

# МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ ПОПУЛЯЦИИ ИНВЕСТИРУЮЩИХ АГЕНТОВ\*

М.А. Ляшко, В.Г. Редько, С.М. Тухвебер  
Институт оптико-нейронных технологий РАН,  
Московский физико-технический институт

В настоящей работе предлагается модель многоагентной компьютерной системы, которая обеспечивает принятие решений о распределении денежных средств среди производственных фирм.

## Общая схема модели

Предполагается, что имеется экономическая производственная система, в которой есть множество производственных фирм. Каждая фирма имеет набор параметров  $X$ , полученных из фундаментального анализа ее экономического состояния. По этим параметрам можно оценить привлекательность фирмы. Имеется инвестиционный банк, который может вкладывать в фирмы денежные средства и получать от этих средств прибыль или убытки. Принятие решения о распределении средств среди производственных фирм (инвестирование) обеспечивают компьютерные «интеллектуальные» агенты. Инвестиционный банк выделяет денежные средства в соответствии с рекомендациями этих агентов. Деятельность популяции агентов оптимизируется в результате эволюционной оптимизации популяции. Предполагается, что функционирование многоагентной системы происходит в дискретном времени  $t = 0, 1, 2, \dots$ . Каждый такт времени агенты оценивают привлекательности  $Pr_i$  представленных на рынке фирм по векторам их параметров  $X_i$  ( $i$  – номер фирмы) и по их привлекательностям оценивают долю денежных средств  $M_i$ , которую нужно вложить в ту или иную фирму.

## Схема работы и оптимизации многоагентной системы

Предполагается, что агент имеет две нейронные сети (рис. 1).

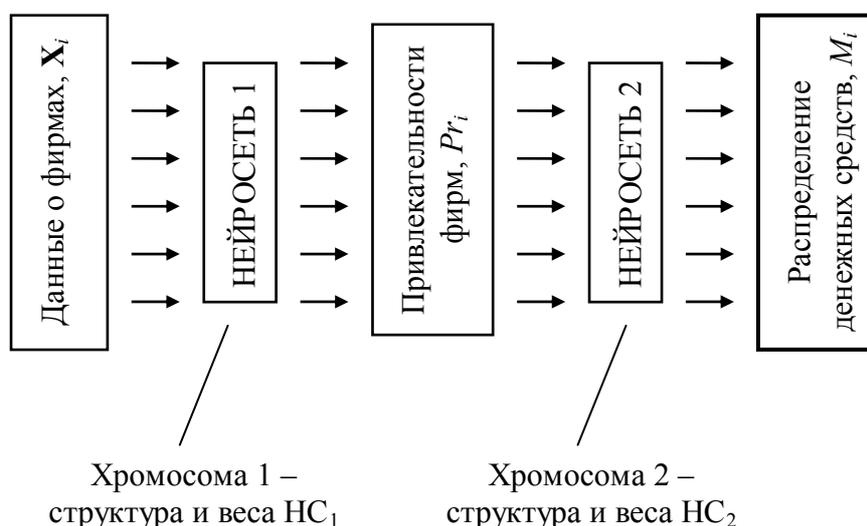


Рис. 1. Схема работы агента.

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

Первая нейронная сеть (НС<sub>1</sub>) осуществляет оценку привлекательностей фирм  $Pr_i$  по векторам их параметров  $X_i$ , вторая нейросеть (НС<sub>2</sub>) на основе привлекательностей фирм  $Pr_i$  определяет распределение денежных средств по фирмам  $M_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N_f$ ,  $N_f$  - число фирм.

Первоначальное обучение нейронных сетей осуществляется методом обратного распространения ошибки [1] на основе данных, представляемых экспертом. Дальнейшая оптимизация многоагентной системы осуществляется эволюционным путем, на основе генетического алгоритма [2]. При этом веса синапсов нейронных сетей НС<sub>1</sub> и НС<sub>2</sub> являются генами хромосом рассматриваемого агента.

В процессе эволюции важную роль играет ресурс агента  $R$ . Ресурс агента – это виртуальное количество денег, которое имеет агент. Ресурс  $R$  меняется в соответствии с прибылью, которую получает инвестиционный банк от денежных средств, вложенных по указаниям данного агента (прирост ресурса пропорционален получаемой прибыли). Если ресурс уменьшился до нуля, то данный агент погибает. Если ресурс превысил определенный предел  $R_M$ , то агент становится половозрелым. Если в популяции появилось два половозрелых агента, то они дают потомка. Хромосомы потомка формируются из хромосом родителей путем равномерной рекомбинации (каждый ген выбирается случайно от одного из двух родителей) и мутаций генов. Отметим, что в данной схеме модели, в отличие от обычной схемы генетического алгоритма [2] не вводится явным образом функция приспособленности, приспособленность является эндогенной, т.е. особи умирают и рождаются естественным путем, в зависимости от их ресурса. Эндогенная приспособленность характерна для моделей "Искусственной жизни" [3, гл. 6].

### Обсуждение

Модель предполагает, что первоначальное обучение нейронных сетей производится на основе знаний эксперта. Здесь наша задача облегчается тем, что один из авторов (М.Л.) является таким экспертом и может предоставить обучающую выборку для формирования начальных весов НС<sub>1</sub> и НС<sub>2</sub>.

Отработку модели целесообразно проводить не в конкретном инвестиционном банке, а используя реальные данные экономических систем, в предположении (вполне разумном), что наша популяция агентов имеет малое влияние на экономическую систему, поэтому распределение денежных средств, выполненное агентами в настоящем времени, не скажется существенно на работе фирм в будущем, и мы можем использовать данные об изменении стоимости акций фирм для определения изменений ресурсов агентов.

Настоящая версия модели предполагает только эволюционную оптимизацию работы популяции агентов. Дальнейшее развитие модели предполагает введение в модель индивидуального обучения агентов на основе теории адаптивных критик [4].

### Литература:

1. Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.G. Learning representation by back-propagating error // *Nature*. 1986. V.323. N.6088. P. 533-536.
2. Holland, J.H. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press, 1975. 2nd edn. Boston, MA: MIT Press, 1992.
3. Редько В.Г. *Эволюционная кибернетика*. М.: Наука, 2001.
4. Prokhorov D., Wunsch D. Adaptive critic designs // *IEEE Trans. on Neural Networks*. 1997. Vol. 8. N.5. P.997-1007.