



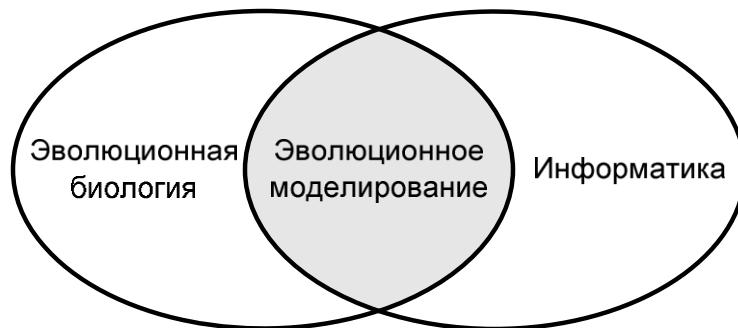
Лекция №6

Эволюционное моделирование и генетические алгоритмы

Эволюционное моделирование (ЭМ)



Эволюционное моделирование (evolutionary computation) – направление в искусственном интеллекте, в основе которого лежат принципы и понятийный аппарат, заимствованные из эволюционной биологии и популяционной генетики и объединяющие компьютерные методы (генетические алгоритмы, генетическое программирование, эволюционное программирование и эволюционные стратегии) моделирования эволюционных процессов в искусственных системах.



Назначение и области применения ЭМ



ЭМ применяется:

- Для изучения и моделирования отдельных процессов естественной эволюции.
- Для совершенствования существующих искусственных систем за счет наделения их свойствами адаптивного поведения и самоорганизации на основе методов ЭМ.
- Для автоматизации решения различных оптимизационных задач науки и техники.

Назначение и области применения ЭМ



Области применения методов ЭМ:

- системы технического проектирования;
- системы автоматического управления и регулирования;
- коммуникационные и транспортные системы;
- управление в социально-экономических системах и др.

История развития ЭМ



Впервые идея ЭМ была явно сформулирована еще в 60-х гг. **Лоуренсом Дж. Фогелем** в работе «Искусственный интеллект и эволюционное моделирование» ([Fogel, 1966] или в русском переводе [Фогель Л. и др., 1969]).

Основная концепция ЭМ:

Заменить процесс моделирования системы моделированием эволюции образующих ее объектов.

История развития ЭМ



Идея ЭМ была лишь одной в ряду многих, появившихся в то время новых концепций создания интеллектуальных систем.

Сама работа во многих отношениях была подвержена критике. К сожалению, авторы лишь декларировали основной эволюционный принцип создания искусственного интеллекта.

С содержательной же точки зрения была выбрана далеко не лучшая структура эволюционирующего объекта (в виде детерминированного конечного автомата). Можно сказать, что процесс эволюции как таковой полностью выпал из рассмотрения.

История развития ЭМ



Практически одновременно с работами Фогеля создавались разнообразные модели, которые могли бы стать основой для ЭМ. Например, исследования М.Л. Цетлина по теории автоматов ([Цетлин, 1969]) могли бы дать ЭМ замечательную модель объекта эволюции. С другой стороны, интенсивно развивались и формализовывались модели эволюции как таковой ([Шмальгаузен, 1968]). Однако пересечения этих трех составляющих ЭМ – самой концепции создания сложных систем на основе эволюции простейших, модели эволюционирующей особи и формальной эволюционной теории – в тот момент, к сожалению, не произошло.

История развития ЭМ



Новый этап в развитии ЭМ ознаменовался прежде всего появлением такого явления, как генетические алгоритмы (ГА).

Предложенные Джоном Холландом (John Holland) [Holland, 1975] генетические алгоритмы (ГА) изначально претендовали на революционный метод решения интеллектуальных поисковых задач.

Приверженцы этого направления утверждают, что ГА основываются на теории эволюции Дарвина (а именно, на идее естественного отбора).

Сейчас ГА рассматриваются как некий стохастический оптимизационный метод, иногда дающий неплохие результаты (т.е. с помощью ГА можно находить экстремумы).

История развития ЭМ



В то же время предпринимались попытки возобновления исследований в области ЭМ. Речь идет прежде всего о работах И.Л. Букатовой ([Букатова, 1975]). Однако даже в одной из наиболее значительных работ ([Букатова и др., 1991]) факторы эволюции лишь декларировались. Фактически речь шла о повторении исследований Фогеля на несколько более высоком качественном уровне с улучшенной методологической проработкой.

Не исключено, что само мышление человека (инсайт – озарение) является эволюционным процессом.

Принятый в ЭМ подход достаточно хорошо сходится и с представлениями биологов относительно того, что отличает живые организмы высокого уровня развития от примитивных.

Современное состояние ЭМ



Говоря о современном состоянии вопроса необходимо хорошо ориентироваться в огромном количестве терминов, общим для которых является добавка «эволюционное»: эволюционная кибернетика, эволюционная биокибернетика, эволюционные модели и прочие эволюционные системы.

К эволюционному моделированию относят и т.н. модели искусственной жизни и молекулярно-генетические системы, т.е. все, в чем так или иначе может фигурировать эволюция, биология и т.п.

Методология ЭМ



Оставаясь в рамках декларированных изначально целей ЭМ необходимо рассмотреть следующий вопрос:

Возможен ли в ЭМ переход от задачи поиска экстремума в заданном пространстве задач (структур, состояний и т.п.) к задаче формирования качественно новых, сложных, выходящих за пределы начального пространства объектов.

ЭМ, как метод решения задач, можно представить в виде тройки:

$$\text{ЭМ} = \langle \mathbf{M}, \mathbf{O}, \mathbf{Z} \rangle,$$

где **М** – модель эволюции, **О** – эволюционирующий объект, **З** – решаемая задача или критерии эволюции.

Особенности эволюционного моделирования как технологии оптимизации



- ✓ Вместе с обычным чаще всего используется закодированное представление значений параметров задачи (как правило, в виде хромосомы).
- ✓ Поиск осуществляется не из единственной точки, а из «популяции» точек.
- ✓ Специфика работы позволяет накапливать и использовать знания об исследованном пространстве поиска и следовательно проявлять способность к самообучению.

Особенности эволюционного моделирования как технологии оптимизации



- ✓ В процессе поиска используется значение целевой функции, а не ее приращения.
- ✓ Применяются вероятностные, а не детерминированные правила поиска и генерации решений.
- ✓ Выполняется одновременный анализ различных областей пространства решений, в связи с чем возможно нахождение новых областей с лучшими значениями целевой функции за счет объединения субоптимальных решений из разных популяций.

Соответствие терминов эволюционной и математической моделей



Эволюционная модель	Математическая модель
Хромосома	Решение, объект, строка, последовательность
Ген	Переменная, параметр, характеристика, признак
Аллель	Значение фрагмента закодированного параметра
Локус	Номер фрагмента закодированного параметра
Генотип	Множество закодированных решений задачи, пространство поиска
Фенотип	Множество решений задачи, пространство решений
Особь, индивидуум	Объект, система
Пригодность, приспособленность	Качество, оптимальность
Fitness-функция	Целевая функция
Популяция	Множество решений
Поколение	Итерация работы эволюционного алгоритма

Преимущества алгоритмов ЭМ как методов оптимизации



- 1) Независимость от вида функции, включая поддержку неаналитического задания функции.
- 2) Независимость от области определения и типов переменных оптимизации.
- 3) Применение к широкому диапазону задач без модификации алгоритма.
- 4) Высокая помехозащищенность.
- 5) Как следствие адекватная робастность (способность лишь постепенно снижать качество работы по мере приближения к границам допустимой надежности данных).

Преимущества от реализации концепции ЭМ



- 1) Оптимизация системы происходит одновременно с ее проектированием.
- 2) Одновременно исследуется множество вариантов системы.
- 3) Минимальное участие человека в проектировании системы за счет появления эффекта самоорганизации в образующих ее (систему) объектах.
- 4) Возможность гибкого проектирования и исследования систем с элементами адаптивного поведения.