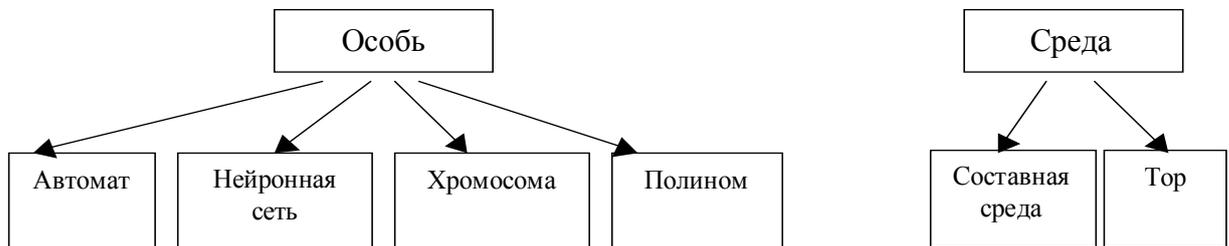


Объектно-ориентированные обобщенные модели эволюции

Исследований, посвященных моделированию эволюции различных объектов, проводится в настоящее время немало. Обычно исследователь имеет дело с весьма ограниченным кругом «любимых» моделей, реализуя в них те или иные принципы эволюции, решая свои вполне конкретные задачи. Время работ, посвященных моделированию эволюции «вообще», лишь для проверки принципов и возможностей моделей самих по себе, казалось бы, миновало. Однако в настоящей работе предлагается вернуться именно к «бессодержательным» моделям с целью выявления возможных модельных инвариантов. Причем нас интересуют инварианты не биолого-эволюционного типа, а сугубо «технические», программные, связанные с объектно-ориентированной реализацией.

Рассмотрим следующий ряд наиболее распространенных моделей. Модель особи: конечный стохастический автомат, простая нейронная сеть, двоичная хромосома и полином. В качестве среды обитания этих особей рассмотрим составную среду и тороидальную поверхность.



Составная среда S представляет собой множество обучающих последовательностей E_n вида «вход-выход» (или «стимул-реакция»):

$$S = \{E_n\},$$

$$E_n = \{\varphi_n^i\},$$

$$\varphi_n^i = (x, y),$$

x - входной символ, y - выходной символ (требуемая реакция).

Таким образом, составная среда представляет собой *множество обучающих примеров*, а результатом эволюции является популяция особей, реагирующих на входные последовательности символов требуемым образом.

Тороидальная среда – это конечное множество клеток (поле), каждая из которых обладает некоторым *ресурсом*, значение которого определяется наперед заданным законом. Особи, «живущие» в этой среде, могут перемещаться по полю, определять наличие ресурса в соседних клетках, а также «видеть» друг друга. Задачей является банальное выживание.

Модели особей достаточно хорошо описаны в многочисленных работах, поэтому остановимся на них лишь вкратце.

Конечный стохастический автомат. Имеет детерминированную матрицу переходов. С каждым состоянием связан массив стохастических векторов, определяющих вероятности выдачи той или иной реакции на входное воздействие. При совершении «правильного» действия автомат «поощряется» - увеличивается соответствующая вероятность, при неправильном действии - «наказывается».

Нейронная сеть состоит из двух слоев – слоя рецепторов и слоя ассоциативных элементов. Поощрение/наказание приводит к изменению весов.

Двоичная хромосома и полином выбраны «для контраста», как модели с предельно вырожденными структурами без фенотипической составляющей.

Задачей моделирования является реализация как можно большего числа возможных комбинаций моделей особей и сред их обитания.

Объединение столь разных моделей особей и возможных сред их существования не должно нарушать логики работы общего эволюционного алгоритма:

1. Получение внешнего сигнала
2. Совершение действия
3. Оценка (поощрение/наказание)
4. Размножение
5. Переход к П.1.

При этом условием естественным образом формируется такой инвариантный объект, как *обобщенная модель особи I*:

$$I = (P, V),$$

где **P** – множество параметров (имя, число структурных единиц, период размножения, возраст, показатель качества особи, накопленный штраф и т.п.).

V – множество методов. В том числе:

- принять сигнал и совершить действие;
- выдать копию своей структуры;
- изменить структуру (мутация);
- получить оценку.

Причем все эти методы являются виртуальными, определяемыми конкретной реализацией объекта.

Модель *эволюции*, как объект, представляет собой четверку

$$E = (Pe, Env, Arb, Pp),$$

где **Pe** - параметры эксперимента, **Env** – среда, **Arb** – арбитр, **Pp** – популяция.

Работа по реализации эволюции осуществляется управляющим классом «Арбитр». Основными методами класса являются:

- сгенерировать_сигнал(t, a, P, E) – выдача особи сигнала среды;
- изменить_состояние_среды(E, P, t) – изменение состояния среды;
- оценить(a, r, s, P, E, t) – принять реакцию особи и оценить ее;
- репродуцировать(P, E) – размножение популяции.

Здесь: t – время, a – особь, P – популяция, E – среда, s – входной сигнал, r – реакция особи.

Полученная обобщенная объектная модель позволяет легко вводить новые классы. Например, для тороидальной среды оказалось целесообразным развитие класса КСА и создание на его основе автомата, вершины которого содержат фрагменты нейронных сетей. Таким образом можно говорить о введении памяти на сетях (получая нейроавтомат либо нейронную сеть с переходами).

При подобной организации классов *объектная модель эволюционного процесса* выглядит так:

Цикл для каждого момента времени t

Арбитр → изменить_состояние_среды (Env, Pp, t)

Цикл для каждой особи $a[i]$

-- сгенерировать сигнал среды

$s :=$ **Арбитр** → сгенерировать_сигнал($t, a[i], Pp, Env$)

-- принять сигнал среды s и совершить действие r

$r :=$ **$a[i]$** → принять_сигнал(s)

-- оценить действие r

Арбитр → оценить($a[i], r, s, Pp, Env, t$)

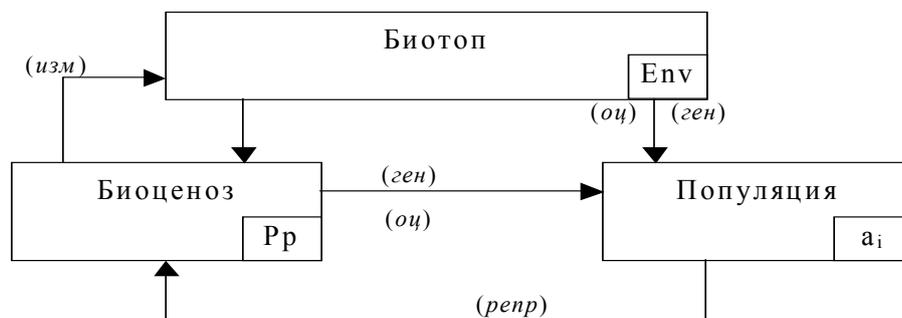
Конец цикла

-- Размножение

Арбитр → репродуцировать(Pp, Env)

Конец цикла

Этот метод выявления инвариантов, который можно назвать в некотором смысле индуктивным, не является, конечно, единственным. Как не являются единственно возможными и оптимальными рассматриваемые модели объектов. Однако важным представляется то обстоятельство, что полученная объектная модель хорошо согласуется со схемой биогеоценоза, в которой биотопу соответствует класс «Среда», биоценозу – класс «Популяция», а самой биопопуляции – множество особей – объектов эволюции. При этом класс «Арбитр» определяет взаимодействия между компонентами схемы:



Пометки дуг соответствуют методам класса «Арбитр»
(*оценить_действие, изменить_состояние_среды, сгенерировать_сигнал,
репродуцировать*).