

Хромов Сергей Сергеевич

Khromov Sergey Sergeevich

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦЕН НА ОПЦИОНЫ НА БАЗЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

FORMATION OF A SYSTEM FOR FORECASTING OPTIONS' PRICE ON THE BASIS OF NEURAL NETWORKS

Аннотация:

Статья посвящена вопросам внедрения нейронных сетей в качестве метода оценки стоимости опционов на рынке ценных бумаг и формирования комплексной системы на базе нейронных сетей для прогнозирования цен на опционы с учетом технического, фундаментального и интуитивного анализа.

Ключевые слова:

рынок ценных бумаг, производные ценные инструменты, опцион, нейронные сети, перцептрон.

Summary:

The article deals with the implementation of neural networks as a method of assessing the value of options on the securities market and development of a complex system based on the neural networks for forecasting prices on options using technical, fundamental and intuitive analyses.

Keywords:

market securities, derivatives instruments, options, neural networks, perceptron.

Опционы

В настоящее время сложно переоценить важность таких производственных инструментов, как фьючерсы и опционы. Основной задачей данных деривативов является снижение рисков на фондовых и товарных рынках. Они также представляют собой инструмент, позволяющий не только хеджировать свои риски, но и зарабатывать на колебаниях цен на эти инструменты.

Данные деривативы существуют на рынках уже несколько столетий. В основном они применялись в качестве хеджирующих инструментов для товаров, таких как пшеница, зерно, кофе и т. д. В 1820 г. на Лондонской фондовой бирже опционы впервые стали торговаться на акции. В 60-е гг. в Соединенных Штатах Америки уже был организован внебиржевой рынок опционов и акции. В 1973 г., в год основания Чикагской опционной биржи, была организована торговля опционами на американские акции. В начале 90-х гг. сформировалось большое количество разнообразных опционов на внебиржевых рынках производных инструментов.

На данный момент можно сказать, что рынки опционов и фьючерсов являются самыми большими и ликвидными среди остальных финансовых инструментов [1]. Объем торгов фьючерсами и опционами значительно превышает торги по обыкновенным акциям первого эшелона и облигациям. Но данная ситуация характерна в основном для развитых фондовых рынков, таких как американский рынок (NYSE, NASDAQ и т. д.), английский рынок (LSE) и т. д. [2].

Опционы представляют собой производные инструменты, в основе которых лежат различные базовые активы. Опционы могут использоваться для двух целей:

- извлечения спекулятивной прибыли;
- хеджирования.

Ниже перечислены шесть факторов, влияющих на цену опциона (не в порядке их важности):

- цена базового инструмента;
- цена исполнения опциона;
- время, остающееся до истечения;
- волатильность базового инструмента;
- краткосрочные процентные ставки;
- дивиденды (если таковые возможны).

Каждый из перечисленных факторов прямо влияет на цены опционов, вызывая удорожание или удешевление опционного контракта в зависимости от изменения того или иного фактора.

В таблице 1 отражены реакции цен на опционы при увеличении или снижении значения каждого из факторов:

Таблица 1 – Зависимость цены опциона от факторов

Фактор	Время	Базовый актив	Процент	Дивиденд	Волатильность
Цена колл (call)	Снижается	Снижается	Снижается	Повышается	Снижается
Цена пут (put)	Снижается	Повышается	Повышается	Снижается	Повышается

На настоящий момент разработано большое количество математических моделей, использующих вышеприведенные ценообразующие факторы, с помощью которых можно прогнозировать премию опциона, но все они довольно не точны и каждый из них применим при соблюдении определенных условий.

Данная ситуация в современных экономических условиях отрицательно сказывается на российской экономике в целом. Это проявляется в ухудшении ликвидности базовых активов, которые лежат в основе контрактов, увеличении рисков по активам, меньшей аккумуляции денег на рынок и меньшем количестве частных инвестиций от средних и мелких инвесторов. Данные причины неизбежно ведут к ухудшению основной функции фондового рынка – переливания капиталов [3].

Актуальность применения нейронных сетей на фондовой бирже

В основе всех математических моделей по расчету цены опциона лежит идея эффективного рынка. Предполагается, что «справедливая» премия опциона соответствует его стоимости, при которой ни покупатель опциона, ни его продавец в среднем не получают прибыли.

Но все стандартные математические методы анализа и прогнозирования цен на премию опционов слабо адаптированы на высоковолатильные бумаги или рынок с большой вероятностью резких изменений и работу с данными, имеющими большой разброс. Данная ситуация как раз характерна для российского рынка опционов [4]. В таких условия большим преимуществом обладают методы, основанные на нейросетевых подходах.

В настоящее время технологии применения нейронных сетей получили широкое распространение во многих областях человеческих отношений. Во многом это объясняется большим потенциалом данной вычислительной технологии. Математически доказано, что при различных конфигурациях сети погрешность стремится к нулю. Нейронные сети представляют собой универсальный аппроксиматор, что дает возможность использования их в качестве средств и методов для решения задач моделирования, прогнозирования, классификации и идентификации в экономике.

Теория нейронных сетей особенно интенсивно разрабатывалась в конце 50-х и начале 60-х гг. Отечественные и зарубежные ученые – У. Маккалох, Д. Хебб, Ф. Розенблатт, Д. Хьюбел, Т. Визель, Дж. Хопфильд, Л.И. Волгин, А.И. Галушкин, А.И. Горбань, В.А. Дунин-Барковский, А.Г. Ивахненко, А.В. Каляев, Т. Кохонен, М. Минский, С.О. Неймарк и другие – являются авторами множества фундаментальных работ по указанной теме. Накопление теоретических знаний способствовало тому, что в последнее десятилетие нейронные сети все более активно применяются для решения различных прикладных задач, в том числе и в экономике [5].

Назначение нейронных сетей – это решение задач, для которых не найдены алгоритмы решений и входные данные неполны, противоречивы. Нейронные сети применяются тогда, когда неизвестны зависимости между входными и выходными данными. В таких ситуациях не справляются как традиционные математические, так и экспертные системы.

Все задачи, решаемые с помощью нейронных сетей, можно свести к четырем классическим постановкам:

- 1) распознавание образов;
- 2) предсказание значения неизвестной функции, заданной некоторой последовательностью;
- 3) анализ временных рядов;
- 4) автоматическая группировка объектов.

Немаловажным фактором является то, что нейронные сети могут быть спроектированы самообучаемыми. Это дает возможность неограниченно совершенствовать систему, сводя погрешность к минимуму.

Учитывая очевидные преимущества нейронных сетей, их довольно рано решили применить для определения цен на ценные бумаги. Стандартные методы и данные, применяемые для анализа фондового рынка, используются и в нейросетевых технологиях. Технический анализ, который в основном использует индикаторы, сигнализирующие о моменте, когда можно покупать или продавать актив, может быть реализован путем обучения НС (подстройки весов входных параметров) для получения результатов.

Макроэкономические факторы, влияющие при долгосрочном инвестировании и используемые в фундаментальном анализе, также могут быть использованы в качестве входных параметров для нейронных сетей. Но что самое важное – технический и фундаментальный анализы могут быть применены одновременно. Это возможно только с применением нейронных сетей, так как для них абсолютно не важно, какие данные используются для анализа.

Также актуальность использования нейронных сетей заключается в том, что их применение позволяет разработать систему цифровой оценки новостной ленты. То есть ввести некие ключевые понятия, которые могут использоваться в фильтре новостной информации. Далее, в

зависимости от частоты повторений данных ключевых слов, можно составить рейтинг актуальности и важности новости и использовать данную рейтинговую систему в качестве входного параметра для НС.

В современном фондовом рынке помимо традиционных фундаментального и технического анализа часто стал применяться интуитивный анализ. Суть данного метода основывается на приобретенном опыте в ходе многолетней торговли ЦБ. Описать математически данный метод не представляется возможным, но, по мнению многих наиболее успешных трейдеров, данный метод играет чуть ли не главную роль. Одной из наиболее интересных и актуальных целей применения нейронных сетей как раз является применение их для возможной «оцифровки» интуиции. Это возможно реализовать путем обучения НС непосредственно опытными трейдерами, которые будут давать рекомендации для НС о возможном изменении тренда. В качестве входных параметров может использоваться ценовой график в матричном виде [6].

В целом, объединив все вышесказанное, отметим, что, используя нейронные сети, можно создать уникальную систему по оценке цен на фондовые инструменты, использующие все возможные объективные и субъективные факторы рынка, в том числе и психологию рынка.

Методы разработки и внедрение нейронной сети на конкретном примере

Рассмотрев, что представляют собой нейронные сети и особенности биржевой деятельности, охарактеризуем некоторые методы построения нейронной сети и ее внедрение.

Для решения поставленной задачи выделим два основных этапа:

- разработка структуры нейронной сети;
- обучение нейронной сети.

Первый этап можно разделить на следующие пункты:

- выбор типа нейронов (формирует нейронную сеть);
- выбор типа межнейронных связей;
- определение входных и выходных данных.

Наиболее популярные и изученные архитектуры – это многослойный перцептрон, нейронная сеть с общей регрессией, нейронные сети Кохонена и другие [7].

На втором этапе происходит обучение выбранной нейронной сети, а именно подбор необходимых значений весов для того, чтобы точность прогнозирования нейронной сети соответствовала заданным параметрам. Для данного алгоритма выберем метод обратного распространения ошибки, наиболее простой и подходящий для простого перцептрона.

Рассмотрим практическую задачу, ответ в которой неочевиден, – задачу прогнозирования курса акций на 1 день вперед. Для того чтобы сделать задачу более конкретной, рассмотрим котировки акций ОАО «Аэрофлот». Для примера были выбраны именно эти акции, так как данные по ним наиболее полны, а нашей первоочередной задачей является демонстрация принципов построения нейронных сетей.

Рассмотрим пример, используя статистические данные из архива биржевого холдинга «Московская Биржа» за 2011 г. Обучение сетей является одной из основных и сложных задач. Для точности и эффективности обучения необходимо большое количество статистических данных. Учитывая ситуацию на рынках, можно сказать, что данные за 2011 г. хорошо подойдут для первоначальной настройки нейронной сети.

Котировки зависят (более или менее, прямо или косвенно) от собственных предшествующих значений, от котировок всех остальных акций, представленных на бирже, от курсов основных валют и индексов инфляции, безработицы, ВВП и от ряда других макроэкономических параметров, которые представляют собой фундаментальные показатели.

Также большое значение при анализе имеют технические параметры, такие как линии поддержки и сопротивления, канал, стохастический осциллятор, индекс относительной силы, скользящие средние и т. д.

Помимо основных существуют дополнительные факторы – вчерашняя реклама, грядущие выборы в Государственную думу, отставки в правительстве, перевороты, войны, различные стихийные бедствия, климатические явления и т. д.

На первых этапах разработки и в рамках поставленной задачи, выберем в качестве входных параметров – цены закрытия на акции ОАО «Аэрофлот» за 7 дней, в качестве выходных параметров – цены закрытия на акции ОАО «Аэрофлот» на следующий день;

По мере обучения и анализа результатов можно будет добавлять входные и выходные параметры, а также усложнять нейронную сеть.

В качестве архитектуры нейронной сети выберем многослойный перцептрон. Он хорошо изучен, относительно прост и имеет большое количество эффективных алгоритмов обучения. Степень сложности перцептрона будем изменять в сторону упрощения или усложнения в зави-

симости от результатов обучения. На первых этапах возьмем трехслойный перцептрон. Количество нейронов в первом слое будет равно количеству входных параметров, в выходном – количеству выходных параметров. Для скрытого слоя определим количество нейронов как полусумму входных и выходных параметров [8]. Перцептрон будет математически реализован в виде нейропакета на базе платформы РС. Структура данного перцептрона представлена на рисунке 1.

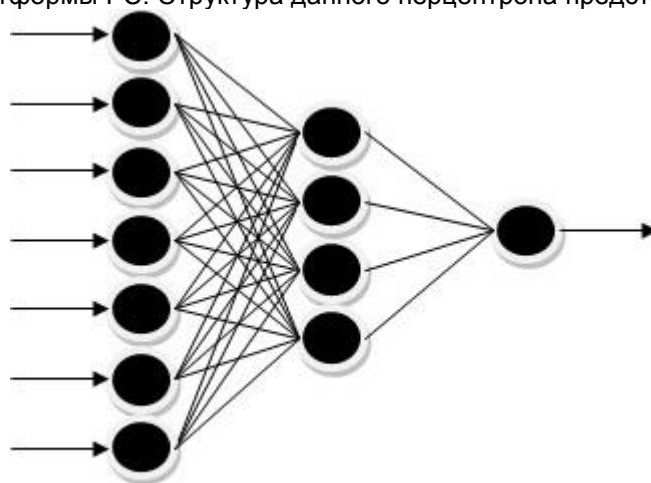


Рисунок 1 – Структура перцептрона

В качестве алгоритма обучения возьмем метод обратного распространения ошибки. Существует много других алгоритмов обучения, но этот наиболее часто применяется с перцептронами, достаточно быстро дает результат, прост в применении. На начальных стадиях разработки этот алгоритм будет наиболее оптимален.

Пусть входные параметры образуют вектор входных значений для настройки сети. Теперь соберем данные о биржевой ситуации за достаточно длительный период, из которых сформируем таблицу 2, содержащую векторы с входными параметрами для сети. Для некоторых видов прогнозов достаточно данных за 1–2 недели, для других же необходима выборка за несколько кварталов. Во многих странах такие базы финансовых данных, как GFDatabase, U. S. Stocks Database, U. K. Stocks Database, CSMAR и т. д. [9], аккуратно ведутся в течение многих лет. Есть биржевые параметры, которые регистрируются с 1901 г.

Таблица 2 – Цены на акции ОАО «Аэрофлот» из архива за 2011 г.

Временной промежуток	Цены закрытия на акции ОАО «Аэрофлот» за 7 дней						
	День 1	День 2	День 3	День 4	День 5	День 6	День 7
01.03.2011 – 07.03.2011	74,4	74,6	73,71	74,15	74,62	74,11	73,7
02.03.2011 – 08.03.2011	74,6	73,71	74,15	74,62	74,11	73,7	74,13
03.03.2011 – 09.03.2011	73,71	74,15	74,62	74,11	73,7	74,13	75,00
04.03.2011 – 10.03.2011	74,15	74,62	74,11	73,7	74,13	75,00	76,59
05.03.2011 – 11.03.2011	74,62	74,11	73,7	74,13	75,00	76,59	78,49
06.03.2011 – 12.03.2011	74,11	73,7	74,13	75,00	76,59	78,49	76,48
07.03.2011 – 13.03.2011	73,7	74,13	75,00	76,59	78,49	76,48	74,8
08.03.2011 – 14.03.2011	74,13	75,00	76,59	78,49	76,48	74,8	74,21
09.03.2011 – 15.03.2011	75,00	76,59	78,49	76,48	74,8	74,21	73,26
10.03.2011 – 16.03.2011	76,59	78,49	76,48	74,8	74,21	73,26	74,5
11.03.2011 – 17.03.2011	78,49	76,48	74,8	74,21	73,26	74,5	73,69
12.03.2011 – 18.03.2011	76,48	74,8	74,21	73,26	74,5	73,69	73,3
13.03.2011 – 19.03.2011	74,8	74,21	73,26	74,5	73,69	73,3	73,4
14.03.2011 – 20.03.2011	74,21	73,26	74,5	73,69	73,3	73,4	72,2
15.03.2011 – 21.03.2011	73,26	74,15	73,69	73,3	73,4	72,2	72,1

Теперь подготовим данные по искомым выходным параметрам (цена закрытия акции ОАО «Аэрофлот») за тот же период – они будут использоваться для обучения. Сгруппируем эти данные также в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Выходные данные для перцептрона

Дата	Цена закрытия на акции ОАО «Аэрофлот»
08.03.2011	74,13
09.03.2011	75,00
10.03.2011	76,59
11.03.2011	78,49
12.03.2011	76,48
13.03.2011	74,8
14.03.2011	74,21
15.03.2011	73,26
16.03.2011	74,5
17.03.2011	73,69
18.03.2011	73,3
19.03.2011	73,4
20.03.2011	72,2
21.03.2011	72,1
22.03.2011	74,14

Запустим нашу нейронную сеть в режим обучения с выбранным алгоритмом и точностью выходных данных. Если примеров мало, их можно пропускать по нескольку раз. Через некоторое время сеть будет обучена. После этого можно предъявлять ей реальные данные по биржевой ситуации, а в ответ получать прогноз относительно завтрашнего состояния акций. Приблизительный алгоритм обучения представлен на рисунке 2.

Дополнительно можно добавить маленькую программу, позволяющую сети автоматически обновлять данные, получая их непосредственно из сводок, распространяемых по электронной почте, электронных баз данных, новостных каналов и т. д.

Используя описанный алгоритм, функциональность нейронной сети может быть здорово расширена для решения таких задач, как прогнозирование тренда рынка, оценка рисков, прогнозирование торговых сигналов, анализ проведенных сделок и т. д.

В результате получается действительно мощное оружие, способное, не отнимая времени и сил, вооружать знанием биржевых тенденций и даже подсказывать стратегию биржевой игры.

Вывод

В результате можно сделать вывод о том, что нейронные сети представляют собой весьма перспективную технологию, предлагающую новые подходы к исследованию динамических задач в экономической области.

Применение соответствующих нейросетевых методов позволяет значительно улучшить существующие на данный момент способы анализа ситуации на бирже.

В первую очередь появляется возможность с большей точностью оценивать многие показатели, характеризующие ситуацию на рынке, а также прогнозировать их изменения в краткосрочном периоде.

Кроме того, нейронные сети представляют собой мощный инструмент для анализа информации о сделках брокеров, прогнозирования тренда рынка и т. д.

Ссылки:

1. Галанов В.А. Проблемы фондового рынка. М., 2013. 107 с.
2. Бэстенс Д.-Э., Ван Ден Берг В.-М., Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки. Принятие решений в торговых операциях. М., 1997. 236 с.
3. Галанов В.А. Указ. соч.
4. Там же.
5. Бэстенс Д.-Э., Ван Ден Берг В.-М., Вуд Д. Указ. соч.
6. Куртис Фейс. Трейдинг, основанный на интуиции. СПб., 2011. 235 с.
7. Барский А.Б. Нейронные сети. Распознавание, управление, принятие решений. М., 2004. С. 176.
8. Там же.
9. Бэстенс Д.-Э., Ван Ден Берг В.-М., Вуд Д. Указ. соч.

References:

1. Galanov, VA 2013, *Problems of the stock market*, Moscow, 107 p.
2. Bestens, D-E, van den Berg, V-M, Wood, D 1997, *Neural networks and the financial markets. Decision-making in commercial transactions*, Moscow, 236 p.
3. Galanov, VA 2013, *Problems of the stock market*, Moscow, 107 p.
4. Galanov, VA 2013, *Problems of the stock market*, Moscow, 107 p.
5. Bestens, D-E, van den Berg, V-M, Wood, D 1997, *Neural networks and the financial markets. Decision-making in commercial transactions*, Moscow, 236 p.
6. Curtis, F 2011, *Trading based on intuition*, St. Petersburg, 235 p.
7. Barsky, AB 2004, *Neural networks. Recognition, management, decision-making*, Moscow, p. 176.
8. Barsky, AB 2004, *Neural networks. Recognition, management, decision-making*, Moscow, p. 176.
9. Bestens, D-E, van den Berg, V-M, Wood, D 1997, *Neural networks and the financial markets. Decision-making in commercial transactions*, Moscow, 236 p.

Цены закрытия на акции ОАО «Аэрофлот» за 7 дней

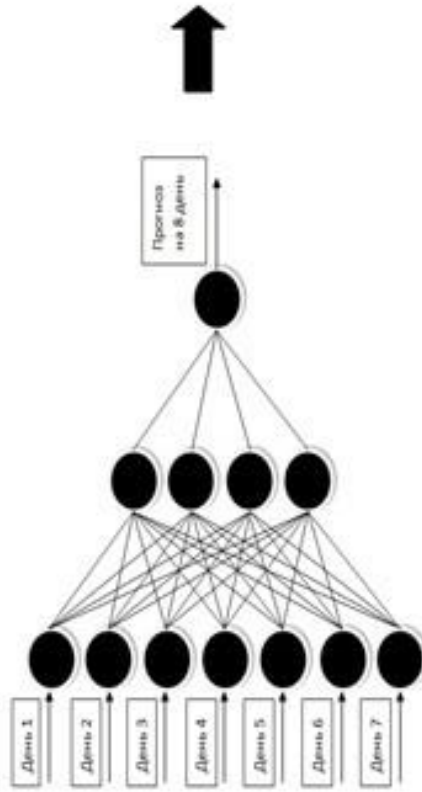
Временной промежуток	День 1	День 2	День 3	День 4	День 5	День 6	День 7
01.03.2011 - 07.03.2011	74.4	74.6	73.71	74.15	74.62	74.11	73.7
02.03.2011 - 08.03.2011	74.6	73.71	74.15	74.62	74.11	73.7	74.13
03.03.2011 - 09.03.2011	73.71	74.15	74.62	74.11	73.7	74.13	75.00
04.03.2011 - 10.03.2011	74.15	74.62	74.11	73.7	74.13	75.00	76.59
05.03.2011 - 11.03.2011	74.62	74.11	73.7	74.13	75.00	76.59	78.49
06.03.2011 - 12.03.2011	74.11	73.7	74.13	75.00	76.59	78.49	76.48
07.03.2011 - 13.03.2011	73.7	74.13	75.00	76.59	78.49	76.48	74.8
08.03.2011 - 14.03.2011	74.13	75.00	76.59	78.49	76.48	74.8	74.21
09.03.2011 - 15.03.2011	75.00	76.59	78.49	76.48	74.8	74.21	73.26
10.03.2011 - 16.03.2011	76.59	78.49	76.48	74.8	74.21	73.26	74.5
11.03.2011 - 17.03.2011	78.49	76.48	74.8	74.21	73.26	74.5	73.69
12.03.2011 - 18.03.2011	76.48	74.8	74.21	73.26	74.5	73.69	73.3
13.03.2011 - 19.03.2011	74.8	74.21	73.26	74.5	73.69	73.3	73.4
14.03.2011 - 20.03.2011	74.21	73.26	74.5	73.69	73.3	73.4	72.2
15.03.2011 - 21.03.2011	73.26	74.5	73.69	73.3	73.4	72.2	72.1

Погрешность велика, подстройка весов



Сравнение сетлаоном и вычисления функции ошибок

Дата	Цена закрытия акции ОАО «Аэрофлот»
08.03.2011	74.13
09.03.2011	75.00
10.03.2011	76.59
11.03.2011	78.49
12.03.2011	76.48
13.03.2011	74.8
14.03.2011	74.21
15.03.2011	73.26
16.03.2011	74.5
17.03.2011	73.69
18.03.2011	73.3
19.03.2011	73.4
20.03.2011	72.2
21.03.2011	72.1
22.03.2011	74.14



Погрешность мала, сеть обучена

Рисунок 2 – Метод обучения нейронной сети