

УДК 004.9

В.А. Рыбак, Х.М. Сулайман

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА РЫНКЕ ФОРЕКС

Предлагается технология интеллектуальной поддержки принятия решений на рынке Форекс, включающая алгоритмы формирования торговых сигналов, правила формирования обучающей выборки с учетом технических индикаторов, имеющих наибольшую корреляционную связь с ценой, а также метод снижения количества убыточных сделок. Последний базируется на анализе волновой структуры рынка, при этом начало цикла (волну номер один) предлагается идентифицировать с применением осциллятора Билла Вильямса (Awesome oscillator). Описывается технологическая цепочка построения нейронечеткой модели с использованием пакета Matlab.

Введение

Международный валютный рынок Форекс существует уже более 35 лет, ежедневный оборот на нем превышает 4 трлн долл. США. Вместе с тем стратегии и тактики прибыльной работы на данном рынке меняются довольно часто. Развитие современных вычислительных средств и программного обеспечения позволяет использовать новейшие информационные технологии для повышения качества работы трейдеров и снижения субъективизма в принятии решений.

Существующие на сегодняшний день механические торговые системы (МТС) основываются, как правило, на одном или нескольких технических индикаторах и редко используют элементы искусственного интеллекта. Те немногочисленные решения, которыми оперируют нейронные сети и генетические алгоритмы, отличаются сложностью настройки, обучения и тестирования, что делает их непригодными для использования широким кругом пользователей.

В англоязычном сегменте научных публикаций данному вопросу уделяется большое внимание, так как он актуален для многих тысяч трейдеров, зарабатывающих на рынке Форекс. Однако в Республике Беларусь практически полностью отсутствуют научные работы по данному вопросу.

Исследованиями указанных вопросов занимались А. Элдер, Т.Р. Демарк, А.А. Куликов, С.Б. Акелис, С. Половицкий и др. [1–8]. Вместе с тем разработка методов и технологий поддержки принятия решений на рынке Форекс с использованием элементов искусственного интеллекта остается важной научной проблемой мирового уровня.

1. Искусственные нейронные сети как инструмент интеллектуальной поддержки принятия решений

Идея исследований заключается в том, чтобы использовать искусственные нейронные сети (ИНС) в качестве инструмента интеллектуальной поддержки принятия решений на рынке Форекс, т. е. сформировать репрезентативную обучающую выборку, которая бы позволила ИНС прогнозировать изменения курсов валют исходя из некоторых входных параметров.

Для получения реальных хронологических данных об уровне цен на валютном рынке была использована наиболее распространенная торговая платформа – MetaTrader версии 4. В качестве валютной пары на основании наибольшего объема осуществляемых сделок была выбрана пара «доллар США – евро». Временной интервал графиков торговли может быть любым, но с учетом волатильности предпочтительнее выглядит среднесрочная стратегия на четырехчасовых графиках.

С помощью встроенных функций программы MetaTrader была сформирована история котировок за прошедший период в виде отдельного файла. Записями в нем являются строки, состоящие из даты и времени котировки, значений открытия, максимума, минимума и закрытия интервала, а также объема торгов.

Для обработки полученной информации был разработан алгоритм, который позволил выделить точки входа в рынок – сигналы на покупку либо продажу. Идея алгоритма следующая: просматривая изменения цен с текущего момента на несколько периодов вперед, определяется максимальное отклонение вверх либо вниз. При этом, если движение превысило уровень допустимого риска в обе стороны, подается сигнал «ноль» – находится вне рынка. Если положительное отклонение больше отрицательного – сигнал на продажу (1), меньше – на покупку (-1). Таким образом сформированный массив является последовательностью торговых сигналов и используется при обучении ИНС в качестве выходных параметров.

Для выделения входных параметров предложено провести анализ существующих технических индикаторов на предмет степени их связи с ценой. С этой целью был проведен корреляционный анализ между наиболее распространенными техническими индикаторами, используемыми трейдерами, и сформированным рядом торговых сигналов. Результат представлен в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между значениями ряда торговых сигналов и индикаторами

Обозначение индикатора	Название индикатора	Коэффициент корреляции
MACD	Схождение/расхождение скользящих средних (Moving Average Convergence/Divergence)	-0,0795
MACD signal	Сигнальная линия MACD	-0,1065
MACD-signal	Разность между MACD и сигнальной линией	0,0734
AC	Технический индикатор ускорения/замедления (Acceleration/Deceleration)	
AD	Индикатор накопления/распределения (Accumulation/Distribution)	-0,2610
Alligator	Аллигатор (Bill Williams' Alligator)	-0,3116
Gator	Гатор осциллятор (Gator Oscillator)	0,0788
ADX	Индекс среднего направления движения (Average Directional Movement Index, ADX)	0,1072
ATR	Средний истинный диапазон (Average True Range, ATR)	0,0055
AO	Замечательный осциллятор Билла Вильямса (Awesome Oscillator, AO)	-0,0316
BearsPower	Индикатор медвежьей силы	-0,0164
Bands	Полосы Боллинджера (Bollinger Bands®, BB)	-0,2950
BullsPower	Индикатор бычьей силы	-0,0057
CCI	Индекс товарного канала (Commodity Channel Index, CCI)	-0,0312
DeMarker	Индикатор Демарка (DeMarker, DeM)	-0,0600
Envelopes	Индикатор Огибающие линии (Конверты, Envelopes)	-0,3114
Force	Индекс силы (Force Index, FRC)	0,0087
Ichimoku	Индикатор Ишимоку Кинко Хайо (Ichimoku Kinko Hyo)	-0,2783
MFI	Индекс денежных потоков (Money Flow Index, MFI)	0,0076
OsMA	Индикатор скользящей средней осциллятора (Moving Average of Oscillator)	0,0734
SAR	Параболическая система SAR (Parabolic SAR, Stop & Revers)	-0,2963
RSI	Индекс относительной силы (Relative Strength Index, RSI)	-0,0845
RVI	Индекс относительной бодрости (Relative Vigor Index, RVI)	-0,0636
StdDev	Стандартное отклонение (Standard Deviation, StdDev)	-0,0112
Stochastic	Стохастический осциллятор (Stochastic Oscillator)	-0,0179
WPR	Технический индикатор Процентный диапазон Вильямса (Williams' Percent Range, %R)	-0,0371

Из табл. 1 видно, что наибольший по модулю коэффициент корреляции имеют следующие индикаторы: AD, Alligator, Bands, Envelopes, Ichimoku и SAR.

Вместе с тем проведенные исследования показали, что хотя в чистом виде скользящая средняя (MACD signal) имеет невысокую степень связи, разность этого индикатора с различными временными параметрами очень сильно коррелирует со значениями торговых сигналов. В результате анализа были определены наиболее подходящие значения для данного параметра: 140 и 120.

Для определения тех индикаторов, значения которых будут использованы в качестве входных параметров нейронной сети, исследуем корреляционную связь их значений на графиках различных временных периодов (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции для выбранных индикаторов на различных таймфреймах

Период, ч	AD	Alligator	Bands	Envelopes	Ichimoku	SAR	MA140-MA120
1	-0,1887	-0,4013	-0,3804	-0,4119	-0,4214	-0,4307	0,2721
4	-0,2611	-0,4638	-0,4694	-0,4884	-0,4715	-0,4439	0,5867
24	0,1122	-0,3219	-0,1819	-0,5647	-0,4128	-0,3114	0,5799

Анализируя представленные в табл. 2 данные, необходимо отметить изменение знака у индикатора AD на дневном графике. Этот факт требует исключения его из перечня индикаторов, значения которых будут в дальнейшем использованы для формирования обучающей выборки и поддержки принятия решений. Для остальных индикаторов сильная статистическая связь их значений с торговыми сигналами сохранилась. При этом с учетом размера выборки ($N = 1000$) и критических значений коэффициента корреляции (0,1460) величина ошибки p составляет 0,001, т. е. с вероятностью 99,9 % выявленные связи являются статистически значимыми.

Так, обучающая выборка для нейронной сети будет состоять из семи рядов, первые шесть из которых будут являться входными параметрами, а седьмой – рядом торговых сигналов.

Для максимизации получения прибыли и снижения рисков алгоритм формирования торговых сигналов был модифицирован. По-прежнему в качестве исходных данных используется ретроспективный ценовой ряд, но на выходе алгоритм предлагает максимальное значение отклонения от текущей цены в пунктах за предстоящие несколько периодов (изменяемый параметр). При этом отрицательное значение говорит о возможности открытия позиции на покупку с уровнем дохода в указанное количество пунктов, положительное значение – о продаже.

Для построения нейронечеткой системы воспользуемся пакетом Matlab, предоставляющим возможность проектировать нейронные сети и работать с нечеткими множествами. Для примера сформируем текстовый файл с тремя рядами: первые два – значения технических индикаторов (Envelopes и MA140-120), имеющих наибольший коэффициент корреляции (согласно табл. 2 период составляет 4 ч); третий – торговые сигналы, полученные в результате выполнения модифицированного алгоритма.

После настройки системы ошибка обучения составляет 123,6. Если увеличить число вершин второго уровня сети с трех до пяти, а количество циклов обучения установить равным 50, то ошибка обучения снизится до 104,5.

Как показали проведенные исследования, в среднем соотношение прибыльных сделок к убыточным при использовании описанной технологии составляет семь к трем.

Таким образом, предложена технология создания и использования нейронечеткой системы для поддержки принятия решений на валютном рынке. При этом точность разработанной модели превосходит точность линейной и квадратичной регрессий.

На рис. 1 показан пример использования нейронечеткой модели для получения прогноза изменения валютного курса.

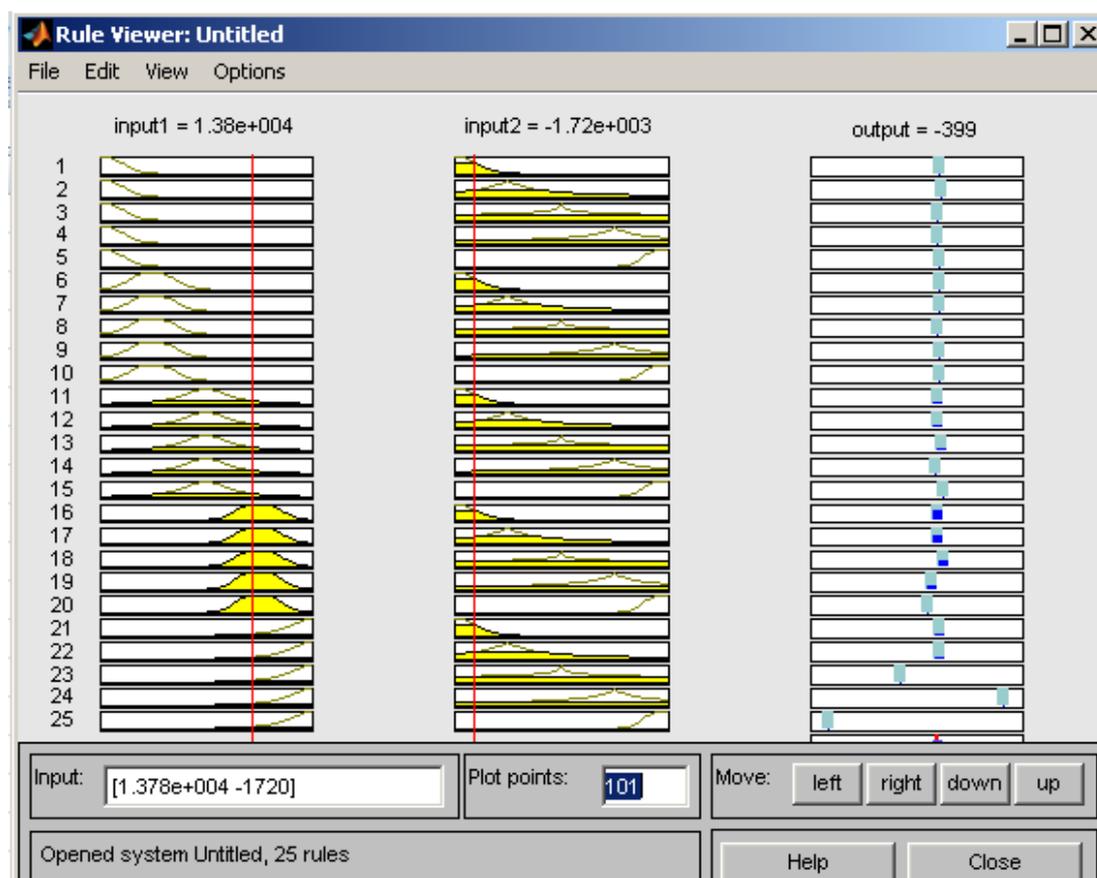


Рис. 1. Получение прогноза от нейронечеткой модели

2. Технология снижения количества убыточных сделок на основании волновой структуры рынка

Для дальнейшего снижения количества убыточных сделок предложена соответствующая технология. Суть ее заключается в том, что генерируемые механической торговой системой сигналы на открытие сделки должны фильтроваться по определенным правилам. Наиболее оправданным для этих целей является применение теории Эллиотта, в соответствии с которой все движение на рынке Форекс представляет собой набор волн, при этом каждая отдельная волна полного цикла, в свою очередь, является полным циклом более низкого уровня (временного диапазона) [2]. Для использования данной теории в работе МТС необходимо, определив структуру волн, выделить точки, наиболее благоприятные для входа в рынок. Этой проблеме посвящены работы С. Половицкого, который существенно продвинул классическую теорию Эллиотта и адаптировал ее для современных условий Форекса [5].

С. Половицкий выделяет несколько точек, по которым вход в рынок представляется наиболее целесообразным: первая точка – после окончания предполагаемой четвертой волны, вторая – в предполагаемой второй волне, третья – вход в третью подволну третьей волны, четвертая – в удлинение третьей волны, пятая – после формирования пятой волны и шестая – у основания предполагаемой третьей волны. При этом вход в третью подволну третьей волны означает, что по текущему временному диапазону была идентифицирована третья волна, при этом сама волна по таймфрейму более низкого порядка также сформирована тремя волнами.

Для использования выделенных точек в процессе торговли необходимо автоматизировать разметку рынка на основании волновой теории. Как справедливо отмечает С. Половицкий, существующий инструментарий делает это недостаточно точно. Поэтому авторами был предложен новый подход, призванный повысить адекватность определения волновой структуры, одним из основных отличий которого является использование осциллятора АО для иден-

тификации первой волны. При этом, если индикатор АО пересекает нулевую линию, образуя бугорок, можно говорить, что это первая волна на рассматриваемом таймфрейме (рис. 2).

С учетом вышеизложенного был разработан алгоритм определения волновой структуры валютного рынка, который предусматривает следующие шаги:

1. История котировок (цена закрытия каждого бара) заносится в массив A .
2. Путем просмотра элемента массива A формируется новый массив B , элементы которого равны текущему экстремуму.

3. Новый импульс регистрируется, если по отношению к предыдущему он составляет 30 % и более. Данный параметр определяет чувствительность алгоритма и может быть изменен.

4. Для повышения адекватности определения волновой структуры рынка необходимо предусмотреть, чтобы каждая последующая волна была по направлению противоположна предыдущей. Это реализуется специально введенным флагом.

5. Каждая волна, построенная на основании массива B и имеющая на своем протяжении меньший по модулю заданного параметра с пересечением нулевой линии перепад значений индикатора АО, объявляется первой, а две следующие правее – второй и третьей.

Применение данного алгоритма позволяет автоматизировать процесс анализа волновой структуры рынка с целью выделения наиболее предпочтительных точек заключения сделок.

Таким образом, проведенный анализ позволил выделить шесть наиболее предпочтительных точек входа в рынок с учетом волновой структуры. При этом наиболее предпочтительными представляются точки, расположенные на третьей волне.



Рис. 2. Пример использования индикатора АО для идентификации первой волны

Разработанный инструментарий изображен на рис. 3.



Рис. 3. Технологическая цепочка интеллектуальной поддержки принятия решений на рынке Форекс

Для демонстрации результативности предложенного инструмента приведен график доходности (рис. 4) с начала 2014 г. по валютной паре «Английский фунт – доллар США» (четырёхчасовой период). Из графика видно, что за 12 совершенных сделок торговый советник увеличил начальный депозит с 10 000 до 11 281 долл. США.



Рис. 4. График доходности начиная с 2014 г.

Заключение

В статье предложены два алгоритма формирования торговых сигналов. Результатом работы первого являются атрибутивные сигналы трех видов: покупка, продажа, вне рынка. Модифицированный второй алгоритм позволяет рассчитать ожидаемое изменение цены с указанием количества пунктов в сторону роста либо убыли цены.

Выделены шесть технических индикаторов (Alligator, Bands, Envelopes, Ichimoku, SAR и MA140-MA120), значения которых статистически значимо (величина ошибки $p < 0,001$) связаны с торговыми сигналами.

Предложена технология создания и использования нейронечеткой системы для поддержки принятия решений на валютном рынке. При этом точность разработанной модели превосходит точность линейной и квадратичной регрессий.

Выделены шесть наиболее предпочтительных точек входа в рынок с учетом волновой структуры. При этом наиболее подходящими представляются точки, расположенные на третьей волне.

Разработан алгоритм определения волновой структуры валютного рынка, отличающийся использованием для определения первой волны технического индикатора АО.

Предложен метод уменьшения количества ложных сигналов механических торговых систем, который применяет алгоритм идентификации валютного рынка, позволяющий достичь соотношения количества прибыльных сделок к убыточным на уровне восемь к двум.

Список литературы

1. Элдер, А. Как играть и выигрывать на бирже / А. Элдер. – М. : Диаграмма, 2001. – 352 с.
2. Демарк, Т.Р. Технический анализ – новая наука / Т.Р. Демарк. – М. : Диаграмма, 1999. – 288 с.
3. Куликов, А.А. Форекс для начинающих / А.А. Куликов. – СПб. : Питер, 2006. – 384 с.
4. Акелис, С.Б. Технический анализ от «А» до «Я» / С.Б. Акелис. – М. : Диаграмма, 1999. – 234 с.
5. Половицкий, С. Логика движения валютных пар / С. Половицкий. – СПб. : Питер, 2014. – 304 с.
6. Ефремов, В.А. Финансовый инжиниринг на рынке опционов / В.А. Ефремов, А.А. Мицель // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314, № 6. – С. 47–49.
7. Белобровый, П.В. Новые грани теории принятия управленческих решений на основе применения методов причинно-следственной теории / П.В. Белобровый // Экономический вестник Ростовского государственного университета. – 2011. – № 1. – Т. 9 (ч. 3). – С. 85–87.

8. Журавлева, Ю.Н. Математическое моделирование рыночного риска / Ю.Н. Журавлева, В.С. Микшина // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 2. – С. 118–123.

Поступила 11.07.2014

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники,
Минск, ул. П. Бровки, 6
e-mail: 6774338@tut.by*

V.A. Rybak, H.M. Sulaiman

INTELLIGENT DECISION SUPPORT ON FOREX

A new technology of intelligent decision support on Forex, including forming algorithms of trading signals, rules for the training sample based on technical indicators, which have the highest correlation with the price, the method of reducing the number of losing trades, is proposed. The last is based on an analysis of the wave structure of the market, while the beginning of the cycle (the wave number one) is offered to be identified using Bill Williams Oscillator (Awesome oscillator). The process chain of constructing neuro-fuzzy model using software package MatLab is described.