

## ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЦЕН АКЦИЙ

© 2009 С.Н. Володин\*

**Ключевые слова:** прогнозирование цен акций фондового рынка, системы искусственного интеллекта, историческая эволюция, научное направление, нейрокибернетика, нейронные сети, математические методы прогнозирования, компьютерные технологии, программы для трейдеров, финансовое прогнозирование.

Приводится анализ исторического развития систем искусственного интеллекта, применяемых для прогнозирования динамики цен акций фондового рынка. Описывается процесс постепенного приобретения такими системами характеристик, которые в итоге сделали возможным их применение на фондовом рынке.

### Что можно считать искусственным интеллектом?

Прогностические возможности систем искусственного интеллекта, используемых на фондовом рынке, определяются, прежде всего, тем, что их создатели понимают под термином “искусственный интеллект”.

Термин “интеллект” происходит от латинского *intellectus*, что означает ум, рассудок, мыслительные способности человека. Соответственно “искусственный интеллект” (ИИ) обычно толкуется как свойство механических систем выполнять отдельные функции интеллекта человека, например, принимать оптимальные решения на основе ранее полученного опыта и анализа внешних воздействий. Сами же такие механические системы принято называть системами искусственного интеллекта (СИИ)<sup>1</sup>. Речь идет прежде всего о системах, в основу которых положены принципы обучения, самоорганизации и эволюции при минимальном участии человека.

Точное определение ИИ требует ответа на вопрос, насколько действия машины должны отличаться от вложенных в нее алгоритмов, чтобы ее можно было считать действительно “интеллектуальной”? Несмотря на то, что термин “искусственный интеллект” был признан еще в 1956 г., точного ответа на этот вопрос до сих пор нет. Объясняется это большим количеством сложностей, с которыми пришлось столкнуться исследователям в данной области. Являясь междисциплинарным направлением, ИИ порождает проблемы, далеко выходящие за пределы тра-

диционной информатики, к которой обычно относят СИИ. Оказалось, что для создания машин, имитирующих человеческую деятельность, требуется знание глубинных процессов функционирования психики человека, неизвестных на данный момент ни в психологии, ни в психофизиологии, ни в смежных науках. Поэтому, даже наиболее передовые ученые в области ИИ до сих пор не могут предложить точное определение, какие именно механические системы можно считать интеллектуальными.

Такая нечеткость концептуальных основ ИИ отразилась в большом многообразии СИИ, создаваемых в процессе их эволюции.

### Исторические этапы эволюции СИИ, применяемых на фондовом рынке

Первые идеи создания ИИ высказывались еще в средние века. Уже в XIV в. предпринимались попытки создания машин для решения задач на основе всеобщей классификации понятий. Эти идеи нашли сторонников среди многих известных ученых, таких как Г. Лейбниц и Р. Декарт. Именно их работы позже были положены в основу систем, называемых сегодня системами искусственного интеллекта.

#### *1940-е гг.: становление ИИ как отдельного научного направления*

Полноценное развитие ИИ в качестве научной отрасли стало возможным только после создания ЭВМ в конце 1940-х годов. Новая аппаратная основа позволила воплощать

\* Володин Сергей Николаевич, аспирант Государственного университета - Высшей школы экономики, г. Москва. E-mail: nauka@sseu.ru.

в жизнь системы, которые уже действительно можно было относить к системам искусственного интеллекта. К этому времени в области наук о человеке уже были сформированы базовые концепции функционирования мозга и психики человека. Воплощаясь в программно-математических кодах ЭВМ, эти концепции и породили новый класс информационных систем, позже названных СИИ.

Зарождением программно-математических СИИ считают 1943 г., когда У. Маккалох и У. Питтс на основе открытий в области нейробиологии и психофизиологии, предложили математическую модель нейрона и сформулировали основные положения теории искусственного интеллекта. В 1948 г. Н. Винер, повторяя идеи Сеченова и Бехтерева о приспособляемости всего живого посредством обратной связи, привнес в СИИ свойство адаптивности. Н. Винер также дал название новому направлению - "нейрокибернетика". А в 1949 г. Д.О. Хебб реализовал идеи адаптивного обучения в виде изменения силы связи между одновременно активными нейронами<sup>2</sup>.

Теории Маккаллоха-Питтса, Винера и Хебба вызвали огромный интерес к искусственному разуму. С конца 40-х годов все большее число ученых устремилось к дерзкой цели - построение компьютерных систем, способных следить за окружающей обстановкой и с помощью обратной связи изменять свое поведение, т.е. вести себя подобно живым организмам.

*1950-1960-е гг.: разделение ИИ на два конкурирующих направления*

Рождение термина "искусственный интеллект" произошло в 1956 г. на семинаре с аналогичным названием в Станфордском университете (США), а сам термин был предложен американским ученым Дж. Маккарти. Вскоре после этого искусственный интеллект был признан самостоятельной отраслью науки. И практически сразу исследования в области ИИ разделились на два направления - логическое и нейрокибернетическое<sup>3</sup>.

Основная идея логического направления состояла в том, что только изучение механизмов сознательного мышления способно создать основу для построения СИИ. Предполагалось, что все или почти все задачи,

претендующие на интеллектуальность, можно решить путем построения некоторого логического вывода. Практической реализацией данного подхода выступила булева алгебра и ее логические операторы, в первую очередь, оператор IF ("если").

Нейрокибернетический подход акцентировался на моделировании внутренней структуры головного мозга. Его сторонники считали, что раз мышление обеспечивается мозгом, то любое искусственное интеллектуальное устройство должно каким-то образом воспроизводить его структуру. Поэтому ядром нейрокибернетики стала математическая интерпретация деятельности нервной системы и аппаратное моделирование структур, подобных структуре мозга - элементов, подобных нейронам и их объединениям в функционирующие системы, называемых нейронными сетями или нейросетями.

1950-е и 1960-е годы прошли под явным доминированием нейрокибернетического направления. Крупный толчок развитию нейрокибернетики дал американский нейрофизиолог Ф. Розенблатт, предложивший в 1958 г. свою модель нейронной сети - перцептрон. Это была попытка создать систему, имитирующую работу человеческого глаза и его взаимодействия с мозгом. Перцептрон Розенблатта долгое время оставался наивысшим достижением кибернетического подхода. Воспринятый первоначально с большим энтузиазмом, перцептрон в течение следующего десятилетия подвергся интенсивным нападкам со стороны крупных научных авторитетов. А в результате жесткой критики М. Минского и С. Пейперта в конце 1960-х, крупные исследования по нейронным сетям были свернуты на все следующее десятилетие. Основные претензии сводились к тому, что перцептрон был способен решать только достаточно простые задачи, а для более сложных, действительно "интеллектуальных" задач, он оказался непригоден. Это и породило выводы, что перцептрон в принципе нельзя относить к СИИ. Немного забегаая вперед, можно отметить, что уже в 1980-х стало понятно - неуспешность кибернетики в 1950-1960-е гг. скорее была связана с непригодностью программных и аппаратных средств того времени - малой памятью и низким быстродействием компьютеров. Критиковался же тогда не со-

всем тот перцептрон, который предлагал Розенблатт. Позже М. Минский даже публично извинился за свою критику перцептрона и примкнул к сторонникам кибернетического направления. Для этого были и иные основания: логическое направление ИИ столкнулось с теми же проблемами, в которых обвиняли нейрокибернетику.

*1970-е гг.: доминирование логического направления ИИ*

В 1970-е гг. количество работ по кибернетическому направлению ИИ стало снижаться, так как первые результаты не оправдали надежд. Основные усилия исследователей были направлены в сторону логического направления ИИ.

В 1963 - 1970 гг. логическое направление получило развитие за счет методов математической логики, в 1973 г. в рамках этого направления был создан знаменитый язык программирования Пролог. Но уже к середине 1970-х гг. выяснилось, что классических логических моделей явно не хватает для построения достаточно богатых и практически применимых интеллектуальных систем. Поэтому трудности с реализацией человеческого мышления средствами классической булевой логики были разрешены за счет концепции нечеткой логики, которая добавила логическому подходу большей гибкости. После основополагающих работ Л. Заде термин fuzzy (англ. нечеткий) стал ключевым словом ИИ<sup>4</sup>.

Существенный прорыв в практической применимости СИИ, создаваемых в рамках логического подхода, произошел в середине 1970-х гг., когда на смену поискам универсального алгоритма мышления пришла идея моделировать конкретные знания специалистов-экспертов. Интеллектуальные программы стали снабжать высококачественными знаниями предметной области, которые использовались для ограничения поиска на пути к решению задачи. Развитие этого направления привело к созданию концепции экспертных систем. Экспертные системы представляли собой компьютерную программу, заменяющую человека в некоторой отдельно взятой узкой области. С конца 1970-х гг. в США стали появляться первые коммерческие экспертные системы, что говорило о признании их практических возможностей.

Несмотря на явное преобладание логического подхода, продолжались работы и в области нейрокибернетики. В 1974 г. в докторской диссертации П. Вербоса был детально описан алгоритм обратного распространения ошибки, а в 1976 г. фон Мальсбург и Вильшоу опубликовали первую работу по самоорганизующимся картам, продемонстрировав действующую самоорганизующуюся нейросеть. Тогда этими разработками никто серьезно не интересовался, а в 1980-х, когда на них обратили внимание, это вызвало настоящий прорыв в нейрокибернетике.

*1980-е гг.: возрождение нейрокибернетики*

К началу 1980-х гг. СИИ, основанные на логическом подходе, не только показали возможности решения ряда важных задач, но и породили сомнения в том, что именно они призваны оставаться основными моделями искусственного интеллекта. Многочисленные дискуссии, проводившиеся по этому поводу в научных кругах, вновь привели к укреплению нейрокибернетического подхода. Его возрождению также сопутствовал значительный прогресс в области микроэлектроники и компьютерной техники. А появление в середине 1980-х гг. в Японии транспьютеров - параллельных компьютеров с большим количеством процессоров, позволило снять аппаратные ограничения, сдерживавшие развитие нейрокибернетики.

1980-е гг. ознаменовались для нейрокибернетики многочисленными теоретико-математическими разработками. В 1982 г. выходит работа Кохонена, посвященная новому классу нейронных систем - самоорганизующимся нейросетям, а Хопфилд предложил математическую модель ассоциативной памяти на нейронной сети. Настоящим прорывом в практическом приложении нейросетей в 1985-1986 гг. стало использование первого эффективного алгоритма их обучения - алгоритма обратного распространения ошибки. В конце 1980-х большое внимание стало уделяться эволюционному моделированию в СИИ - генетическим алгоритмам, воспроизводящим процессы естественного отбора в природе. Эволюционное моделирование использовалось для обучения нейросетей и подбора их оптимальной архитектуры. В 1988 г. произош-

ло последнее на сегодняшний день крупное открытие в области нейросетей, связанное с введением Брумхедом и Лоуе так называемых РБФ-сетей<sup>5</sup>.

С середины 1980-х гг. началась масштабная коммерциализация разработок в области нейрокибернетики, что означало их общественное признание. Продолжались исследования и в области логического подхода, но они были малочисленны и не слишком продуктивны.

Именно крупные открытия в области нейрокибернетики в 1980-х гг., в сочетании с бурным развитием микроэлектроники и компьютерных технологий привели к появлению СИИ, способных прогнозировать динамику цен акций фондового рынка. Благодаря всеобщей компьютеризации в то время активно развивалась инфраструктура самого фондового рынка, что значительно облегчало применение СИИ. С этого времени, по сути, и начались реальные попытки использования СИИ для прогнозирования цен акций фондового рынка.

Из-за относительной сложности нейросетей они не сразу вышли за рамки чисто научного применения, но волна интереса к этому направлению среди практиков фондового рынка значительно ускорила процессы их практического использования. Со временем уровень доверия к новым технологиям со стороны бизнеса повышался и уже в начале 90-х годов в средствах массовой информации стали регулярно появляться сообщения об установке нейросетевых систем в различных компаниях, банках, корпоративных институтах США, Японии и Европы. Причем прогнозирование временных рядов на финансовых рынках считалось одним из наиболее перспективных приложений нейросетей.

В конце 1980-х - начале 1990-х гг. появляются специализированные нейросетевые программы, ориентированные именно на прогнозирование цен акций фондового рынка. Наиболее популярными моделями таких нейросетей стали многослойный перцептрон,

нейросети Хопфилда, Хэмминга, Кохонена и нечеткие нейросети.

Настоящей революцией в применении нейросетей для прогнозирования цен акций фондового рынка можно считать начало 1990-х - время массового распространения персональных компьютеров. Так появились широкие возможности использования нейросетей на фондовом рынке не только крупными институциональными инвесторами, а каждому, кто имел персональный компьютер. В результате образовался отдельный рынок нейросетей для прогнозирования цен акций, ориентированных на массового покупателя. И такие программы сразу получили большую популярность среди частных трейдеров.

Пройдя достаточно серьезный путь эволюционного развития, нейросети фондового рынка приобрели характеристики, выгодно отличающие их от других математических методов прогнозирования, используемых на фондовом рынке. Благодаря этому, сегодня СИИ с уверенностью можно считать наиболее перспективным направлением прогнозирования цен акций. Но необходимо отметить и наличие у СИИ ряда особенностей, образующих весьма серьезные ограничения для их эффективной работы в условиях сильной динамики фондового рынка. Исправление этих недостатков в ходе дальнейшей эволюции СИИ вполне может позволить таким системам претендовать на лидирующее положение среди инструментов прогнозирования, используемых на фондовом рынке.

<sup>1</sup> *Ширяев В.И.* Финансовые рынки и нейронные сети. М., 2007. 224 с.

<sup>2</sup> *Бэстенс Д.-Э., Ван ден Берг В.-М., Вуд Д.* Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решений в торговых операциях. М., 1997. 236 с.

<sup>3</sup> *Ежов А.А., Шумский С.А.* Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе. М., 1998. 224 с.

<sup>4</sup> *Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М., 2004. 452 с.

<sup>5</sup> *Каллан Р.* Основные концепции нейронных сетей. М., 2001. 288 с.

*Поступила в редакцию 13.05.2009 г.*