**ПЗ - 4 Морфологический метод**

Термин «морфология» (учение о форме от греческого morphe — форма и logos—учение) ввел в 1796 году Гете — основоположник морфологии организмов, учения о форме и строении растении и животных.

Автор нового метода поиска Ф. Цвики, известный швейцарский астроном.

Впервые морфологический анализ был применен для решения технических задач в 1942 году, когда Ф. Цвикки начал разрабатывать ракетные двигатели в фирме «Аэроджент инжиниринг корпорейшен».

Сущность анализа заключается в следующем.

В совершенствуемой технической системе выделяют несколько характерных для нее структурных или функциональных морфологических признаков. Каждый признак может характеризовать, например, какой-то конструктивный узел системы, какую-то ее функцию, какой-то режим работы системы, то есть параметры или характеристики системы, от которых зависит решение проблемы и достижение основной цели.

По каждому выделенному морфологическому признаку составляют список его различных конкретных вариантов, альтернатив, технического выражения. Признаки с их альтернативами можно располагать в форме таблицы, называемой морфологическим ящиком (картой, матрицей), что позволяет лучше представить себе поисковое поле. Перебирая всевозможные сочетания альтернативных вариантов выделенных признаков, можно выявить новые варианты решения задачи, которые при простом переборе могли быть упущены.

Метод предусматривает выполнение работ в пять этапов:

1. Точная формулировка задачи (проблемы), подлежащей решению.

Если первоначально ставить вопрос об одной конкретной системе, метод непосредственно обобщает изыскание на все возможные системы с аналогичной структурой и в итоге дает ответ на более общий вопрос. Например, необходимо изучить морфологический характер всех видов возможных конструктивных схемах лунохода и предложить новую эффективную конструкцию устройства лунохода.

2. Составление списка всех морфологических признаков, то есть всех важных характеристик объекта, его параметров, от которых зависит решение проблемы и достижение основной цели.

Точная формулировка и определение класса изучаемых систем (устройств) позволяют раскрыть основные признаки или параметры, облегчающие поиск новых решений.

Применительно к луноходу морфологическими признаками могут быть: А — двигатель, Б — движитель, В — кабина, К- система амортизации ….. и т.д.

3. Раскрытие возможных вариантов по каждому морфологическому признаку (характеристике) путем составления матрицы.

Каждая из п характеристик (параметров, морфологических признаков) обладает определенным числом различных вариантов, независимых свойств, форм конкретного выражения.

Например, для снегохода варианты:

Двигатели: А1 — электрический, А2 — химический. A3 — реактивный, А4 — ядерный.

Движители: Б1 — колесный (обычные колеса), Б2 — моноколесо (кабина внутри колеса), БЗ — гусеничный Б4 — шагающий Б5 — шнековый

Кабины: В1 — герметичная, В2 — негерметичная

Система амортизации: К1 —специальные амортизаторы, К2— амортизация за счет движителя, КЗ — без амортизации.

**На основе списков строится так называемый морфологический ящик.**

Он может быть представлен в виде специальной таблицы или в виде морфологической матрицы, по своему внешнему виду похожей на математическую матрицу.

Например, для нашего лунохода матрица будет иметь вид:

А1 А2 A3 А4

Б1 Б2 БЗ Б4 Б5

В1 В2

К1 К2 КЗ

Возможные сочетания: А1, Б3, В2, К1 или А1, Б2, В3, К1 или А2, Б1, В2, К2 или A4, Б4, В3, КЗ и т. д.

Общее число вариантов, содержащихся в матрице, равно произведению чисел элементов в каждой строке. В нашем случае оно равно 4×5×2×…×3.

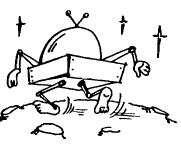
4. Определение функциональной ценности всех полученных вариантов решений.

Это наиболее ответственный этап метода. Чтобы не запутаться в огромном числе решений и деталей, оценка их характеристик должна проводиться на универсальной и, по возможности, простой основе, хотя это не всегда легкая задача.

5. Выбор наиболее рациональных конкретных решений. Нахождение оптимального варианта может осуществляться по лучшему значению наиболее важного показателя технической системы.

**Рассмотрим ход работы по морфологическому анализу на условном примере.**

Допустим, мы впервые приступаем к разработке конструктивной схемы лунохода.



**По правилам Цвики, мы должны, прежде всего, определить параметры, от которых зависит решение проблемы**. В нашем конкретном случае это будут основные функциональные узлы лунохода.

**Составим их список.**

А — двигатель

Б — движитель.

В — кабина

К- система амортизации.

Надо сказать, что даже опытные конструкторы не сразу могут выделить и дать обобщенные определения функциональных узлов конструируемых ими устройств.

После составления списка функциональных узлов указывают возможные варианты их выполнения.

Результаты могут быть представлены в виде схем или списков, например, так.

**Двигатели:** А1 — электрический, А2 — химический. A3 — реактивный, А4 — ядерный.

**Движители:** Б1 — колесный (обычные колеса), Б2 — моноколесо (кабина внутри колеса), БЗ — гусеничный Б4 — шагающий Б5 — шнековый

**Кабины:** В1 — герметичная, В2 — негерметичная

**Система амортизации:** К1 —специальные амортизаторы, К2— амортизация за счет движителя, КЗ — без амортизации.

На основе списков строится так называемый морфологический ящик.

Он может быть представлен в виде специальной таблицы или в виде морфологической матрицы, по своему внешнему виду похожей на математическую матрицу.

**Например, для нашего лунохода матрица будет иметь вид:**

А1 А2 A3 А4

Б1 Б2 БЗ Б4 Б5

В1 В2

К1 К2 КЗ

Эта матрица — символическая форма описания решений. Она дает представление обо всех возможных конструктивных схемах лунохода.

Каждый конкретный вариант конструкции — набор элементов из разных строк.

Например, вариант А1 - Б1 -В2 - К1, - это луноход с электрическим двигателем колесный с негерметичной кабиной и специальными амортизаторами.

Общее число вариантов, содержащихся в матрице, равно произведению чисел элементов в каждой строке. В нашем случае оно равно 4×5×2×…×3.

В матрице содержится 120 вариантов обозначений.

Таким образом, морфологический анализ облегчает получение сотен и тысяч новых сочетаний, дает возможность окинуть их единым взором и систематически исследовать.

Построив матрицу, производят оценку вариантов и выбирают наилучший.

Благодаря Свифту мы с детских лет знаем, к чему может привести безудержное комбинирование различными признаками. Вот как в «Путешествиях Гулливера» описан один из неуемных поклонников комбинаторики.

«Тут профессор подвел меня к раме, - рассказывает Гулливер, - по бокам которой стояли все его ученики. Поверхность ее состояла из множества деревянных дощечек. Все они были сцеплены между собой тонкими проволоками. Дощечки были обклеены кусочками бумаги, и на этих бумажках были написаны все слова языка бальнибари.

Профессор попросил внимания. По его команде все ученики взялись за железные рукоятки, вставленные по краям рамы, и быстро повернули их. Все дощечки повернулись, и расположение слов совершенно изменилось. Тогда профессор приказал тридцати шести ученикам медленно читать образовавшиеся строки.

Если случалось, что три или четыре слова составляли часть осмысленной фразы, ее диктовали остальным четырем ученикам, исполнявшим роль писцов…

Ученики занимались этим упражнением по шесть часов в день, и профессор показал мне множество фолиантов, исписанных подобными отрывочными фразами. На основании этого богатейшего материала профессор рассчитывал составить полный обзор всех наук и искусств».



Итак, за удивительную легкость получения вариантов при использовании морфологического метода приходится расплачиваться большой трудоемкостью при выборе вариантов. Тот, кто построил хотя бы одну морфологическую таблицу для решения практической задачи, знает, какие противоречивые искушения при этом возникают. Хочется не упустить интересные варианты, сделать матрицу как можно более полной. И в то же время нужно добиться ее максимальной компактности, иначе анализ превратится в занятие, подобное упражнением профессора из «Путешествий Гулливера».

По этим причинам морфологический анализ чаще применяют не для поиска какого-нибудь одного эффективного решения, а когда требуется исследовать область возможных решений, например, если нужно рассмотреть конструкции датчиков давления для машин различных классов, работающих в разных климатических зонах.

Здесь можно привести такую аналогию. Менделеев, работая над упорядочением системы химических элементов, не ставил перед собой цель, непосредственно связанную с открытием новых «кирпичиков Вселенной».

Но классифицировав элементы, построив их матрицу, он смог предсказать свойства некоторых неизвестных элементов. И вскоре, как известно, они были найдены экспериментаторами.

Аналогично при построении морфологического ящика цельнее задача должна сводиться только к поиску отдельных решений. В результате глубокого морфологического анализа можно прийти к новому взгляду на все поле возможных решений, а отсюда недалеко и до принципиально новых направлений усовершенствования конкретного технического объекта.

Ф. Цвикки не сформулировал четких правил, по которым можно было бы добиваться необходимой компактности и в то же время достаточной емкости морфологических таблиц. Но на конкретных примерах он показал эффективность своего метода. В 1942 году построил морфологическую матрицу для реактивных двигателей, работающих на химическом топливе.

Матрица Цвикки содержала 576 возможных вариантов, в числе которых были и схемы сверхсекретных тогда немецких самолетов-снарядов ФАУ-1 и ФАУ-2.

В 1961 году было создано «Общество морфологических исследований» под председательством Цвикки. Морфологический анализ как метод поиска новых технических идей и решений получил довольно широкое распространение. По утверждения Цвикки, более 70 крупных промышленных фирм используют его метод при решении разнообразнейших технических задач. В последние годы все большее внимание начинают уделять ему инженеры и изобретатели в нашей стране. Метод продолжает совершенствоваться, расширяются области его применения.