

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ТОРГОВЫХ СТРАТЕГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ИНДИКАТОРОВ

А.А. Гришко, С.Г. Удовенко, Л.Э. Чалая

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, udovenko@kture.kharkov.ua

В работе проведены разработка и тестирование системы определения стратегий трейдера на электронной бирже на основе выбора эффективного набора технических индикаторов в онлайн-режиме. Предложенный подход позволяет повысить эффективность работы трейдерной системы. Полученные результаты могут быть использованы для разработки торговых биржевых автоматов.

ТРЕЙДИНГОВАЯ СИСТЕМА, ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ, МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР, СТРАТЕГИЯ

Введение

Предсказуемость финансовых рынков зависит от точности прогнозирования финансовых показателей и наличия эффективных торговых стратегий. В последнее время получили распространение трейдинговые компьютерные системы, предусматривающие возможность увеличения дохода на основе использования методов машинного обучения, таких как обучение с подкреплением (reinforcement learning (RL)) [1,2]. К средствам Интернет-трейдинга относят торговые автоматы. Торговый автомат – это программный комплекс, в котором заложен алгоритм совершения операций на рынке ценных бумаг. Такие автоматы в составе трейдинговой системы существенно снижают любой элемент риска в биржевой торговле, присущий трейдеру, принимающему решения. Целью машинного обучения является частичная или полная автоматизация решения сложных задач прогнозирования, возникающих перед трейдером.

Существуют различные методы прогноза тренда показателей на финансовых рынках. Например, в соответствии с так называемой гипотезой эффективного рынка финансовые ряды представляют собой случайные временные последовательности, по которым нельзя удовлетворительно прогнозировать исходы торговых операций по внешней информации, а следует полагаться только на внутреннюю специфику рынка. Лишь относительно недавно начали развиваться трейдинговые модели, которые используют методы вычислительного интеллекта (в частности генетические алгоритмы (ГА)) для оптимизации параметров индикаторов, помогающих обнаружить тенденции изменения основных показателей биржевого рынка. Например, в работах [3, 4] для выбора оптимальных торговых стратегий предлагается применять модифицированный RL-метод, основанный на алгоритме Q-обучения.

Аналитические механизмы компьютерной трейдерной системы должны эффективно использовать информацию, поступающую с рынка. Существуют два подхода к компьютерному анализу рынка в онлайн-режиме: технический и фундаментальный. Фундаментальный анализ основывается на изучении

основных факторов спроса и предложения и рассматривает причины изменений на рынке в результате исследования макроэкономических факторов, которые включают в себя торговый баланс, уровень безработицы, индекс цен производителя, индекс потребительских цен и степень стабильности экономики. Технический анализ является подходом к прогнозированию рыночных цен, основанном на изучении торговых моделей и сравнении текущих и предыдущих значений специальных индикаторов состояния рынка. В частности, технический анализ может использоваться для прогнозирования колебаний курсов валют и работать с оперативной информацией о ставках и объемах торговли. Основная цель составления графиков прогноза динамики изменений финансовых показателей по результатам технического анализа заключается в том, чтобы выявить тенденции прогнозируемых изменений на ранних стадиях и в соответствии с этим выбирать торговые стратегии. Как правило, фундаментальный анализ считается приемлемым для построения долгосрочных прогнозов. В то же время он не всегда пригоден для оперативного принятия оптимальных решений на коротких временных интервалах. В техническом анализе используется набор доступных индикаторов, помогающих обнаружить тенденции изменения основных показателей биржевого рынка. В настоящее время существует уже более трехсот практически используемых технических индикаторов и количество их постоянно растет. Очевидно, что рассчитать и проанализировать поведение такого количества индикаторов без компьютерных средств невозможно.

Предлагаемый в настоящей статье подход к выбору технических индикаторов, используемых в модуле машинного обучения в компьютерных системах биржевой торговли, основан на автоматической оценке коэффициентов Стирлинга с последующим принятием стратегии использования индикаторов. Адаптация структуры технических индикаторов к текущему состоянию биржевого рынка позволяет повысить эффективность применения методов машинного обучения с подкреплением в системах трейдингового прогнозирования.

1. Постановка задачи

Целью настоящей работы является разработка и тестирование системы определения стратегий трейдера на электронной бирже на основе выбора эффективного набора технических индикаторов в онлайн-режиме. При этом в качестве базового метода работы трейдинговой системы принят гибридный метод, предложенный в работе [4], который основан на комбинированном использовании Q-обучения и алгоритмов генетической оптимизации. В связи с этим были поставлены следующие задачи:

- разработать структуру трейдинговой системы на основе алгоритмов RL и ГА с переменным набором технических индикаторов;
- осуществить программную реализацию и тестирование предложенной системы.

Для тестирования оценки эффективности разрабатываемых алгоритмических и программных средств используем данные международного межбанковского валютного рынка FX (Foreign Exchange Market), доступные индивидуальным пользователям.

2. Критерии эффективности и технические индикаторы трейдинговой системы

Пусть трейдинговая система работает на основе рассмотренного в работе [4] одношагового алгоритма Q-обучения, не использующего непосредственно функцию перехода. В этом алгоритме для определения оптимальной стратегии используется Q-функция, итеративную процедуру обновления которой можно представить в следующем виде:

$$Q_{t+1}(s, a) \leftarrow r + \gamma \cdot \max_{a \in A} Q_t(s', a), \quad (1)$$

$$Q_{t+1}(s, a) = Q_t(s, a) + \alpha \cdot (r + \gamma \cdot \max_{a' \in A} Q_t(s', a') - Q_t(s, a)) \quad (2)$$

где a – действие, вызывающее переход среды из состояния S в состояние S' ; α ($0 \leq \alpha \leq 1$) – коэффициент нормирования значений Q-функции;

$r_t = r(s_t, a_t)$ – сигнал подкрепления.

Для работы такого алгоритма на электронной бирже в составе трейдинговой системы необходимо в реальном времени получать значения доступных индикаторов, помогающих обнаружить тенденции изменения основных показателей биржевого рынка.

В значительной степени эффективность работы системы зависит от удачного выбора в онлайн-режиме индикаторов, значения которых используются для дальнейшей реализации торговых стратегий. Существуют различные способы оценки эффективности принимаемых стратегий. Например, в классических трейдинговых схемах широко используется коэффициент Шарпа, определяемый отношением прогнозируемого дохода к риску торговой операции, оцениваемому как вероятность возникновения финансовых потерь. Более целесообразным для

трейдинговых систем, построенных на основе обучения с подкреплением, представляется применение коэффициента Стирлинга, определяемого отношением прогнозируемого дохода к максимально возможным потерям, или коэффициента положительных исходов.

Сигналы покупок и продаж в соответствии с текущим анализом технических индикаторов могут формироваться различными способами. На практике часто используют в качестве сигнала для входа в рынок и выхода из него пересечение двух скользящих средних с разными периодами.

Если быстрое (с меньшим периодом) скользящее среднее пересекает медленное (с меньшим периодом) скользящее среднее снизу вверх – это сигнал к покупке, означающей вход в длинную позицию или выход из короткой позиции. Если же быстрое скользящее среднее пересекает медленное сверху вниз, то это сигнал к продаже, означающей выход из короткой или вход в длинную позицию. Эта техника названа методом двойных пересечений.

На рис.1 приведен пример осуществления трейдинга по такому методу.

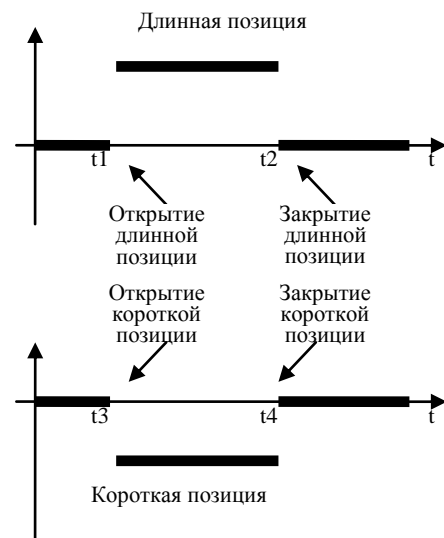


Рис. 1. Процесс трейдинга

Рассмотрим некоторые технические индикаторы, комбинации которых могут быть эффективно использованы в трейдинговой системе, работающей на основе алгоритмов RL и ГА по итерационным одношаговым вычислительным схемам Q-обучения типа (1) и (2).

1. Скользящее среднее (moving average (MA)). При расчете скользящего среднего производится математическое усреднение цены акции за данный период. По мере изменения цены ее среднее значение либо растет, либо падает. 9-дневные и 40-дневные индикаторы MA определяются следующими зависимостями:

$$MA_9(n) = \frac{1}{9} \sum_{i=0}^9 C(n-i),$$

$$MA_{40}(n) = \frac{1}{40} \sum_{i=0}^{40} C(n-i),$$

где $C(n)$ – последняя цена закрытия.

Индикатор МА работает следующим образом: сигнал покупки возникает при 9-дневных скользящих средних, пересекающих 40-дневную снизу вверх. Когда 9-дневное скользящее среднее пересекает сверху вниз, то это сигнал к продаже. Это может быть записано в виде следующих условий:

$MABuy(n) = 1$ если $(MA9(n-1) < MA40(n-1))$ и $(MA9(n) > MA40(n))$.

$MA Sell(n) = 1$ если $(MA9(n-1) > MA40(n-1))$ и $(MA9(n) < MA40(n))$.

Если в период n $MABuy(n) = 1$, то формируется сигнал покупки.

Соответственно, если в период n $MA Sell(n) = 1$, тогда формируется сигнал продажи.

2. Схождение/расхождение скользящих средних (MACD). При определении значения индикатора MACD две линии. Линия MACD представляет собой разность между двумя экспоненциальными скользящими средними закрытия цен и очень быстро реагирует на трендовые движения. Линия сигнала экспоненциально сглаженной средней линии MACD реагирует медленно на трендовые движения. Для расчета MACD необходимо вычислить 12-й и 26-й период экспоненциальной скользящей средней (EMA):

$$EMA_{12}(n) = \frac{2}{12+1} C(n) + (1 - \frac{2}{12+1}) EMA_{12}(n-1),$$

$$EMA_{26}(n) = \frac{2}{26+1} C(n) + (1 - \frac{2}{26+1}) EMA_{26}(n-1),$$

$$MACD(n) = EMA_{12}(n) - EMA_{26}(n),$$

$$EMA_{12}(1) = EMA_{26}(1) = C(1).$$

$MACDBuy = 1$, если $(MACD(n-1) < SignalLine(n-1))$ и $(MACD(n) > SignalLine(n))$.

$MACD Sell = 1$, если $(MACD(n-1) > SignalLine(n-1))$ и $(MACD(n) < SignalLine(n))$.

3. Медленный стохастический индикатор. Стохастический индикатор показывает положение текущей цены относительно диапазона цен за определенный период в прошлом. Стохастика определяется линиями %K и %D:

$$\%K(n) = 100 * \frac{C(n) - L14(n)}{H14(n) - L14(n)},$$

где $L14(n)$ – самая низкая цена за последние 14 периодов,

$$L14(n) = \min(Low(n), Low(n-1), \dots, Low(n-13)),$$

$H14(n)$ – самая высокая цена за последние 14 периодов,

$$H14(n) = \max(High(n), High(n-1), \dots, High(n-13)),$$

где Low и $High$ - соответствующие компоненты окна цен интерфейса трейдинговой системы;

$$\%D(n) = \frac{1}{3} \sum_{i=0}^2 \%K(n-i),$$

$$\%Dslow(n) = \frac{1}{3} \sum_{i=0}^2 \%D(n-i)$$

$StochasticBuy(n) = 1$, если $(\%D(n) < 20)$ и $(\%Dslow(n) < 20)$ и $(\%D(n-1) < \%Dslow(n-1))$ и $(\%D(n) > \%Dslow)$.

$StochasticSell(n) = 1$, если $(\%D(n) > 80)$ и $(\%Dslow(n) > 80)$ и $(\%D(n-1) > \%Dslow(n-1))$ и $(\%D(n) < \%Dslow)$.

4. Индекс относительной силы (RSI). Индикатор RSI используется для выявления на рынке условий перекупленности и перепроданности:

$$RSI(n) = 100 - \frac{100}{1 + RS(n)},$$

$$RS(n) = \frac{[(Average\ Gain(n-1)) * 13 + Current\ Gain(n)] / 14}{[(Average\ Loss(n-1)) * 13 + Current\ Loss(n)] / 14}$$

где $Current\ Gain(n) = \max(C(n) - C(n-1), 0)$,

$Current\ Loss(n) = \max(C(n-1) - C(n), 0)$,

$$Average\ Gain(n) = \frac{1}{14} \sum_{i=0}^{13} \max(C(n-i) - C(n-i-1), 0),$$

$$Average\ Loss(n) = \frac{1}{14} \sum_{i=0}^{13} \max(C(n-i-1) - C(n-i), 0).$$

$RSIBuy(n) = 1$, если $(RSI(n-1) < 30)$ и $(RSI(n) > 30)$,

$RSISell(n) = 1$, если $(RSI(n-1) > 70)$ и $(RSI(n) < 70)$.

5. Индекс источника товара (CCI). Индикатор CCI предназначен для определения циклических поворотов в движении курса валют. Его как осциллятор перекупленности/перепроданности. CCI основан на сравнении текущей цены со скользящей средней за выбранный период времени:

$$TypicalPrice(n) = \frac{C(n) + High(n) + Low(n)}{3},$$

$$SMATP(n) = \frac{1}{20} \sum_{i=0}^{19} TypicalPrice(n-i),$$

$$CCI(n) = \frac{TypicalPrice(n) - SMATP(n)}{0.015 * MeanDeviation(n)}.$$

$CCIBuy(n) = 1$, если $(CCI(n-1) < 100)$ и $(CCI(n) > 100)$

$CCISell(n) = 1$, если $(CCI(n-1) > -100)$ и $(CCI(n) < -100)$.

6. Осциллятор импульса. Этот индикатор характеризует скорость изменения цен в отличие от текущего уровня цены:

$$Momentum(n) = C(n) - C(n-10).$$

$MomentumBuy(n) = 1$, если $(Momentum(n-1) < 0)$ и $(Momentum(n) > 0)$,

$MomentumSell(n) = 1$, если $(Momentum(n-1) > 0)$ и $(Momentum(n) < 0)$.

7. Осциллятор цены. Этот индикатор основан на различии между двумя экспоненциальными скользящими средними:

$$PO(n) = \frac{EMA_{10}(n) - EMA_{20}(n)}{EMA_{20}(n)},$$

где ЕМАк вычисляется с использованием того же подхода, что и для расчета MACD.

$POBuy(n) = 1$, если $(PO(n-1) < 0)$ и $(PO(n) > 0)$,

$POSell(n) = 1$, если $(PO(n-1) > 0)$ и $(PO(n) < 0)$.

8. Индикатор Вилльямса. Этот стохастический индикатор используется для оперативной оценки перекупленности/перепроданности рынка:

$$LW(n) = -100 * \frac{H14(n) - C(n)}{H14(n) - L14(n)}.$$

$L14(n) = \min(Low(n), Low(n-1), \dots, Low(n-13))$,

$H14(n) = \max(High(n), High(n-1), \dots, High(n-13))$.

$LWBuy(n) = 1$, если $(LW(n-1) < -80)$ и $(LW(n) > -80)$,

$LWSell(n) = 1$, если $(LW(n-1) > -20)$ и $(LW(n) < -20)$.

9. Индикатор Боллинджера. Этот индикатор основан на анализе двух трейдинговых полос, расположенных вокруг скользящей средней. Верхняя и нижняя полосы – стандартные отклонения верхней и нижней скользящей средней:

$$UpperBand(n) = AveragePrice(n) + 3 * StDev(n),$$

$$LowerBand(n) = AveragePrice(n) - 3 * StDev(n),$$

$$AveragePrice(n) = \frac{1}{20} \sum_{i=0}^{19} C(n-i),$$

$$StDev(n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{19} (C(n-i) - AveragePrice(20))^2}{20}}.$$

$BBandBuy(n) = 1$, если $(C(n-1) < LowerBand(n-1))$ и $(C(n) > LowerBand(n))$,

$BBandSell(n) = 1$, если $(C(n-1) > UpperBand(n-1))$ и $(C(n) < UpperLowerBand(n))$.

10. Балансовый объем. Этот индикатор используется для подтверждения или определения изменения тренда цены:

$$OBV(n) = OBV(n-1) + \frac{C(n) - C(n-1)}{abs(C(n) - C(n-1))} * V(n),$$

где $V(n)$ - # изменение биржевой цены на оси цены.

Линии OBV должны следовать в том же направлении, что и тренд цены. Если этого не происходит, то возможно изменение тренда цены.

$OBVBuy(n) = 1$, если $(OBV(n-3) > OBV(n-2))$ и $(OBV(n-2) < OBV(n-1))$ и $(OBV(n-1) < OBV(n))$ и $(C(n-3) > C(n-2))$ и $(C(n-2) > C(n-1))$ и $(C(n-1) > C(n))$, $OBVSell(n) = 1$, если $(OBV(n-3) < OBV(n-2))$ и $(OBV(n-2) > OBV(n-1))$ и $(OBV(n-1) > OBV(n))$ и $(C(n-3) < C(n-2))$ и $(C(n-2) < C(n-1))$ и $(C(n-1) < C(n))$.

3. Определение оптимального набора технических индикаторов с помощью генетического алгоритма

Для применения ГА к задачам определения торговых стратегий каждую хромосому можно интерпретировать как возможное решение трейдинговой системы в текущей ситуации (при этом в

качестве таких решений принимают обычно выбор короткой, длинной или нейтральной позиций трейдера). Алгоритм принятия текущих решений должен использовать бинарные значения набора индикаторов рынков. Эти значения могут быть объединены в бинарные строки ГА. Например, в случае упомянутого выше метода двойных пересечений формируется сигнал продажи, когда короткие средние движения ниже более длинных. Индикатор «MASell», соответствующий этому сигналу принимает двоичное значение 1, когда условие для сигнала продажи выполнено, и значение 0 в противном случае.

Отметим, что инструкция по продаже в этом правиле кодируется как «0» в младшем разряде строки. Правило принятия длинной позиции при покупке формирует «1» в этом бите. Правила для принятия короткой или длинной позиций называют правилами входов, потому что они побуждают трейдера активно участвовать в торговле. Трейдинговая система задает также и другие правила (например, правило возврата к нейтральной позиции). Длина правил и кодирующих их двоичных строк увеличивается с увеличением количества используемых в трейдинговой системе индикаторов. Совокупность таких правил может рассматриваться как стратегия. Очевидно, что при большом числе комбинаций значений индикаторов и связующих операторов ГА не в состоянии охватить все пространство стратегий, чтобы найти оптимум. В предлагаемой системе используются 10 индикаторов как для покупок, так и для продаж, то есть всего 20 индикаторов.

В среднем генерируемые в предлагаемом методе правила используют 8 индикаторов, так что общее число возможных правил составляет $6.5 * 10^{11}$.

Исследования возможности применения ГА в трейдинговой системе показали возможность оперативного определения для текущей биржевой ситуации наиболее полезных индикаторов и правил, которые могут быть использованы для представления состояния окружающей среды. Таким образом, мы можем принять во внимание все перспективные комбинации индикаторов.

4. Определение структуры трейдинговой системы с переменным набором технических индикаторов

На рис. 2 приведена общая схема принятия решений в предлагаемом варианте трейдинговой системы, предназначенной для работы в онлайн-режиме. В соответствии с предлагаемой гибридной схемой выбранные с помощью ГА стратегии поступают в RL-модуль, основанный на алгоритме Q-обучения.

Рассмотрим теоретическую ситуацию, где модуль ГА идентифицировал описанные выше индикаторы $RSIBuy$ и $CCISell$, как полезные предсказатели.

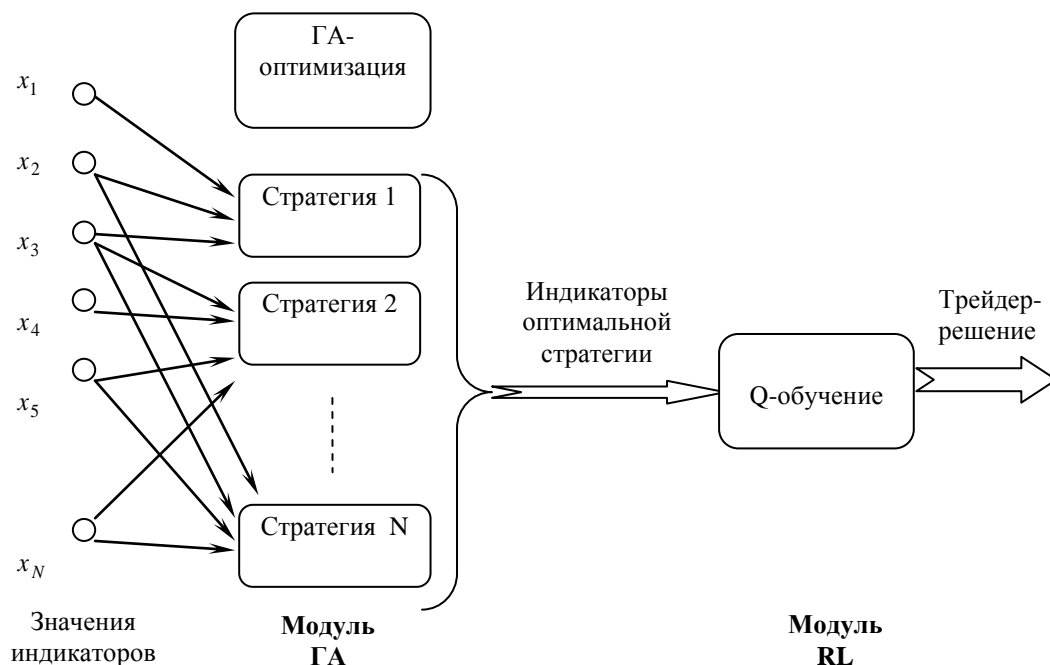


Рис.2. Общая схема принятия решений

Их комбинациям соответствует некоторый набор состояний, например:

$$\begin{cases} s_1 = RSIBuy = 1, CCISell = 1 \\ s_2 = RSIBuy = 1, CCISell = 0 \\ s_3 = RSIBuy = 0, CCISell = 1 \\ s_4 = RSIBuy = 0, CCISell = 0 \end{cases}$$

Очевидно, что набор индикаторов и состояний позволяет сформировать Q-таблицу, используемую на этапе принятия трейдинговой системой следующих решений: SELL (продажа), BUY (покупка) или NEUTRAL (отсутствие торговых операций).

В процессе реализации трейдинговой системой стратегии, максимизирующей прибыль, сигнал подкрепления определяет разность между значениями функции приспособленности в смежные моменты времени. Анализ знака этой разности обеспечивает основной механизм для принятия длинных и коротких позиций. Но также необходимо предусмотреть и возможность принятия нейтральной позиции. Это требует задания порога, который бы позволил избежать ложных переходов от нейтральной позиции, вызванных незначительными колебаниями рынка. Общий алгоритм работы предложенного варианта трейдинговой системы состоит в выполнении следующих действий:

1. Зададим исходный набор индикаторов и разделим их на индикаторы продаж (SELL) и покупок (BUY).
2. Инициализируем модуль ГА с бинарным кодированием возможных решений, задающих два типа торговых стратегий – открытие (стратегия входа) и закрытие (стратегия выхода).
3. Для всех особей исходной популяции (вариантов решений) рассчитать значения всех индикаторов

продаж (SELL) и покупок (BUY) для формируемых входных и выходных стратегий.

4. Если стратегия выхода не активирована и стратегия входа = 1, то принять длинную или короткую позицию (в зависимости от типа стратегии входа).

5. Если стратегия входа активирована и стратегия выхода = 1, то принять нейтральную позицию, закрыть текущую.

Во всех остальных случаях не изменять текущую позицию.

6. Оценить функцию пригодности.

7. Выполнить операции одноточечного кроссовера и мутации.

8. Повторять циклы ГА до выполнения заданного условия останова. Полученное решение считать оптимальным.

9. Набор индикаторов продажи (SELL) и покупки (BUY) для правил, соответствующих оптимальному решению, передать в модуль RL.

10. Инициализировать таблицу Q-обучения с состояниями, основанными на индикаторах и действиях продажи (SELL) и покупки (BUY).

11. Рассчитать значения всех индикаторов продаж (SELL) и покупок (BUY), определяющих состояния в Q-таблице.

12. Выполнить действие (принятие длинной, короткой или нейтральной позиций) и обновить Q-таблицу.

5. Программная реализация трейдинговой системы

Программно-алгоритмическая реализация предложенного подхода предусматривает возможность текущего анализа финансовых показателей. с

использованием данных международного межбанковского валютного рынка FX при формировании стратегий трейдинга. Система автоматически подключается к серверу брокера, загружает данные с сервера и анализирует ситуацию на рынке с использованием комбинаций индикаторов. Пока основная программа соединяется с сервером брокера, пользователь может следить за процессом в окне Information, предусмотренным интерфейсом системы. Для начального соединения в окне, вид которого приведен на рис 3, пользователь должен указать адрес сервера, порт, свое имя и пароль, представленный компанией, которая предоставляет доступ к рынку. Для приведенного примера адрес сервера – '217.74.32.254', порт – '1950', имя пользователя – '630973' и пароль скрыт в обычном режиме.

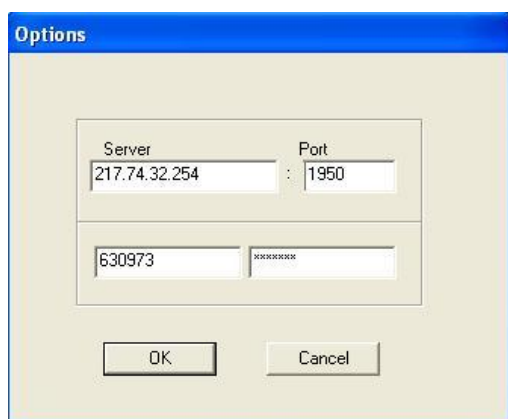


Рис.3. Ввод параметров соединения

Анализ ситуации на рынке осуществляется программой в соответствии со схемой, приведенной на рис.2. Когда пользователь первый раз запускает программу, загруженные данные передаются в модуль ГА, который выбирает наиболее прибыльные индикаторы на текущее время. Индикаторы, установленные ГА, затем поступают в модуль RL. Когда новые данные поступают в систему с сервера, рассчитываются значения индикаторов, которые используются для оценки текущего состояния окружающей среды. Затем, основываясь на такой оценке, модуль RL формирует рекомендации для трейдера и осуществляет обновление Q-значений на основе индикаторов, представленных в модуле ГА. Система предназначена для внутрисуточной торговли, при этом трейдер получает рекомендации каждые 5 - 60 минут.

6. Тестирование системы

Тестирование разработанной системы осуществлялось для суточных FX- ставок EUR/USD и GBP/USD. При этом полученные данные были разбиты периоды in-sample и out-sample. Период in-sample использовался для определения наилучшей стратегии

использования ГА и метода RL. Период out-sample использовался для тестирования этой стратегии. Данные in-sample и out-sample, относящиеся к периоду с 27.09.2010 по 27.12.2010, содержали по 57000 суточных записей для суточной ведомости. При тестировании были заданы следующие параметры ГА и RL: начальная популяция – 180 стратегий; вероятность кроссовера – 0.5; вероятность мутации – 0.02; $\alpha = 0.5$, $\gamma = 0.85$.

Система смогла обеспечить положительную доходность на рассмотренных финансовых рынках.

Выводы

Использование комбинации технических индикаторов для реализации RL-алгоритма приводит к повышению эффективности трейдинговой системы. Предложенный подход позволяет реализовать в онлайн-режиме выработку рекомендаций трейдеру по выбору торговых стратегий. Полученные результаты могут быть использованы для разработки торговых биржевых автоматов.

Список литературы: 1. Dempster M. Intraday FX trading: An evolutionary reinforcement learning approach. Intelligent data engineering and automated learning./ M.Dempster, Y.Romahi// Proceedings of the IDEAL 2002 International Conference. – 2002.– P. 347-358. 2. Sutton, R. Learning to Predict by the Methods of Temporal Differences, Machine Learning, 3, pp. 9-44, 1998. 3. Гришко А., Удовенко С., Чала Я. Применение гибридных методов машинного обучения в компьютерных трейдинговых системах// Системные технологии. – №3(68). – 2010.. – С. 84-92. 4. Hryshko A. An Implementation of Genetic Algorithms as a Basis for a Trading System on the Foreign Exchange Market./ A.Hryshko, T. Downs// Proceedings of the 2003 Congress on Evolutionary Computation. – 2003. – P.1695-1701.

Поступила в редколлегию 00.00.2011

УДК 519.62

Інтелектуальна система формування біржових стратегій з використанням комбінованих індикаторів / А.О. Гришко, С.Г. Удовенко, Л.Е. Чала // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. 2011. № 00. Ст. 00-00.

У статті розглядаються стратегії трейдера у системах біржової торгівлі, що використовують методи машинного навчання з підкріпленням. Запропоновані алгоритми дозволяють перевищити за своїми характеристиками інші алгоритми машинного навчання, які використовуються на фінансових ринках. Розглянуті принципи трейдингової торгівлі, засновані на розроблених методах. Методи реалізовано програмно та протестовано.

Табл.00. Іл.03. Бібліогр.: 04 назв.

УДК 519.62

Intellect system of markets based on combined indicators / A.A. Hryshko, S.G. Udovenko, L.E. Chalaya. // Bionica intellecta. 2011. N 00. P. 000-000.

This paper is devoted to application of machine learning for computing markets systems. The algorithms developed in the proposed learning system is shown to outperform other machine learning algorithms used on financial markets. The principles of trading markets based on the development of novel trading strategies are considered. The new methods are implemented in software. The results of testing of methods are presented.

Tab. 00. Fig. 04. Ref.: 04 items.

Сведения об авторах:

Гришко Андрей Александрович.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, аспирант каф. электронных вычислительных машин.

Удовенко Сергей Григорьевич.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, д.т.н., проф., профессор каф. электронных вычислительных машин.

Чалая Лариса Эрнестовна.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, к.т.н., с.н.с., доцент каф. искусственного интеллекта.