

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

И. Р. Ящук, С. Б. Паньков

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Научный руководитель А. В. Литвин

С развитием технологий возникает необходимость в проектировании новых, более адаптированных и универсальных узлов производства, особенно в машиностроительной отрасли, и появляются новые вызовы по оптимизации методологии поиска технических решений (ТР) синтеза новейших, более эффективных и гибких функциональных узлов конструктивного оснащения.

Поиск новых технических решений при проектировании функциональных узлов нужно начинать с построения иерархической модели и связи функций, после чего выделить функциональные компоненты и провести анализ выполняемых ими функций. Поскольку целью является выполнение главной полезной функции, то функциональные компоненты нужно выделять по отношению их к ней.

Одним из путей решения задачи синтеза новых конструкций становится воплощение прогрессивных методов поиска новых ТР на ранних стадиях технологической подготовки производства. Решение любой задачи начинается с ее осмысления и формирования технического задания – первого и обязательного этапа проектирования.

В машиностроении этот этап иногда называют внешним проектированием. Этим подчеркивают, что разработка объекта уже начинается с постановки задачи (технических требований) и формирования технического задания. Важным результатом этапа является согласование целей разработки и назначения проектируемого объекта (его функций), системы показателей качества и т. п. Следующие этапы образуют внутреннее проектирование и нацелены на поиск решения задачи разработчиком. Сюда входят этапы синтеза принципа действия, структуры и параметров проектируемого объекта (рис. 1).

Эффективность проектируемого объекта определяется, в первую очередь, избранным принципом действия, во вторую – предложенной структурой и в третью – соотношением параметров.

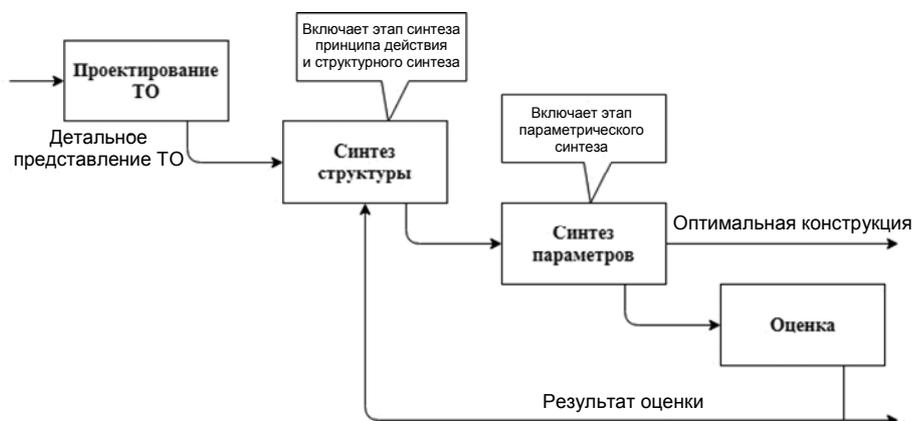


Рис. 1. Функциональная схема этапа синтеза

Проектирование новых объектов осуществляется на основе эвристических (морфологического анализа, конструирования, мозговой атаки, контрольных вопросов, теории решений изобретательской задачи и т. д.), экспериментальных (планирование, машинный, мысленный и т. д.) и формализованных методов (поиска вариантов решений, автоматизации процедур проектирования, оптимального проектирования и др.).

Для синтеза оптимальных структур функциональных узлов наиболее адаптированы и применимы морфологические методы исследования.

Построение иерархии начинается с определения цели (главной полезной функции), промежуточных уровней (аспекты цели, критерии и т. д.), а также альтернатив (самый низкий уровень иерархии). В процессе синтеза генерируется множество возможных вариантов исполнения частей структуры усовершенствованной системы, т. е. генерируется множество альтернатив для каждого иерархического уровня.

Подбор критериев осуществляется по функциональным, структурным и другим сходствам, которые можно разделить на четыре группы:

- 1) функциональные (характеризующие важнейшие показатели реализации функций функциональных узлов);
- 2) технические (связанные с возможностью и простотой изготовления);
- 3) экономические (определяющие экономическую целесообразность реализации функций функциональных узлов).

Процедуры, основанные на морфологическом исследовании, позволяют целенаправленно, планомерно закладывать в морфологические таблицы (см. таблицу) большое множество всевозможных вариантов реализации систем (включая неизвестные), из которых синтезируется большое количество вариантов реализации [1].

#### Типичный вид морфологической таблицы

Функция подсистемы (элемент), $\Phi_n$	Альтернатива для реализации, $A_{nk}$	Количество вариантов реализации, $K_n$
$\Phi_1$	$A_{11} A_{12} A_{13} \dots A_{1k1}$	$K_{1k}$
$\Phi_2$	$A_{21} A_{22} A_{23} \dots A_{2k2}$	$K_{2k}$
...	...	...
$\Phi_n$	$A_{n1} A_{n2} A_{n3} \dots A_{nk n}$	$K_{nk}$
...	...	...
$\Phi_j$	$A_{j1} A_{j2} A_{j3} \dots A_{jkj}$	$K_{jk}$

Чтобы получить общее количество различных вариантов реализации системы, представленной в морфологической матрице, необходимо определить декартово произведение множеств альтернатив каждой строки морфологической таблицы [2].

$$N = \prod_{i=1}^j k_i = k_1 k_2 \dots k_n \dots k_j, \quad (1)$$

где  $k_n$  – число альтернатив для реализации  $n$ -й функции или общей подсистемы;  $j$  – число всех функций.

Морфологическое множество является областью поиска в пространстве размерностью  $j$ . Каждый вариант реализации системы получается путем фиксации по одной альтернативе в каждой строке морфологической матрицы, который в общем виде записывается следующим образом:

$$R_j = \{A_{1f}, A_{2t}, \dots, A_{nm}, \dots, A_{jr}\}, \quad (2)$$

где  $f = \overline{1, K_1}$ ;  $t = \overline{1, K_2}$ ;  $m = \overline{1, K_n}$ ;  $r = \overline{1, K_j}$ .

Каждый синтезированный вариант реализации ТР отличается от другого хотя бы одной альтернативой  $A_{nm}$ .

В процессе синтеза генерируется множество возможных вариантов исполнения частей структуры усовершенствованной системы, т. е. генерируется множество альтернатив.

Для оптимизации работы по уменьшению выборки альтернатив и выбора более подходящих вариантов конструкций функциональных единиц оснащения предлагается алгоритм (рис. 2) на основе морфологического подхода с использованием системного анализа и элементов машинного обучения.

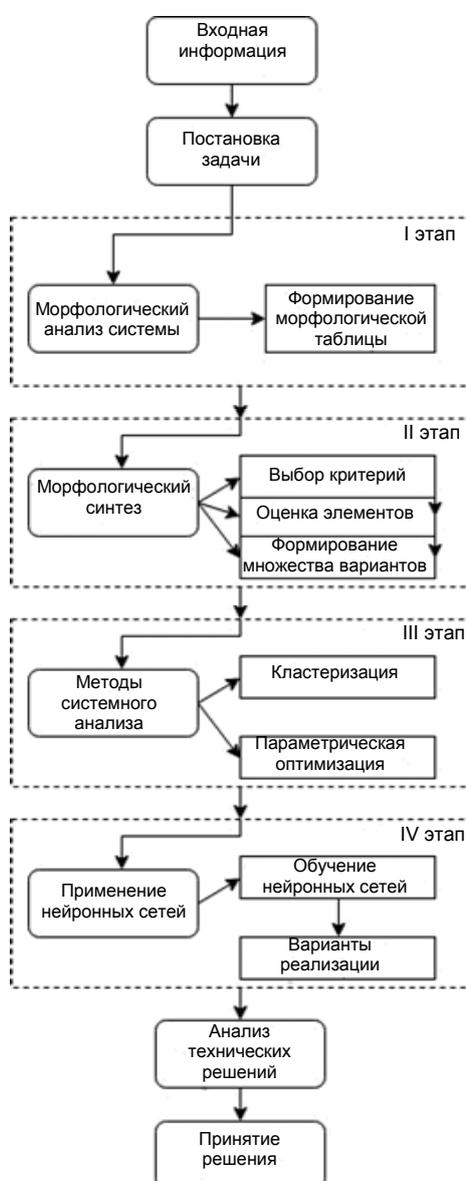


Рис. 2. Предложенный алгоритм поиска ТР

На сегодняшний день внедрение новых технологий в различных отраслях не обходится без применения машинного обучения. В большинстве исследований при детальном рассмотрении можно найти классические постановки задач для нейронных сетей. В настоящее время наиболее распространено применение нейронных сетей, которое состоит из задач распознавания образов, оптимизации, прогнозирования и т. п. Практическое применение нейронных сетей связано с решением задач во многих сферах [3].

Поэтому использование НМ для оптимизации процесса синтеза новых технических решений в машиностроении является весьма актуальным заданием, расширяя технический уровень разработанных функциональных узлов, сокращая при этом время их проектирования, что, в свою очередь, позволит внести в ТР алгоритмические расчеты с элементами составляющих интуиции и опыта.

#### Литература

1. Ящук, И. Р. Синтез компоновок зажимных патронов эвристическими методами с использованием нейронных сетей / И. Р. Ящук, С. Б. Паньков, А. В. Литвин // Современные проблемы машиноведения (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому) : материалы XII междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 22–23 нояб. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Филиал ПАО «Компания Сухой» ОКБ «Сухого». – Гомель, 2018. – С. 40–42.
2. Андрейчиков, А. В. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике. Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций : учеб. пособие для вузов / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – 2013. – 304 с.
3. Литвин, О. В. Аналіз передумов застосування нейронних мереж при синтезі конструкцій в машинобудуванні / О. В. Литвин, І. Р. Ящук, С. Б. Паньков // Наукові нотатки. – 2018. – № 64. – С. 92–99.