

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра Математического и компьютерного моделирования

Использование искусственного интеллекта для принятия решений

на валютном рынке

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 247 группы

направление 09.04.03 — Прикладная информатика

механико-математического факультета

Софронова Дмитрия Сергеевича

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н., доцент

С.П. Шевырев

Зав. кафедрой
зав. каф., д.ф.-м.н., доцент

Ю.А. Блинков

Саратов 2023

Введение. Основной целью работы является исследование автоматизированной торговой системы с использованием методов искусственного интеллекта и технического анализа.

Подцели дипломной работы, которые должны способствовать достижению главной цели, включают:

- Выбор правильного брокера;
- Выбор подходящих валютных пар;
- Разработка стратегии с использованием искусственного интеллекта и технического анализа.

Работа разделена на три части. Первая часть - теоретическая основа работы, вторая - анализ текущей ситуации и третья - фактическое предложение решения.

В первой части, которая касается теоретической разработки основы для дальнейшего решения работы, в основном рассматривается теория, из которой в дальнейшем опираюсь в анализе текущего состояния ситуации, а также в собственном предложении решения. В основном это касается объяснения теоретических концепций, касающихся трейдинга, финансовых рынков (акцент на валютном рынке), технического анализа, нечеткой логики, искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмов.

Второй раздел работы посвящен выбору брокера и валютных пар. Здесь применяются методы нечеткой логики для выбора подходящего брокера, применяется кластеризация с помощью SOM валютных пар по сходству.

Третья часть посвящена собственно проектированию решения и обработке реальной автоматизированной торговой системы. Формируется стратегия с использованием индикатора Heiken Ashi и нейронных сетей, созданных с помощью библиотеки FANN (fann2mql), применяемой в МТ4.

Автоматизированная торговая система. Автоматизированная торговая система, сокращенно AOS или эксперт-советник (она также использует множество других названий, таких как программа для алгоритмической торговли, ATS и т.д.), представляет собой программу, которая может автоматизировать торговые стратегии на основе заранее определенных условий входов и выходов с рынка.

Преимущества полностью автоматизированной AOS:

- Обратное тестирование;
- Нулевой человеческий фактор;
- Гибкость во времени;

Недостатки полностью автоматизированной AOS:

- Неспособность реагировать на неожиданные ситуации;
- Отсутствие человеческого чутья к бизнесу (интуиция).

Технический анализ. Технический анализ является одним из самых популярных методов, используемых для того, чтобы проанализировать рынок как таковой и прийти к правильному прогнозированию направления курса (акций, валют) на рынке, чаще всего в ближайшем будущем, поскольку технический анализ берется как анализ краткосрочный. С помощью технического анализа мы отвечаем на вопрос о том, когда следует входить в торговую позицию, а когда, наоборот, нет. Исторические, а также текущие данные о развитии движения отдельных обменных курсов в любой рыночной среде, где мы хотели бы торговать, используются для составления этого правильного прогноза. Таким образом, это не анализ каких-либо макроэкономических данных или аналогичной среды - для этого служит фундаментальный анализ.

При создании технического анализа используются графические анализы, когда различные виды графиков формируются на основе временных рядов и анализа исторических тенденций или по-разному создаются изображения в соответствии с полученной таким образом информацией. Кроме того, широко используются так называемые технические индикаторы.

Нейронные сети. Искусственный интеллект (ИИ) относится к системам и машинам, которые способны имитировать человеческое мышление – например, способность учиться, творчески мыслить, рассуждать и развиваться с течением времени – одной, но, безусловно, несовершенной формой этого интеллекта являются именно искусственные нейронные сети.

Искусственная нейронная сеть работает на основе биологии человека, а именно на принципе нервной системы, и поэтому уже понятно, почему выбрано название neuron, как важнейший элемент как искусственных, так и естественных нейронных сетей. Однако искусственную нейронную сеть можно сравнить с биологической лишь очень кратко, поскольку искусственная

намного проще и не так сложна. Нейронные сети используются там, где высокую роль в создании процессов формируют случайные явления, и в то же время там, где совпадения не играют такой роли, принятие решений настолько сложно, что мы не можем адекватно идентифицировать и анализировать эффекты. Модель нейронной сети работает в двухфазном режиме, на начальном этапе система учится на введенных входных данных и пытается их понять. Во второй части система уже научилась правильно идентифицировать эти входные данные и пытается использовать их для прогнозирования других выходных данных.

Искусственная нейронная сеть всегда состоит из определенных слоев этой модели (многослойная модель нейронной сети). В большинстве случаев, применимых к реальным задачам, этих уровней три: входной, скрытый и выходной. Для этих слоев важно определить количество нейронов в каждом слое, а также важно определить способ, которым эти нейроны связаны между собой посредством функций активации передачи.

В соответствии с рисунком 1 можно увидеть модель нейронной сети. Когда X обозначает отдельные входы в сеть, которые впоследствии взвешиваются весами w , пороговое значение вычитается, и функция активации преобразует сигнал в выходной сигнал, помеченный Y .

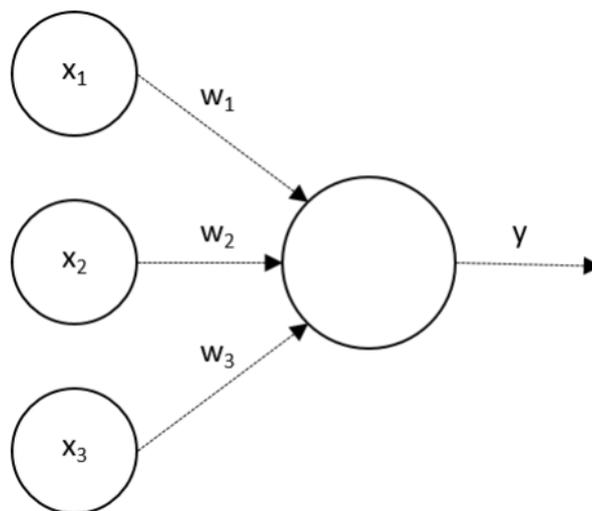


Рисунок 1 — Простая модель нейронной сети

Презентация библиотеки FANN. Библиотека Fann (библиотека быстрых искусственных нейронных сетей) - это библиотека с открытым исходным кодом, которая используется для создания полностью пригодных для использования многослойных нейронных сетей, которые могут использоваться для общего использования с поддержкой более двадцати языков программирования. Библиотека как таковая создана на языке Си. Эта библиотека была создана Штеффеном Ниссенем в 2003 году, поскольку к разработке присоединились многие члены сообщества, а поскольку Fann лицензируется под лицензией GNU, возможность внесения изменений со стороны сообщества вполне возможна и поддерживается.

Среди полезных языков программирования, которые можно использовать и которые довольно часто также используются с этой библиотекой, - PHP, Python, Ruby, Go, C#, Java, C++, JavaScript, R, MATLAB, Delphi и многие другие.

Как упоминалось ранее, Fann обладает способностью поддерживать большое количество языков программирования, включая язык mql 4, на котором будет вестись работа. Эта библиотека-оболочка под названием fann2mql, которая будет использоваться, была создана Мариушем Волошиным. Для работы с ним необходимо загрузить и установить всю созданную библиотеку в соответствующую папку с MetaTrader 4.

Описание стратегии. Система работает таким образом, что сначала формируется нейронная сеть, а затем, когда автоматическая торговая система перестает функционировать, она сохраняется в виде файла .NET в предварительно созданной папке, которую можно указать в коде программы. Из этого файла нейронная сеть позже загружается и используется для фильтрации открытия торговых позиций. Таким образом, создаются две торговые системы, одна для хранения нейронной сети (heikenashinnsave), а другая для ее последующего использования (heikenashinnload).

Программа heikenashinnsave использует функции из библиотеки fann2mql для создания нейронной сети, а именно f2m create standard для создания нейронной сети, как уже упоминалось, затем f2m train для изучения сети и, наконец, f2m save для сохранения сети в разделе deinit для завершения работы

торговой системы, где также используется f2m destroy, благодаря к которому так называемый сетевой обработчик удаляется из памяти компьютера.

Программа heikenashinnload используется для загрузки созданной нейронной сети, и здесь используются следующие функции из библиотеки fann2mq1: f2m create from file для создания сети из созданного файла .NET, f2m run для запуска сети, f2m get output для получения выходных данных из сети, и, наконец, сетевой обработчик в соответствии с рисунком 2:

```
for(i=0;i<num_networks;i++){  
    OutputArray[i] = run_output(neuralArray[i],normalize);  
}
```

Рисунок 2 — Запуск сети и получение выходных данных

Фактическое открытие позиций основано на индикаторе Heiken Ashi. Если значение открытия этого индикатора выше значения закрытия и в, то же время установленный фильтр (полученный с помощью тестера стратегий) выше, чем выход из данной загруженной сети, то открывается короткая позиция. И если произойдет обратное (Heiken Ashi откроется ниже, чем Heiken Ashi закроется), то откроется длинная позиция.

Обзор стратегии. Для правильного использования предварительно необходимо оптимизировать значения стоп-лосса и тейк-профита нейросетевой системы хранения. Оптимизировано в период с 07.04.2019 по 07.04.2022, т.е. период в три года, что должно быть достаточным сроком для правильного изучения сети.

Оптимизация значений происходит с помощью встроенного в MetaTrader 4 тестера стратегий, который работает на основе генетического алгоритма и ищет наиболее подходящее решение. Выбрано начальное значение 100 для оптимизации SL и TP, так как более низкие значения могут привести к перенасыщению системы, что будет означать, что система будет хорошо работать на исторических данных, на которых она оптимизирована, но, скорее всего, будет работать намного хуже на реальных данных. Шаг, который указывает, насколько изменятся начальные значения, установлен на 5. Окончательное значение, за которым оптимизация уже не будет происходить, установлен на

1000. Установлен спред на текущее значение, которое было на момент оптимизации 12.

После этой оптимизации итоговое значение стоп-лосса равно 100, а тейк-профита равно 180, что обеспечивает чистую прибыль в размере 2494 долларов. С системой, настроенной таким образом, запустим AOS под названием HeikenAshiNNsave в тот же период времени, который создаст два файла .NET с конфигурацией нейронной сети для длинных позиций и коротких позиций в предварительно созданной папке.

Далее переходим ко второй системе HeikenAshiNNload, где оптимизируем значения для Filter1 и Filter2 в одном и том же временном интервале (с 07.04.2019 по 07.04.2022), что должно отфильтровать плохие сделки. Переменные оптимизации следующие: начало установлено на -1, шаг установлен на 0,00005, что должно охватить достаточно большое пространство (5 знаков после запятой), а конечное значение оптимизации установлено на +1, так как выходы сети не будут иметь значение, отличное от диапазона от -1 до +1. Сначала оптимизирован Filter1 с выключенным Filter2 и, опасаясь переучиться, ищем фильтр, который не фильтрует все торговые позиции в лонг, но и не оставляет их все. Поэтому ищем самый прибыльный фильтр, который не фильтрует все сделки с одной стороны. Если выбрана самая прибыльная модель, то обычно происходит то, что все сделки полностью отменяются либо на лонге, либо на шорте, что определенно приведет к переобучению, и мы в основном хотим, чтобы система работала правильно на данных, которые она не видела. Затем та же процедура используется для получения Filter2.

Результирующие фильтры выглядят следующим образом: Filter1 = -0,01625 и Filter2 = -0,6091. С настроенными таким образом фильтрами можно протестировать автоматическую торговую систему на тех же исторических данных и, таким образом, выяснить, правильно ли она работает. А также выяснить, создала ли нейронная фильтрация более прибыльную торговую систему по сравнению с ее использованием без данной фильтрации или нет.

Результаты за период с 07.04.2019 по 07.04.2022, который, таким образом, является анализом проб, можно увидеть в соответствии с рисунком 3.

	Без фильтра	С фильтром
Начальный депозит	\$10 000,00	\$10 000,00
Filtr1 (Лонг)	нет	-0,01625
Filtr2 (Шорт)	нет	-0,6091
Стоп лосс	100	100
Тейк профит	180	180
Валовая прибыль	\$20 358,00	\$12 384,00
Убыток	\$17 864,00	\$7 515,20
Общая чистая прибыль	\$2 494,00	\$4 868,80
Фактор прибыли	1,14	1,65
Всего транзакций	435	215
Короткие позиции	219	4
Прибыльные короткие позиции %	32,88%	25%
Длинные позиции	216	211
Прибыльные длинные позиции %	51,39%	51,66%
Всего прибыльных сделок	183	110
Всего убыточных сделок	252	105

Рисунок 3 — Полученные результаты при анализе проб (EUR/USD)

В соответствии с рисунком 3, видно, что фильтрация с помощью нейросети работает достаточно хорошо. Общее количество сделок уменьшилось на 220 торговых позиций. Поскольку короткие позиции были прибыльными только в 32,88% случаев, фильтр сократил наши короткие позиции с 219 до всего 4 коротких позиций (но все же 3 из этих 4 позиций были убыточными). Длинные позиции изначально были прибыльными более чем в 50% случаев, общее количество длинных позиций уменьшилось с 216 до 211, а их процент успешных сделок — с 51,39% до 51,66%. Также видно большое изменение коэффициента прибыли, который увеличился с 1,14 до 1,65, что является очень многообещающим увеличением.

Оценка предлагаемой стратегии. Важно также отметить, что для всех протестированных валютных пар обучение сети дало следующие результаты значения MSE (средняя квадратичная ошибка) с помощью функции из библиотеки FANN под названием f2M_get_MSE, которые варьировались от 0,05 до приблизительно округленных значений около 0,3, причем в большинстве случаев обучение происходило в диапазоне от 0,15 - 0,18. Для MSE, чем меньше число, тем лучше сеть обучается на данных примерах, что означа-

ет, что чем меньше число, тем лучше, но это не то, что необходимо, чтобы оно было равно 0, потому что это означает, что сеть может применять свои знания непосредственно к ситуации, которая возникла в процессе обучения, но ей уже будет трудно применять их к данным, с которыми она раньше не сталкивалась.

С точки зрения чисто экономической оценки, вполне предсказуемо, что созданная система показала лучшие результаты на тех данных, на которых она была оптимизирована - и во всех случаях прибыльно, с использованием нейронной фильтрации. Самой результативной валютной парой в данном случае оказалась пара канадского доллара и японской иены, где автоматизированная торговая система получила прибыль \$8124,37. При анализе на выборке система во всех случаях показала лучшие результаты с использованием нейронной сети, чем без нее, причем довольно значительно в соответствии с рисунком 4.

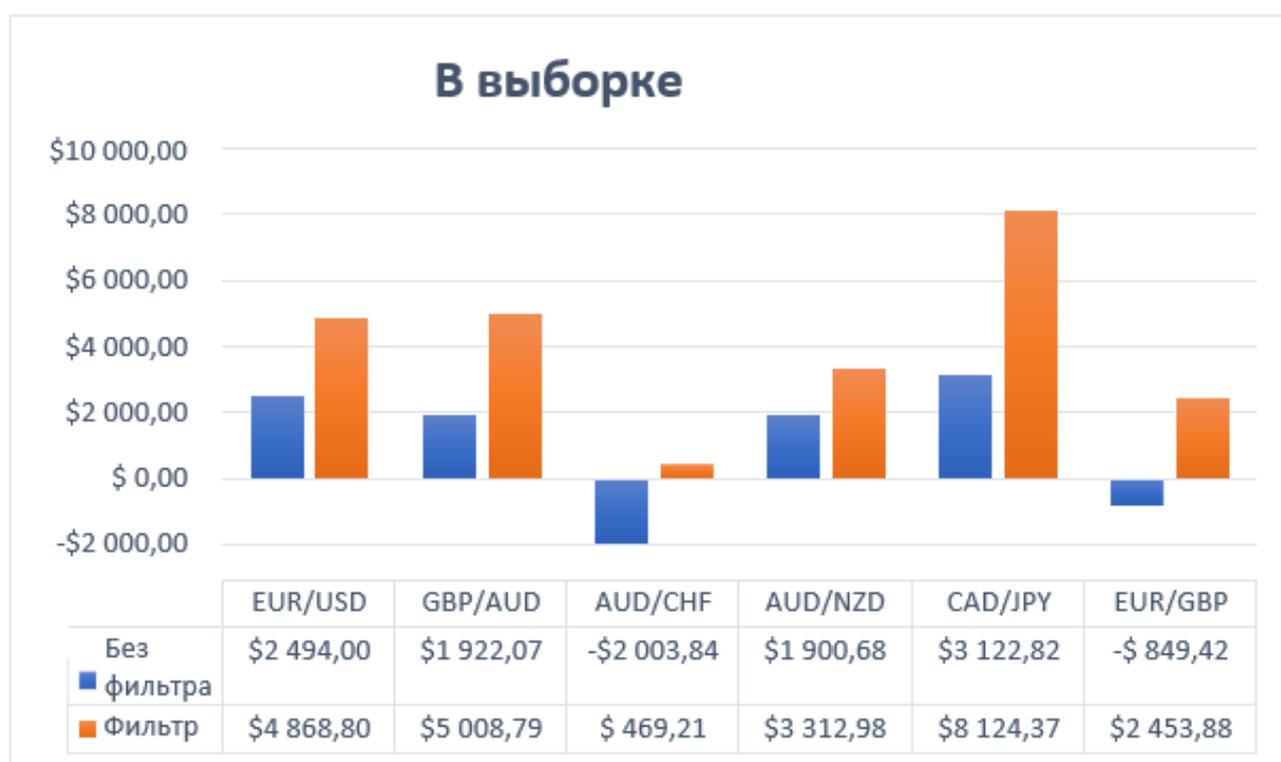


Рисунок 4 — Результаты с фильтрацией в выборке

На предыдущем графике можно увидеть сводку фактических достижений в анализе в выборке с нейронной фильтрацией и без нее. Таким образом, видно, что использование нейронной сети работает и имеет свою ценность,

по крайней мере, при настройке анализа в выборке, поскольку все результаты улучшились после использования нейронной фильтрации, а некоторые (например, GBP/AUD или CAD/JPY) почти в три раза. Тем не менее, таких результатов следовало ожидать, поскольку это бэктестинг на данных, на которых AOS была оптимизирована и обучена, и поэтому эти данные не обязательно представляют реальность, которая произошла бы, если бы мы использовали систему в реальной торговле.

С другой стороны, бэктестирование вне выборки должно дать более высокую оценку качества и возможностей разработанной автоматизированной торговой системы и используемой стратегии, поскольку система не видела заранее исторических данных, используемых таким образом, и поэтому должна реагировать на них так, как она реагировала бы в реальной торговле в соответствии с рисунком 5.

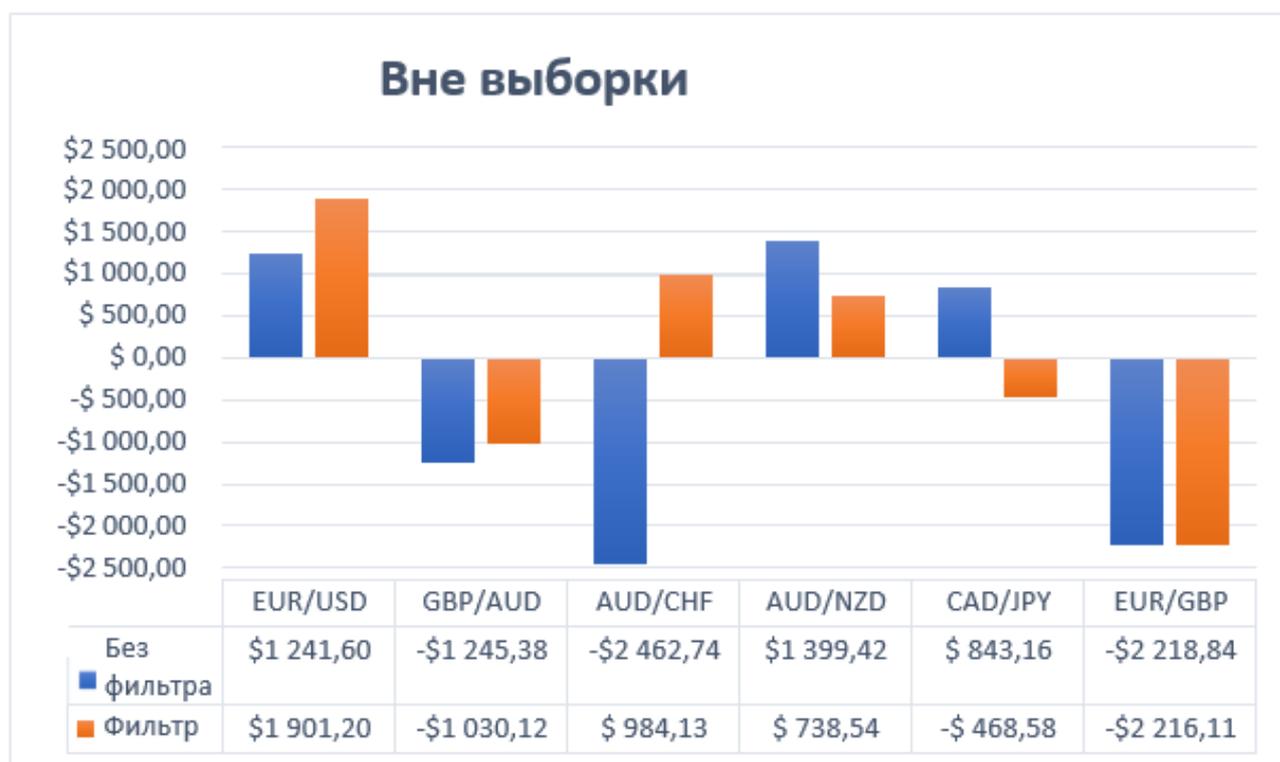


Рисунок 5 — Результаты с фильтрацией вне выборки

Из результатов общего анализа вне выборки видно, что в четырех из шести случаев система работала лучше с нейронной сетью, чем без нее. Таким образом, в двух из этих шести случаев она показала лучшие результаты без использования фильтров. Интересно, что одной из этих пар, где система по-

казала худшие результаты, является валютная пара CAD/JPY, которая при анализе в выборке получила прибыль в размере более \$8000 с использованием нейронной сети, но имела убыток в размере \$468,58 на неоптимизированных данных с использованием сети - это может быть связано с тем, что данная нейронная сеть, вероятно, переобучалась в процессе обучения и поэтому не показала хороших результатов на данных, которые система не имела возможности узнать заранее. Другая валютная пара, которая показала худшие результаты при использовании фильтрации, - AUD/NZD, но в отличие от CAD/JPY она была прибыльной в обоих случаях. Важно отметить, что анализ вне выборки проводился на данных с 4 июля 2022 года по 30 марта 2023 года, то есть чуть меньше девяти месяцев. Поскольку результаты показывают, что если система хорошо работала без фильтров, то с ними она работала немного хуже (за исключением EUR/USD), но если она плохо работала без нейросети, то с ней она впоследствии работала лучше. Поэтому было бы интересно подольше проследить за анализом вне выборки, чтобы увидеть, сработает ли нейронная сеть и отсеет ли она многие неудачные сделки. В целом, можно оценить результаты предложенной стратегии как в основном положительные и рекомендовал бы торговать с ее помощью на валютной паре EUR/USD, где результаты были высокого качества, как при бэктестировании на выборке, так и вне выборки.

Заключение. Данная работа была посвящена комбинированной проблеме трейдинга, технического анализа и искусственного интеллекта. Основной целью работы было создание автоматической торговой системы для валютного рынка с использованием методов технического анализа и использования принципов искусственного интеллекта.

Нейронная сеть была обучена на данных с 4 июля 2019 года по 4 июля 2022 года, поэтому эти данные также использовались для анализа в выборке. Система также была протестирована во вневыборочном анализе на данных с 4.7.2022 по 30.3.2023 г. Тестирование также было разделено на систему без использования нейронной сети и использование нейронной сети - в основном для того, чтобы увидеть, как работает нейронная сеть и насколько хорошо она работает. При анализе на выборке результаты с использованием нейронной фильтрации были превосходными, всегда лучше, чем при использовании

только SL и TP. При анализе на выборке результаты использования нейронной сети также всегда были прибыльными. После бэктестинга вне выборки результаты в большинстве случаев также были лучше при использовании нейронной сети, чем без нее. Однако они были хуже, чем при анализе на выборке, чего и следовало ожидать. Поэтому система практична и может быть использована на валютном рынке. Рекомендуется оптимизировать значения тейк-профита и стоп-лосса системы по крайней мере раз в несколько месяцев, а также периодически переобучать нейронные сети, чтобы поддерживать автоматизированную торговую систему в актуальном состоянии. Таким образом, созданная АОС может быть использована компаниями, готовыми взять на себя риск, связанный с торговлей на финансовых рынках, предпринимателями, инвестиционными компаниями, хедж-фондами и т.д., для повышения стоимости своего финансового капитала.