

МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕЙ МНОГОАГЕНТНОЙ ИНТЕРНЕТ-СИСТЕМЫ *

Мосалов О.П., студ., Московский физико-технический институт, тел. 250-78-02, E-mail: olegmos_@mail.ru

Редько В.Г., д.ф.-м.н., Институт оптико-нейронных технологий РАН, тел. 135-78-02, E-mail: vgrekko135@mail.ru

Бурцев М.С., асп., Митин Н.А., к.ф.-м.н., Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, тел. 250-78-02, E-mail: mbur@narod.ru, mitin@keldysh.ru

АННОТАЦИЯ

Предлагается схема модели многоагентной Интернет-системы. Система состоит из нескольких эволюционирующих подпопуляций, распределенных на узлах Интернета. Оптимизация многоагентной системы осуществляется в результате: 1) индивидуального обучения агентов, 2) эволюции популяции агентов, 3) коммуникаций между агентами, 4) перелетов агентов между узлами Интернета.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является развитием модели искусственной жизни в Интернете [1], имитирующей эволюцию популяции интеллектуальных сетевых агентов в инфокоммуникационной среде. В [1] была построена довольно общая модель эволюции многоагентной системы, в которой агенты могли обучаться, размножаться, передавать друг другу сообщения и перелетать между узлами Интернета. Однако модель [1] перегружена деталями, что может вызвать трудности при решении прикладных задач. Поэтому здесь мы предлагаем более четкую схему модели, а также анализируем возможности ее применения к конкретной задаче предсказания временных финансовых рядов.

ОБЩАЯ СХЕМА МОДЕЛИ

Основные предположения модели состоят в следующем:

- 1) Есть популяция агентов, распределенных на нескольких узлах Интернета.
- 2) На каждом узле есть подпопуляция агентов.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 02-07-90197).

- 3) Есть временной ряд $X(t)$, $t = 0, 1, 2, \dots$, характеризующий курс акций на бирже. В каждый момент времени t каждому агенту необходимо по N предыдущим отсчетам $X(t-n)$ ($n = 0, 1, 2, \dots, N$) определить K последующих отсчетов $X(t+k)$ ($k = 0, 1, 2, \dots, K$), и на основании этого прогноза дать рекомендации пользователю по покупке/продаже акций.
- 4) Агент имеет нейронную сеть, осуществляющую прогнозы. Нейронная сеть имеет N входов и K выходов. На входы подаются предыдущие отсчеты, на выходах формируется прогноз.
- 5) По результатам сделанных прогнозов происходит обучение агентов путем настройки синапсов нейронной сети методом обратного распространения ошибки.
- 6) Агент играет на бирже виртуально, используя свой прогноз. Агент имеет определенный жизненный ресурс R (количество виртуальных денег). При совершении виртуальных сделок жизненный ресурс увеличивается или уменьшается в соответствии с игрой агента.
- 7) Если в результате удачной виртуальной игры агента его жизненный ресурс превысит определенный предел R_m , то такой агент становится половозрелым.
- 8) Два половозрелых агента на одном узле рожают нового агента.
- 9) Структура и начальные (полученные при рождении) веса синапсов нейронной сети составляют геном агента.
- 10) При рождении нового агента его геном формируется из геномов родителей в результате рекомбинации и мутаций генов.
- 11) Половозрелые агенты с определенной вероятностью посылают сигналы на другие узлы Интернета о своей готовности дать потомство. Если агент половозрелый и получает достаточно много таких сигналов из других узлов, то он перелетает в какой-либо из узлов.
- 12) Если жизненный ресурс агента уменьшается до нуля, то такой агент умирает.

Опишем кратко основные особенности модели.

СХЕМА ВИРТУАЛЬНОЙ ИГРЫ АГЕНТА НА БИРЖЕ

В данной версии модели предполагается, что в процессе виртуальной игры агент руководствуется простыми эвристическими правилами. При этом считаем, что при совершении сделки агент затрачивает некоторый ресурс ΔR (платит за участие в игре), а, используя свой прогноз, он оценивает, разумно ли совершить ту или иную сделку, и действует в соответствии с такими оценками.

Суть эвристических правил сводится к следующему:

- А) Если согласно прогнозу курс акций в ближайшем будущем (в течение K следующих тактов времени) будет меняться незначительно, так что ожидаемые колебания курса меньше, чем затраты на сделку ΔR , то агент не совершает никакой сделки, а ждет более выгодной ситуации.
- Б) Если ожидается сильное повышение курса акций, то агент покупает пакет акций.
- В) Если согласно прогнозу ожидается сильное понижение курса акций, то агент продает пакет акций.

Более детально используемые эвристические правила изложены в [2].

Общая схема управления агента представлена на рис. 1.

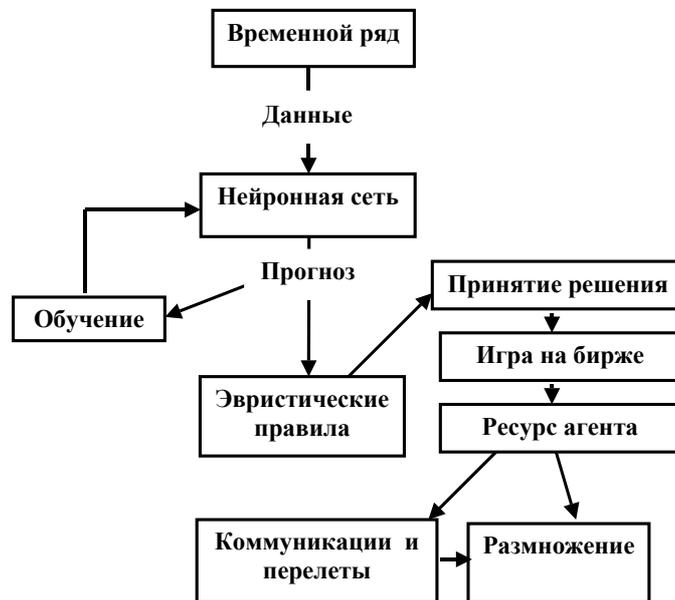


Рис.1. Схема управления агента.

СХЕМА СКРЕЩИВАНИЯ АГЕНТОВ

Геном агента кодирует структуру и начальные веса синапсов нейронной сети. Считаем, что нейронная сеть имеет три слоя: слой входов, скрытый слой и выходной слой. Число нейронов в скрытом слое может меняться, но не превышает определенного значения N_h . При скрещивании происходят рекомбинации хромосом, входящих в геномы

родителей, мутации и формирование генома потомка. Охарактеризуем схему рекомбинаций и мутаций.

Предполагаем, что в геном агента входит две хромосомы: \mathbf{G}_B , \mathbf{G}_W . Хромосома \mathbf{G}_B кодирует наличие/отсутствие того или иного нейрона в скрытом (промежуточном) слое нейронной сети прогноза. Хромосома \mathbf{G}_W кодирует начальные веса (получаемые при рождении) связей нейронов в скрытом слое с нейронами входного и выходного слоя. Хромосомы кодируются векторами. Размерность вектора \mathbf{G}_B равна максимально возможному числу нейронов скрытого слоя, N_h . Компоненты этого вектора бинарны: $G_{Bi} = 0, 1$. $G_{Bi} = 1$ соответствует наличию i -го нейрона в скрытом слое; $G_{Bi} = 0$ соответствует отсутствию i -го нейрона в скрытом слое. Размерность вектора \mathbf{G}_W равна $N_h \cdot N + N_h \cdot K$. Компоненты этого вектора – действительные числа. Если какой-либо нейрон в скрытом слое отсутствует ($G_{Bi} = 0$), то и веса его синаптических связей с нейронами входного и выходного слоя автоматически равны нулю.

Скрещивание моделируется следующим образом.

Сначала происходит равномерная *рекомбинация* двух родительских хромосом \mathbf{G}_{B1} и \mathbf{G}_{B2} , при которой каждая компонента хромосомы потомка \mathbf{G}_{Bc} выбирается случайно либо от первого, либо от второго родителя. Это соответствует формированию набора нейронов скрытого слоя потомка. При этом формируется и вектор \mathbf{G}_{Wc} потомка, а именно, если $G_{Bci} = 1$, то веса связей i -го нейрона скрытого слоя с нейронами входного и выходного слоев берутся от того родителя, от которого взята данная компонента вектора \mathbf{G}_{Bc} . Если $G_{Bci} = 0$, то веса связей i -го нейрона с нейронами входного и выходного слоев просто равны нулю.

Далее происходят мутации обеих хромосом: \mathbf{G}_B , \mathbf{G}_W .

Мутации моделируются следующим образом.

Сначала происходят мутации хромосомы \mathbf{G}_{Bc} – с малой вероятностью P_{bmut} каждая из компонент вектора \mathbf{G}_{Bc} заменяется на случайную величину (0 либо 1 с равной вероятностью для этих двух значений). При этом если произошла замена с $G_{Bci} = 1$ на $G_{Bci} = 0$, то веса связей i -го нейрона скрытого слоя с нейронами входного и выходного слоев обнуляются. Если произошла обратная замена, с $G_{Bci} = 0$ на $G_{Bci} = 1$, то веса связей i -го нейрона скрытого слоя с нейронами входного и выходного слоев выбираются случайными.

Далее осуществляются мутации начальных весов синапсов, кодируемых вектором \mathbf{G}_{Wc} для всех ненулевых компонент вектора \mathbf{G}_{Bc} . При этих мутациях к весам добавляется нормально распределенная величина с нулевым средним и с среднеквадратическим отклонением P_{wmut} .

ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЙ ПОПУЛЯЦИИ, СВЯЗЬ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ

Все агенты действуют синхронно, т.е. время t для всех узлов одинаково. Если агент в данный такт времени скрещивается или перелетает, то он в этот такт времени не делает прогноза и не участвует в сделках.

Агенты играют на биржах виртуально, т.е. сами они не совершают сделок. Но на каждом узле пользователь может принимать решения в соответствии с рекомендациями агентов. Предполагаем, что пользователь следует рекомендациям того агента, у которого ресурс возрастает с максимальной скоростью.

СОСТОЯНИЕ РАБОТЫ НАД МОДЕЛЬЮ

К настоящему времени создана программная реализация модели на языке Java и начаты исследования модели. Проведены компьютерные эксперименты, в результате которых определен набор параметров, при которых нейронная сеть агентов обеспечивает вполне разумные предсказания временного ряда. Дальнейшая работа над моделью предполагает 1) анализ процедур размножения, коммуникаций и перелетов, 2) введение второй нейронной сети, предназначенной для принятия решений во время игры на бирже (вместо эвристических правил), 3) детальное исследование модели, 4) анализ других приложений, например, оценку прогноза экономических состояний промышленных предприятий на основе Интернет-данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гертзель Б.Н., Маклаков Ю.В. Редько В.Г. Модель искусственной жизни в Интернете. Первые результаты. // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: Сб. трудов международного научно-практического семинара, Коломна, 17-18 мая 2001. – М.: Наука. Физматлит, 2001. С. 233-237.
2. Мосалов О.П., Бурцев М.С., Митин Н.А., Редько В.Г. Модель многоагентной интернет-системы, предназначенной для предсказания временных рядов // V Всероссийская научно-техническая конференция "Нейроинформатика-2003". Сборник научных трудов. Ч. 1. М.: МИФИ, 2003. С.177-183.