

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

---

МАТЕРИАЛЫ

XXXI ВСЕСОЮЗНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ  
ПО ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

октябрь-ноябрь 1989

ЧАСТЬ II

Секция истории биологической и биоорганической  
химии, наук о Земле, техники, социально-экономических  
проблем науки, психологических проблем научной  
деятельности, общей истории естествознания и  
методологии научных исследований

МОСКВА 1990

Развитие идеи самоорганизации в кибернетике и  
искусственном интеллекте

асп. В.А.Герович (Москва)

В кибернетике и искусственном интеллекте (ИИ) часто используется термин "самоорганизация". При этом его трактовка нередко отличается от понятия "самоорганизующиеся системы", введенного в 1947 г. У.Р.Эшби. Встает вопрос: как соотносится понимание идеи самоорганизации в кибернетике и в ИИ, является ли оно единым внутри самой кибернетики и внутри самого ИИ?

Основной тезис классической кибернетики состоял в том, что управление как в машинах, так и в живых организмах осуществляется единым образом - по принципу обратной связи. Обратная связь предусматривает наличие у системы определенной цели и регулярную сверку промежуточных, текущих состояний (выходов) системы с этой целью для корректировки поведения. В технике этот принцип применяется давно, кибернетика же предложила такой способ описания и для поведения живых организмов.

Стали создаваться различные механизмы, моделирующие те или иные аспекты поведения человека или животных. При этом цель так или иначе связывалась с адаптацией к окружающей среде. И такие системы получили название "адаптивных". Возникли разные представления о механизме адаптации. Одна из точек зрения заключалась в том, что адаптация живых организмов происходит путем перехода их нервной системы или каких-то ее отделов из первичного неупорядоченного состояния в упорядоченное, способное управлять целенаправленным поведением - своеобразный аналог идеи "чистой доски", *tabula rasa*. По этому принципу были построены "гомеостат" У.Р.Эшби и "персептрон" Ф.Розенблатта. Системы такого типа стали называть "самоорганизующимися". Назовем этот механизм "кибернетической самоорганизацией". Для него характерен перевод системы из неупорядоченного в целевое упорядоченное состояние путем детерминированного пошагового устранения случайности из структуры системы за счет использования информации, поступающей по каналу обратной связи.

В кибернетике позднее нередко стали называть "самооргани-

зущимися" вообще любые адаптивные системы, подчеркивая тем самым самостоятельный характер поведения системы. Такое употребление термина "самоорганизация" относилось уже не механизму действия системы, а к ее функции. Будем называть эту характеристику "функциональной самоорганизацией". Она описывает способность системы самостоятельно адаптироваться к условиям среды или условиям задачи, при этом выбор механизма этой адаптации не важен. Позднее можно часто встретить в кибернетике и ИИ функциональную самоорганизацию под именем "самообучения".

ИИ как исследовательская область возник в середине 50-х годов нашего века. Его целью было провозглашено создание машин, способных выполнять интеллектуальные функции. При этом исследователи ИИ открыто противопоставили свой подход кибернетике, в частности, "самоорганизующимся системам". Они отказались от кибернетического моделирования нейронной активности мозга, избрав путь моделирования интеллекта на компьютерах, обрабатывающих символную информацию. Человеко-машинный параллелизм, проводимая кибернетикой на физиологическом (аппаратном) уровне, перенесена в ИИ на символический уровень. Машинная модель отражала теперь не как работает человеческий мозг, а что он делает. В связи с этим отпала необходимость в случайно организованных нейроноподобных сетях и в кибернетической самоорганизации. Но вместе с идеей физиологического параллелизма была отброшена и идея самоорганизации как механизма осуществления целенаправленной деятельности.

В раннем ИИ предпринята единственная попытка использовать идею самоорганизации, но очень своеобразным способом. В 1959 г. на междисциплинарной конференции по самоорганизующимся системам был представлен доклад видных исследователей ИИ А. Ньюэлла, Дж. Шоу и Г. Саймона. Они создали систему GPS (*General Problem Solver* - Общий Решатель Проблем), предназначенную для решения произвольных интеллектуальных задач, представленных в особой форме. И саму задачу улучшения работы своей системы они сумели представить в форме, подпадающей под компетенцию GPS, т.е. система как бы могла улучшать сама себя. На самом деле здесь одна система GPS улучшала другую систему GPS, т.е. имела место организация, а не самоорганизация, лишь управляющий орган идентичен управляемому. Идея, однако, не была развита авторами и осталась забытой.

В дальнейшем термин "самоорганизация" исчез из работ по ИИ, но можно обратить внимание на ряд исследований, тесно, на наш взгляд, связанных с идеей самоорганизации. Речь идет об "эволюционном моделировании". Отправляясь, как и кибернетики, от случайно организованной структуры типа "чистой доски", "эволюционисты" применяли метод случайных мутаций и отбора по результатам выполнения интеллектуальных функций получившейся структуры. Заметим, что изменения характеристик "перцептрона" при самоорганизации были не случайны, а направлены: усиливались "полезные" связи и ослаблялись "вредные". Эволюция систем Р. Фридланда и Л. Фогеля к интеллектуальному поведению шла очень медленно и неэффективно, к тому же выяснилось, что наследование свойств "родителей" вообще не имеет смысла, так как мутации и из исходного произвольного состояния дают тот же результат. Назовем этот механизм "эволюционной самоорганизацией".

Всплеск нового интереса к самоорганизации в ИИ пришелся на вторую половину 70-х - начало 80-х годов. Д. Ленат создал систему "Эвриско", состоящую из множества эвристик (правил вида "ЕСЛИ условие ТО действие" со сложной структурой), способных изменять друг друга (как содержание, так и структуру) и порождать новые эвристики. Система достигла высокого интеллектуального уровня благодаря, как выразился Ленат, "СИНЕРГИИ", т.е. такому взаимодействию частей системы, которое улучшает поведение системы в целом.

В системе "Эвриско" каждый ее элемент может потенциально воздействовать на любой другой ее элемент и вследствие этого получать обратное воздействие - связи между элементами носят "самообращенный" характер. В системах же типа "перцептрон" для эволюционных моделей элементы пассивны и изменяются внутренним управляющим органом либо случайным образом. В "Эвриско" элементы связаны так, что управление не воздействует на каждый из них отдельно, но создает новые условия для их взаимодействия. Назовем такой механизм "синергетической самоорганизацией". Он схож с процессом возникновения структур в нелинейных, неравновесных системах, изучаемых синергетикой. Источник нелинейности обнаруживается здесь так же в "самообращенности" внутренних связей системы (примером могут служить изучаемые школой И. Пригожина авто- и кросс-каталитические реакции. Как это ни парадоксально

звучит, но именно синергетическое, а не кибернетическое понимание идеи самоорганизации проявляет классик кибернетики Н. Винер в десятой дополнительной главе второго издания "Кибернетики (1961). Он объясняет самоорганизацию мозговых волн нелинейным взаимодействием внутренних генераторов частот.

Таким образом, в кибернетике и в ИИ, помимо чисто функционального понимания самоорганизации как самообучения, возникло три различных представления о механизме самоорганизации:

1 - кибернетическое: переход к упорядоченному состоянию за счет направленной детерминизации исходного неупорядоченного состояния;

2 - эволюционное: поиск упорядоченного состояния путем случайного перебора возможных состояний;

3 - синергетическое: возникновение порядка за счет установления особого типа связи между элементами системы и создания условий для их самоорганизации.