

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ПАРАДИГМА* ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Тимченко А.А., д.т.н., профессор, Снитюк В.Е., к.т.н., доцент,
Стасть С.В., к.т.н., доцент,

В статье изложены основные идеи и принципы нового подхода к проектированию сложных технических систем, в котором используются методы адаптивных природных процессов и алгоритмы функционирования мозга человека. Предложена композиционная модель, которая объединяет методы искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмов.

In the article basic ideas and principles of the new approach for complex technical systems design, in which the adaptable natural process methods and the human brains function algorithms, are given. The joined artificial neural nets and genetic algorithms methods composed model is suggested.

Новые тенденции в проектировании. Проектирование сложных технических систем (СТС) есть одной из составляющих их жизненного цикла, который в значительной мере базируется на теории и методах принятия решений. Процесс создания СТС начинается научными исследованиями, проходит через этапы генерации или синтеза проектных решений, выбора среди них оптимальных и их анализа. Каждый из этапов происходит в условиях априорной неопределенности, к которым принадлежат:

- отсутствие полноценных начальных данных и ограничений;
- невозможность полноты формализации на множестве задач, которые необходимо решить;

* Парадигма – самодовлеющая совокупность основных идей и принципов, которая разрешает на собственной мировоззренческой основе формировать целостную за внутренним единством картину объективного мира.

- большая мощность множества классов моделей и методов их обработки;
- несогласование требований заказчиков с возможностями проектировщиков.

В последнее время значительного влияния на процессы проектирования приобрели факторы возрастающей субъективизации принятия решений и влияния виртуализации будущих технических систем. Последний фактор указывает на то, что СТС в будущем будут принимать участие в создании виртуальных предприятий, то есть таких, которые формируются и используются для изготовления определенной продукции и имеют пространственную разнесенность и временные ограничения. Субъективизация процесса проектирования свидетельствует о возрастании роли отдельных индивидуумов в принятии решений, которая возможна при слабом развитии аналитических служб, что можно наблюдать сегодня в стране.

Такие обстоятельства требуют решения значительного количества оптимизационных задач, не каждая из которых может быть разрешима методами интегро-дифференциального исчисления. Ведущее место начинают занимать методы, которые относятся к неклассической парадигме и наследуют эволюционные процессы в природе и приемы мышления человека, с помощью которых он познает мир.

Классификация проектных задач data mining. Процесс получения проектного решения в значительной мере состоит в получении новых знаний из некоторого заведомо заданного набора данных путем функциональных преобразований и логических умозаключений. К актуальным проектным задачам, которые базируются на технологии обработки данных (data mining), относятся:

- формирование моделей нелинейных и сложных математических систем, а также прогнозирование их развития во времени:

$$Y = F(X), \quad (1)$$

$$y_k = G(x_0, x_1, \dots, x_k, y_0, y_1, \dots, y_{k-1}), \quad (2)$$

где X - вектор входных параметров, Y - вектор выходных характеристик, $x_i = x(t_i)$, $y_i = y(t_i)$;

- моделирование систем управления и регулирование с упреждением, управление роботами, сложными устройствами;
- вычисление параметров разнообразных конечных автоматов, систем массового обслуживания, телекоммуникационных систем

$$P = H(X, Y); \quad (3)$$

- создание ассоциативных моделей и ассоциативная обработка информации

$$I_n \xrightarrow{A} I_k, \quad (4)$$

где A - ассоциативное преобразование, I_n - начальная информация, I_k - конечная;

- распознавание зависимостей в наборах данных

$$\{D_1, D_2, \dots, D_n\} \rightarrow Q\{D_1, D_2, \dots, D_n\}; \quad (5)$$

- моделирование для нелинейной аппроксимации многомерных вектор-функций

$$\{\vec{X}, \vec{Y}\} \rightarrow \vec{Y} = \vec{F}(\vec{X}); \quad (6)$$

- принятие решений, которые исключают логический вывод с доминирующим влиянием качественного фактора.

Большинство перечисленных задач не имеют методов решения в рамках классической парадигмы, а те, что имеют, пригодны для использования в узкоспециализированных областях. Поскольку целью data mining есть выявление скрытых правил и закономерностей в данных, то в значительной мере востребованы методы математической статистики. Но они являются полезными лишь для проверки заведомо известных гипотез. В то же время

современные задачи требуют в первую очередь установления таких гипотез, которые есть особенно актуальными при обработке неоднородных многомерных данных. В отличие от известной технологии OLAP (оперативная аналитическая обработка данных) в data mining решение этой задачи перекладывается от человека на компьютер.

При проектировании СТС, учитывая вышесказанное, необходимы новые подходы, которые удовлетворяют требованиям существования способностей находить правила неограниченной сложности в данных высокой размерности и умения обобщать найденные логические правила и осуществлять поиск их оптимальной композиции. Полезным в таком случае есть использование неклассической парадигмы – эволюционного моделирования.

Основные идеи и принципы эволюционного моделирования. Исследуя работу мозга по обработке информации о внешних событиях, установлено, что он осуществляет ее анализ независимо и параллельно. За счет этого изучение реального объекта осуществляется эффективно и на 5-6 порядков превышает скорость решения такой же задачи мощнейшим на сегодня компьютером. Очевидно, что тогда целесообразно использование алгоритмов функционирования человеческого мозга в композиции с рутинными вычислительными компьютерными процедурами. Такая разноплановая интеграция даст возможность решать проблему локальных экстремумов, которая существует в рамках классической парадигмы. Кроме того, учет особенностей интеллектуальных процедур будет сопровождать процессы принятия решений с учетом фактора субъективности, главным аспектом которого есть умозаключения, которые тяжело формализовать в терминах любой предметной области.

Формально системная модель процесса проектирования имеет 4 уровня [3]. На первом уровне формируется дерево целей,

на его базе получают граф задач, который трансформируется на втором этапе в логическую схему их решения. На третьем уровне разрабатываются методы решения задач или их выбирают из существующих альтернативных вариантов. Четвертый уровень содержит средства необходимые для применения определенных методов. Если рассмотреть дерево целей, то висячими вершинами в нем будут исходные характеристики СТС, указанных значений которых нужно достичь, решая задачи известными методами с применением возможных средств [2,3]. Таким образом, имеем соответствия, изображенные на рис. 1.

Итерационный процесс имеет в своей основе стратегию поиска оптимального решения. Она может быть детерминированной, как в методе градиентного спуска или эвристической, если существует априорная неопределенность поиска, как это имеет место в большинстве проектных задач.

Если нужно найти точное решение (дискретный случай) или решение с довольно большой точностью (непрерывный случай), то задача становится NP-полной и может быть разрешима методом полного перебора вариантов, которые для СТС почти всегда есть нереальным. В случае заданной точности, приемлемой для получения решения на современном компьютере, есть рациональным использование естественных методов адаптации, которые и являются оптимизационными в окружающей среде [4,5]. К ним принадлежат:

- рекомбинации как гаплоидные, которые имеют место у более простых организмов, так и диплоидные, которые наблюдаются у других существ, если хромосомы потомков получаются путем деления хромосом родителей и дальнейшим слиянием частичек;
- мутации, которые состоят в изменении одного из генов и защищают популяцию от вырождения;

- естественного отбора за Дарвиным, когда выживает наиболее адаптированный индивидуум и размножение таких индивидуумов дает еще более адаптированное (оптимальное) потомство.

Каждый из указанных методов непосредственно может быть использован для поиска оптимальных значений входных параметров СТС. Так естественный отбор эквивалентен процессу поиска оптимального решения в правильном направлении, а мутация не даст такому алгоритму зациклиться на локальном экстремуме. Таким образом, генетический алгоритм (ГА), фрагменты которого приведены выше, отличается от классических методов оптимизации, но вместе с тем он имеет определенные особенности, к которым принадлежат [4,5]:

- способы представления начальных данных (генетической информации);
- способы передачи генетической информации из поколения в поколение (генетические алгоритмы);
- способы коллективного поиска информации;
- понятийный аппарат.

Задача поиску экстремума в процессе проектирования решается после получения математической модели (ММ) и имеет вторичный характер. Процедура ее получения, в большинстве случаев, есть или весьма приближительной, или эвристической. Вместе с тем нельзя не замечать, что аналитическое выражение для ММ не всегда есть необходимым. Поэтому содержательной есть синтетическая процедура, в соответствии с которой ММ есть черным ящиком с известным входом и рассчитанным выходом. Если выход есть вектором, то она есть оптимальной и в роли черного ящика используется искусственная нейронная сеть (ИНС), которая строится по следующими принципами:

- параллельности обработки информации, которая есть более оптимальным способом работы с данными;

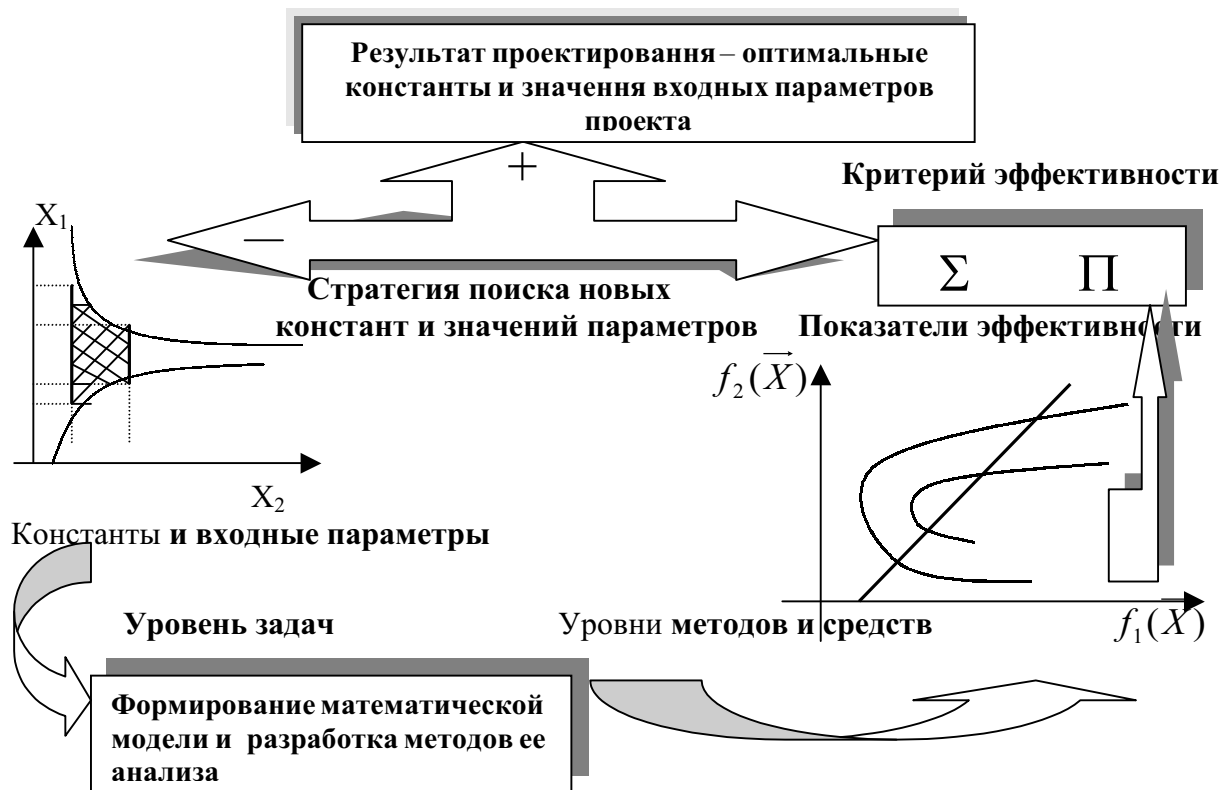


Рис. 1 - Итерационный процесс поиска проектного оптимума

- способности к решению многих задач, аналогичные которым решает человек;
- самоорганизации, в результате которой ИНС самостоятельно учится решать задачи, на сложность которых, на сегодня, принципиальных ограничений не известно;
- способности к обучению, которое дает возможность сети учиться, а пользователю ее в дальнейшем использовать;
- способности к обобщению, которое позволяет использовать ИНС как ассоциативную память;

способности к абстрагированию, которая свойственна лишь человеку и разрешает из зашумленного образа получить идеальный объект.

Композиция ГА и ИНС дает возможность решать многие задачи современного проектирования, причем порядок их использования зависит от специфики задачи. Если необходима оценка суждений экспертов, которая выражает их меру уверенности, то необходимо также использовать для представления входной информации методы теории нечетких множеств [1].

Дуальность принципов функционирования ЛДС и композиции ГА и ИНС. Логико-динамические системы (ЛДС) [3] есть одним из разновидностей систем, которые наиболее часто проектируются, поскольку в них объединяются особенности динамического функционирования и логического управления. Уравнение состояния и выхода таких систем описываются гибридными функциями. Функционирование нейронной сети с непрерывными активационными функциями также есть непрерывным процессом. Генетический алгоритм есть дискретным, поскольку область определения входных параметров Ω (рис. 2) разбивается на дискретные значения, соответственно заданной точности и в них вычисляется значение целевой функции. ГА есть своеобразным ключом, который указывает на то, подавать ли на вход сети значение X , или это является лишним.

Такая дуальность указывает на родственность законов функционирования разнотиповых систем, как это имеет место для физических, химических и других систем.

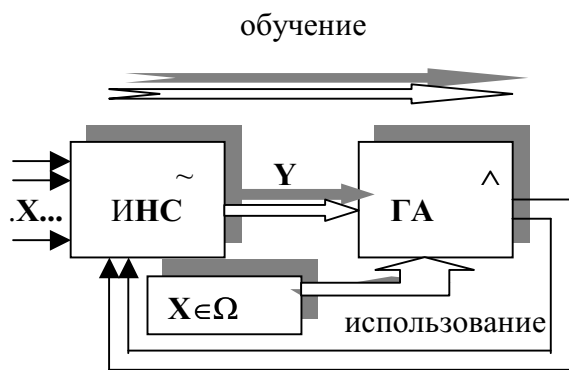


Рис. 2 - Композиция ИНС и ГА

Выводы. Эволюционное моделирование не является панацеей в решении проектных задач. Высокая сложность представления начальных данных, а потом и интерпретация результатов, а также формирование структуры нейронной сети и определение методов работы генетического алгоритма, усложняет использование эволюционных методов. Вместе с тем, высокая квалификация системного аналитика дает возможность решать многие существующие задачи и в особенности те, которые имеют чрезмерную сложность и комбинаторную структуру.

На кафедре компьютерных технологий ЧДТУ создана программная система Alternative SNT (Alternative System Neural Nets Teaching), которая позволяет решать указанные выше задачи методами эволюционного моделирования, а также используется в учебном процессе студентами-старшекурсниками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. - Г.: Радио и связь, 1990. - 286 с.
2. Жук К.Д., Тимченко А.А., Доленко Т.И. Исследование структур и моделирование логико-динамических систем. - К.: Наук. думка, 1975.- 199 с.
3. Тимченко А.А., Родионов А.А. Основы информатики системного проектирования объектов новой техники. - К.: Наук. думка, 1991. - 152 с.
4. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика. - Г.: Мир, 1992. - 240с.
5. Holland J. H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control and artificial intelligence. - London: Bradford book edition, 1994 - 211 p.