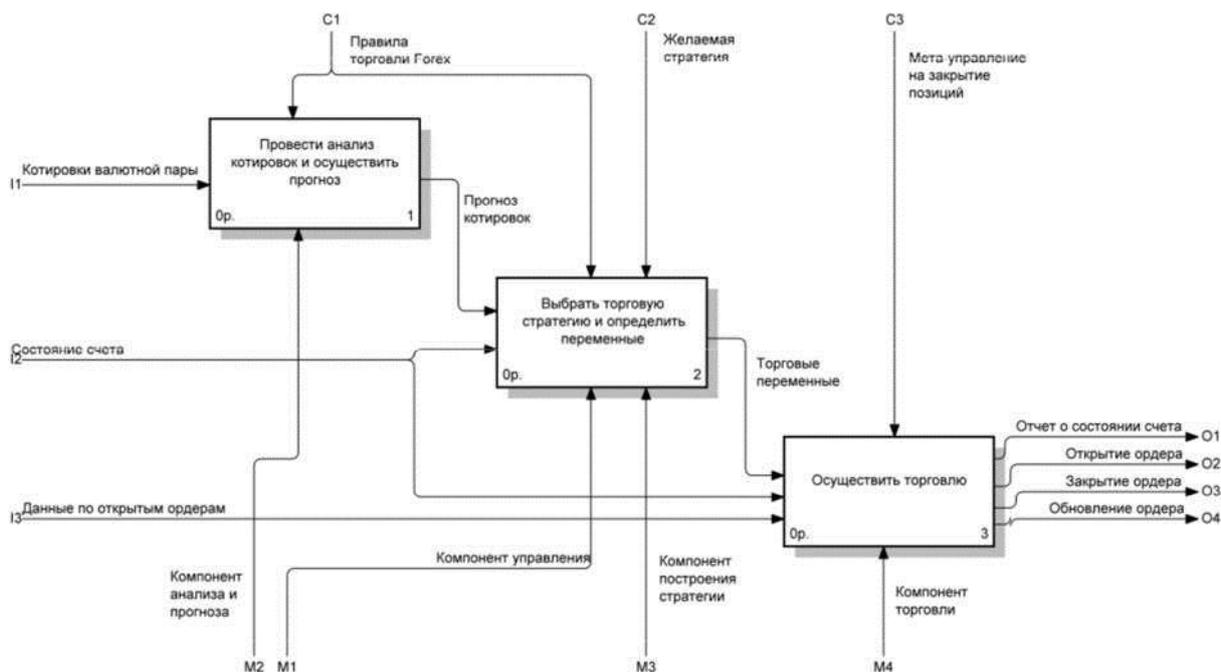


Рисунок 2 – Функциональная модель разрабатываемого советника. Уровень A0

На схеме, приведенной на рис. 2, показана работа советника в момент одного временного среза. Основные задачи, выполняемые на каждом шаге, соответствуют компонентам советника: провести анализ котировок и осуществить прогноз, выбрать торговую стратегию и определить переменные, осуществить торговлю. Входной информацией служат котировки валютной пары, данные о состоянии счета и по открытым ордерам. Выходной информацией советника является отчет о состоянии счета, а также команды торговому серверу на открытие, закрытие и обновление ордера. Обратная связь осуществляется на следующем шаге, когда выход O1 предыдущего шага служит входом I2 текущего.

Основные модели и методы торгового советника

Основным элементом компонента анализа и прогноза является нейросеть, обученная на данных о значениях котировок валютной пары EU-RUSD с 02.10.2006 по 29.09.2013. Поскольку торговая платформа MetaTrader 4 ограничивает доступ пользователя к истории котировок, для обучения и тестирования нейросети и созданного советника использовались данные о котировках, загруженные с репозитория брокера Forexite при помощи компонента ASCII Maker программы QouteRoom, предоставляемой бесплатно всем трейдерам данного брокера (почасовые данные, 42825 записей). На основании данной истории были сформированы три выборки – одна обучающая и две тестовые.

Входными данными для нейросети служит информация о значениях котировок, предшествующих данному моменту: -96, -72, -48, -24, -16, -8 и -4 часов. Выходной информацией нейросети является цена закрытия сделки на валютной паре через 48 часов. Каждая из выборок содержит в себе 100 экземпляров.

Для осуществления прогноза была построена многослойная нейронная сеть, имеющая 7 нейронов на первом слое (по числу входов) и 1 нейрон на втором. Обучение производилось по методу Левенберга-Марквардта, активационная функция в обоих слоях тангенциально-сигмоидная. Структура полученной сети показана на рис. 3.

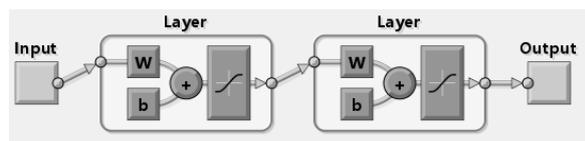


Рисунок 3 – Структура нейронной сети прогноза котировок

По результатам 1000 эпох ошибка обучения установилась на значении 0,00176. Тестирование

нейросети на двух дополнительных выборках показало, что максимальная ошибка прогнозирования составляет 0,055147, минимальная – 0,000014341. При этом средняя ошибка прогноза составляет $\approx 0,01166$. Полученное значение является довольно высоким с учетом факта о том, что изменение курса котировки за несколько дней может не превышать 0,005. Для повышения точности прогноза обучение было проведено повторно с использованием новых выборок, сформированных на основании данных за более короткий период – с 30.09.2010 по 29.09.2013.

Повторное обучение сети позволило зафиксировать ошибку на уровне 0,000102, максимальная ошибка на тестовых выборках составляет 0,019874, а средняя – 0,00788. Такое значение ошибки прогноза более полно удовлетворяет требованиям прогнозирования и нейросеть приемлема для использования в структуре торгового советника.

В зависимости от поведения линии тренда в торговом советнике применяются различные стратегии, а вернее – индикаторы вхождения в торговлю. Некоторые индикаторы демонстрируют хорошую торговлю на боковом тренде, другие же, напротив, эффективно срабатывают при ярко выраженных бычьем и медвежьим трендах. В качестве индикатора для торговли при боковом тренде был выбран один из самых известных осциляторных методов – индекс относительной силы (Relative Strength Index, RSI), разработанный Уэллсом Уайлдером и впервые представленный в журнале «Commodities» в 1979 году. Формула для вычисления значений осциляторной кривой выглядит следующим образом [2, 114 с.]:

$$RSI = 100 - \left[100 / \left(1 + AU_x / AD_x \right) \right] \quad (1)$$

где x – количество дней;

AU_x – среднее значение закрывшихся выше предыдущих цен за x дней;

AD_x – среднее значение закрывшихся ниже предыдущих цен за x дней.

Индикатор индекса относительной силы используется на рынках, находящихся в боковом тренде, поскольку на рынках, которые находятся в направленном тренде, его применение ограничено прогнозированием локальных максимумов и минимумов, т.к. использование RSI в качестве основного индикатора на трендовом рынке может привести к большому количеству ложных сигналов. Таким образом, данный индикатор относится к немногим, которые увеличивают свою эффективность при увеличении периода прогнозирования.

Для торговли на трендовом рынке наиболее часто применяются ТС, основанные на волновой теории Эллиота. Данная группа показателей реагирует исключительно на пики и основываются на ряде правил поведения рынка. Самым простым

инструментом реализации таких стратегий является индикатор ZigZag, который отвечает за выявление пиков, а также ряд алгоритмов анализа этих пиков.

В разработанном советнике для реализации торговли на трендовом рынке используются две ТС, основанные на следующих подходах: использование пробоя и прорыва волатильности. Пробоем называется достижение уровнем цен на рынке нового максимума или минимума за определенный период, что дает основания предположить продолжение тренда в направлении пробоя в ближайшее время. Прорыв волатильности сигнализирует об изменении направления движения цены на противоположное в длительной перспективе, т.е. на изменение тенденции рынка. Для использования ситуаций прорыва волатильности в советнике применяется индикатор волатильности Чайкина, который измеряет ее на основе величины спреда между максимальной и минимальной ценами. Рост индикатора волатильности за относительно короткое время указывает на приближение цен к основанию (напр., при панической продаже инструмента), а падение волатильности в течение более длительного периода означает близость вершины (напр., в условиях зрелого бычьего рынка) [7]. При расчете индикатора волатильности Чайкина в первую очередь определяется экспоненциальное скользящее среднее разности между максимальной и минимальной ценами дня по следующей рекурсивной формуле:

$$EMA(n) = k[P(\max_n) - P(\min_n)] + 1/k * EMA(n-1), \quad (2)$$

где $P(\max_n)$, $P(\min_n)$ – максимальная и минимальная цены открытия за рассматриваемый период;

$EMA(n-1)$ – значение экспоненциального скользящего среднего, рассчитанного для предыдущего торгового периода;

k – регулирующий коэффициент.

Начальное значение $EMA(1)$ принимается равным разности цен самого первого периода, принимаемого в рассмотрение, то есть $P(\max_1) - P(\min_1)$. Чем больше значение регулирующего коэффициента k , тем лучше кривая экспоненциального скользящего среднего аппроксимирует график, так как больше значение придается текущим ценам. Справедливо и обратное утверждение, что для маленьких значений регулирующего коэффициента k большее значение придается прошлым торговым периодам. В зависимости от торговой платформы используются разные значения коэффициента. На практике часто используется значение $2/3$ [7]. Для принятия решения и анализа волатильности определяется относительное изменение в процентах этого скользящего среднего за выбранный период.

Ключевым моментом при выборе ТС, используемой разработанным советником, является анализ текущего состояния рынка (боковое или трендовое движение). Для этого торговый робот использует индекс нестабильности рынка (Choppy Market Index, CMI). Индикатор рассчитывает разницу между ценой закрытия последнего бара и ценой закрытия n баров назад. Полученный результат делится на разницу между самым высоким максимумом и самым низким минимумом за эти n баров:

$$CMI = \frac{|P(0) - P(n)|}{P(\max_n) - P(\min_n)} * 100, \quad (3)$$

где $P(0)$ – цена закрытия сделки последнего бара;

$P(n)$ – цена закрытия сделки n баров назад.

Поскольку определенное значение данного показателя еще не гарантирует однозначное поведение рынка для выбора одной из трех стратегий, а также направления торговли, был построен нечеткий регулятор выбора ТС, формирующий результат на основе анализа двух переменных – значения индекса CMI и разности текущего значения цены закрытия сделки и соответствующей цены будущего периода, прогнозируемой нейронной сетью. В качестве входов нечеткого регулятора выбраны лингвистические переменные T_1 (значение индекса CMI) и T_2 (разность текущей и прогнозируемой цен закрытия сделки). Выходной лингвистической переменной является переменная T_3 (применяемая ТС и вариант сделки (покупка или продажа). В результате фазификации лингвистических переменных были получены следующие терм-множества: $T_1 = \{\text{"боковое"}, \text{"переходное"}, \text{"трендовое"}\}$ или в символическом виде $T_1 = \{F, M, T\}$; $T_2 = \{\text{"сильное понижение"}, \text{"понижение"}, \text{"неизменное"}, \text{"повышение"}, \text{"сильное повышение"}\}$ или в символическом виде $T_2 = \{SD, D, N, U, SU\}$; выходная переменная $T_3 = \{\text{"RSI длинная"}, \text{"RSI короткая"}, \text{"ZigZag длинная"}, \text{"ZigZag короткая"}, \text{"ЕМА длинная"}, \text{"ЕМА короткая"}\}$ или в символическом виде $T_3 = \{RL, RS, ZL, ZS, EL, ES\}$.

Построение регулятора осуществлялось в редакторе Fuzzy Logic Editor пакета Matlab. В качестве функций принадлежности использовались кусочно-линейные функции, в основу регулятора были заложены 11 правил выбора стратегии (рис. 4).

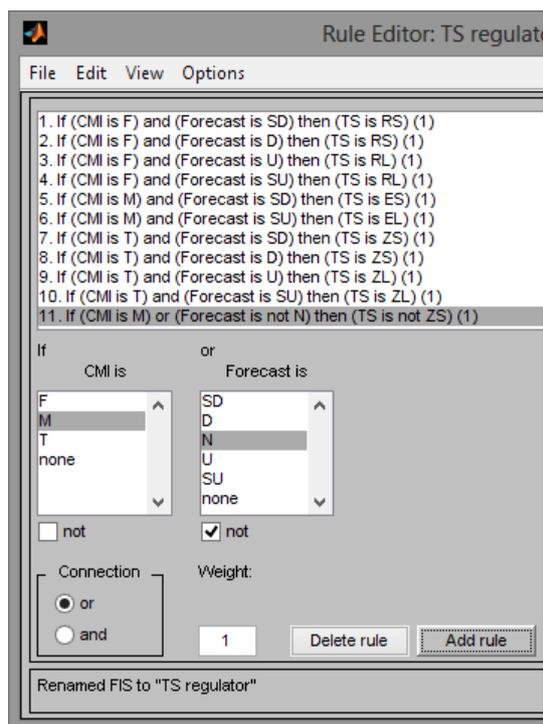


Рисунок 4 – Правила выбора торговой стратегии нечетким регулятором

Применение нечеткого регулятора позволяет выбрать оптимальную стратегию торговли с учетом нечетких значений показателей, характеризующих поведение рынка.

Результаты тестирования торгового советника

Для оценки эффективности и прибыльности созданного торгового советника было проведено его тестирование совместно с шестью наиболее популярных из существующих на данный момент торговых роботов.

Тестирование проводилось на семи рыночных промежутках (1 минута, 5 минут, 15 минут, 30 минут, 1 час, 4 часа, 1 день) на пяти отрезках времени (01-10.02.13, 10-20.02.13, 20.02.13-01.03.13, 01-12.03.13, 12-14.03.13). Для оценки эффективности торговли анализировались показатели чистой прибыли, прибыльности, числа проведенных сделок, процента прибыльных сделок, процента выигрышных коротких позиций и математическое ожидание выигрыша. Сбор статистики производился при помощи Тестера стратегий

платформы MetaTrader 4. Усредненные показатели для пяти серий тестов представлены в табл. 2.

По итогам тестирования большинство советников зарекомендовали себя как убыточные (прибыль не получена, инвестированные средства не возвращены в полном объеме). Исключение составляет торговый робот "X Traider", но он осуществлял всего одну сделку за весь период в 85% случаев, а в оставшееся время не осуществлял торговлю. Несмотря на высокие показатели прибыльности, данный советник не подходит для долгосрочной автоматической торговли.

Похожая ситуация наблюдается при анализе работы торгового советника MACD, установленного в системе MetaTrader 4 по умолчанию. Несмотря на то, что более половины его сделок являются прибыльными (рис. 5), математическое ожидание выигрыша не превышает 0,085% депозита, а сами показатели торговли советника свидетельствуют о его убыточности. В такой ситуации более выгодным является депозитный вклад, чем инвестиции в торговлю на курсе валют.

Таким образом, разработанный советник StudNeuroTraider, хоть и уступает некоторым из протестированных роботов по проценту успешных сделок, но демонстрирует более высокие показатели чистой прибыли. Это свидетельствует о том, что осуществляемый прогноз позволяет более успешно определять точки выхода из торговли и получать высокую прибыль, а нечеткий регулятор выбирает наилучшую стратегию торговли. Поэтому, даже если момент входа был выбран неудачно и сделка ведет к убыткам, она быстро закрывается, не приводя к критическим финансовым потерям.

Результаты тестирования советника на различных рыночных промежутках представлены на рис. 6. Как показано на графике, советник совершает убыточные сделки на минимальном интервале в одну минуту. С увеличением интервала устраняется рыночный шум, точность прогноза растет и повышается эффективность советника. Наилучшие результаты торговли показаны на тридцатиминутном интервале, а также на четырехчасовом. Торговлю на дневном интервале советник не осуществлял, поскольку тестирование проводилось на коротких (не более десяти дней) временных промежутках, которых недостаточно для реализации какой-либо торговой стратегии в дневном разрезе.

Таблица 2. Сводные результаты тестирования торговых советников

Название советника	Чистая прибыль	Прибыльность	Число сделок	% прибыльных сделок	% выигрышных коротких позиций	Мат. ожидание выигрыша
Moving Average	-479,501	0,5853	52,543	19,8934	22,7663	-15,974
Intraday	-5322,71	0,3573	78,743	19,34	19,34	-78,904
MACD	22,63	0,8344	2,7429	60,7486	53,381	8,50886
MACFibo	-259,239	0,61567	36,549	28,1014	29,0034	-6,0217
PSAR	-2700,15	0,5084	200,114	23,286	37,112	-19,096
X Traider	14,8514	10,6	0,857	45,7143	37,1429	14,8414
StudNeiroTraider	840,88	0,9826	1,6857	52,8914	29,5917	610,097

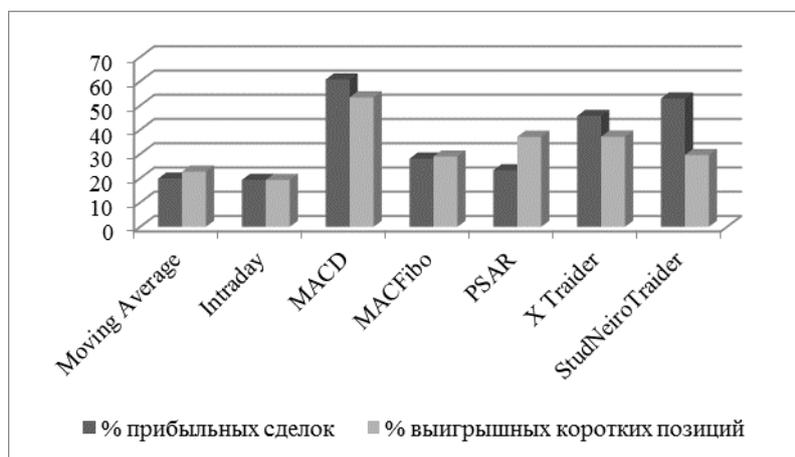


Рисунок 5 – Диаграмма процентов общих успешных сделок и сделок на коротких позициях

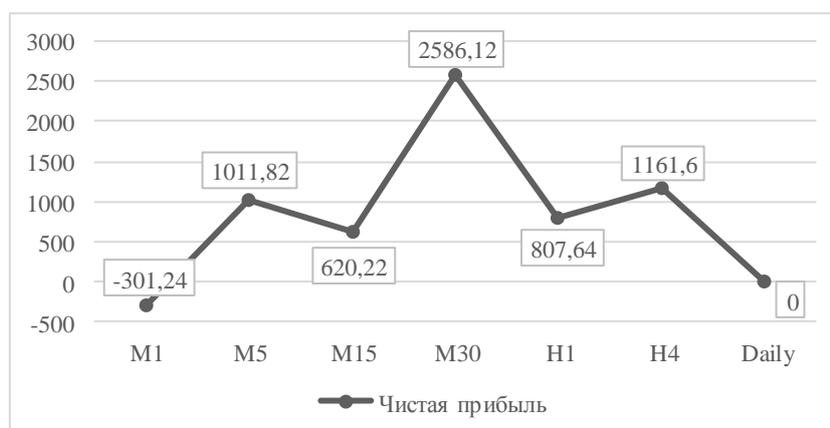


Рисунок 6 – График чистой прибыли советника StudNeiroTraider на различных интервалах

Заклучение

В ходе исследования были выявлены множественные преимущества робота перед человеком в вопросах торговли, а также подтверждено отсутствие достаточно успешных и гибких торговых советников в настоящий момент. Выбраны методы технического анализа, которые необходимо включить в советник. Выделены компоненты, формирующие структуру советника: анализа и прогноза, построения стратегии, управления и торговли. Описаны методы прогнозирования и принятия решений, применяемые в советнике, а также используемые торговые стратегии. Проведенное тестирование советника продемонстриро-

вало его преимущество перед наиболее популярными торговыми роботами, однако выявило его неэффективность на коротких временных промежутках. Также к недостаткам советника было отнесено отсутствие адаптируемости компонента прогноза. Использование самообучающейся нейронной сети может увеличить точность локального прогноза, однако усложняет контроль эффективности получаемого результата перед началом торговли, а также требует от трейдера специфических знаний в области построения нейронных сетей. Дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск возможности устранения выявленных недостатков торгового робота.

Список литературы

1. Лука Корнелиус. Торговля на мировых валютных рынках (Trading in the Global Currency Markets) / К. Лука. – [2-е изд.]. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – С. 21–23.
2. Эрлих А.А. Технический анализ товарных и финансовых рынков - прикладное пособие / А.А. Эрлих. – М: ИНФРА-М, 1996. – 176 с.
3. Вильямс Билл Торговый хаос. Экспертные методы максимизации прибыли / Б. Вильямс. – Лондон: Times Press, 2005. – 143 с.
4. Играть на бирже просто?! / НП "Форекс Клуб". – М: Форекс Клуб, 2003. – 240 с.
5. Бенсигнор Р. Новое мышление в техническом анализе / Р. Бенсигнор. – М: Интернет-трейдинг, 2002. – 304 с.
6. Кан М. Н. Технический анализ / М. Н. Кан. – СПб: Питер, 2003. – 282 с.
7. Стивен Б. Акелис Технический анализ от А до Я (Technical Analysis from A to Z) / С. Акелис. – М.: Диаграмма, 1999. – С. 57-62.

Надійшла до редакції 30.08.2013

С.М. СЕЛЯКОВА, Д.А. ДОМАЩЕНКО

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

АВТОМАТИЗОВАНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ ТОРГІВЛІ НА ВАЛЮТНОМУ РИНКУ

Проведено аналіз існуючих торговельних стратегій та ідентифікаторів торгівлі, сформульовані основні вимоги до розроблюваного торговельного робота, розроблені структура, моделі та алгоритми торговельного робота, досліджено ефективність роботи побудованого торговельного робота.

Ключові слова: порівняльний аналіз, торговельна стратегія, торговельний радник, нейронні мережі, нечіткий регулятор.

S.M. SELIAKOVA, D.A. DOMASHCHENKO

Donetsk National Technical University

AUTOMATED SUPPORT FOR THE PROCESS OF TRADING IN THE FOREIGN EXCHANGE MARKET

This article focuses on the issue of trade automation that is relevant for contemporary foreign exchange market, because existing trading advisors have no ability to consider a sufficiently large number of indicators and make tactical decisions. The main purpose of the research is to build a system that provides effective automated trading with minimal human intervention. To achieve this goal the existing works in this area have been analyzed, the strengths and weaknesses of the existing models have been highlighted, the structure of the advisor has been developed and described, the models and methods ensuring the functioning of its components have been constructed. As a predictive tool we built a neural network that predicts the closing price of the transaction in two days. Trading advisor implements various trading strategies depending on the behavior of the market – flat or trend schedule movement. The choice of trading strategy is implemented using a fuzzy controller. Testing of the developed advisor confirmed its high efficiency, and revealed some disadvantages to be overcome in future studies, such as inefficiency in short periods and lack of adaptability of the forecast component.

Keywords: comparative analysis, trading strategy, trading advisor, neural networks, fuzzy controller.