

УДК 514.7

П.М. Неделчева¹, канд.техн.наук, Е.Н. Неделчева², инж.
1 – Технический университет, г. Габрово, Болгария; 2 – ДКД Етлинген, Германия

ГЕНЕТИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМООБРАЗОВАНИЮ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Рассмотрены генетические основы формообразования поверхностей с позиций кинематического способа и использования системно-морфологического метода синтеза. Приведена морфологическая матрица определителей поверхностей и примеры образования их различных форм.

The genetic bases of formation of surfaces from a position of kinematical way of their forming have been considered as a systematic-morphological approach is used. The morphological matrix including the determinings of surfaces and the forming of various forms has been reduced.

Введение Поверхности, это разнообразный и безграничный мир. Структурно-системные исследования сложных геометрических систем предопределяют необходимость построения и использования моделей высокого уровня обобщения, которые с помощью минимального количества инвариантных критериев позволяли бы выбирать основные принципы структурного строения и определить системные свойства потенциально возможного множества объектов, принадлежащих к этому виду систем [1].

Рассматривая определенное представление системы, элементам этого представления предоставляется статус элементов базового множества. Поэтому задача построения классификации такого уровня относится к категории системных и связана прежде всего с поиском определенного абстрактного множества первичных элементов и соответствующего закона их упорядочивания, в соответствии с которым все другие системы можно было бы рассматривать как логическое следствие или результат определенных преобразований, которые касаются множества ее исходных элементов [2]. Моделирующие системы с такими свойствами получают статус генетической классификации [1] по аналогии с биологическими системами [10].

Значительных успехов в развитии теории эволюции технических систем на примере электромеханических систем добился проф. Шинкаренко В.Ф. [1], который создал генетическую модель построения и развития электромеханической структуры с различными формами первичного источника поля [3, 4].

Итак согласно принятой генетической концепции в основе структурного разнообразия геометрических систем должно лежать конечное множество первичных элементов, свойства которых наследуются в структурах высшего уровня сложности, синтезированных на этих элементах. Поэтому концепция построения генетической классификации должны предшествовать разработки соответствующего понятийного аппарата, выбора исходных идеализаций, построения генетических моделей и определения правил их применения.

Существуют различные способы описания поверхностей: в математике поверхность рассматривается как геометрическое место точек, координаты которых удовлетворяют уравнению вида $F(x, y, z) = 0$, где $F(x, y, z)$

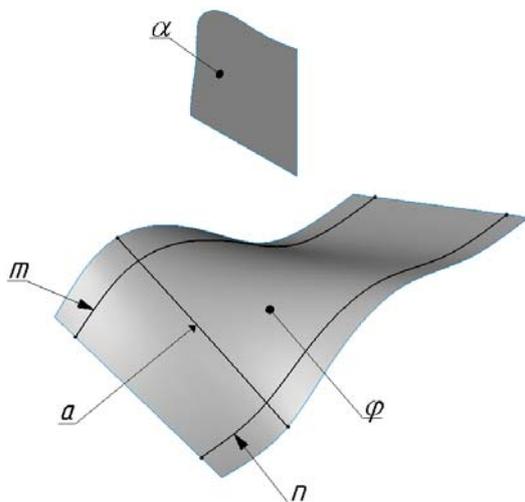


Рис. 1. Формообразование поверхности

являются многочленом n -ной степени, или некоторая трансцендентная функция; поверхность может быть задана скелетно (каркасно), при чем рассматривается как совокупность принадлежащих ей линий; поверхность может быть рассмотрена и как совокупность последовательных положений линии, которая перемещается в пространстве по определенному закону. Последнее называется кинематическим способом образования и задания поверхностей [5, 6]. Все это само по себе говорит об исключительно большом многообразии поверхностей.

Процесс образования поверхности, с применением кинематического способа ее определения, как и основные понятия, связанные с ним, поясняется примером (рис. 1.). Поверхность φ получена при скольжении прямой линии a по двум пространственным кривым линиям m и n , причем прямая a остается в любой момент параллельной заданной плоскости α . Подвижная линия a , формирующая поверхность называется образующей, а неподвижные линии m и n и плоскость α – направляющими. Все эти геометрические элементы и взаимоотношения между ними, которые представляют совокупность независимых условий и однозначно определяют поверхность, называются определителем поверхности [5, 6].

Кинематический способ образования поверхностей очень удобен для использования в инженерной практике, где геометрические формы объектов изображаются и задаются графически. Целью настоящей работы является создание морфологической матрицы генома поверхностей с позиции кинематического способа их образования.

Изложение Одна и та же поверхность может быть получена различным способом. При задании определителя поверхности необходимо выходить из кинематического подхода ее формирования [5-7]. Так например, на рис. 2. показано формообразование ротационной цилиндрической поверхности φ с применением трех различных кинематических способов. В первом случае (рис. 2.а.) поверхность образована при поступательном перемещении прямой a по направляющей m (дуге окружности). Определитель этой поверхности состоит из образующей линии a и закона движения образующей: направляющая линия m и движение образующей по m – поступательное перемещение. Во втором случае (рис. 2.б.) поверхность образована при поступательном перемещении дуги окружности a в доль прямой (оси) m . Определитель поверхности в этом случае состоит из образующей линии a и закона движения образующей: направляющая линия m и движение образующей по m – поступательное перемещение. А в третьем случае (рис. 2.в.) поверхность образована при вращении прямой a вокруг прямой (оси) m . Определитель поверхности состоит из: образующей линии a и закона движения образующей: направляющая линия – m и движение образующей вокруг m – вращение.

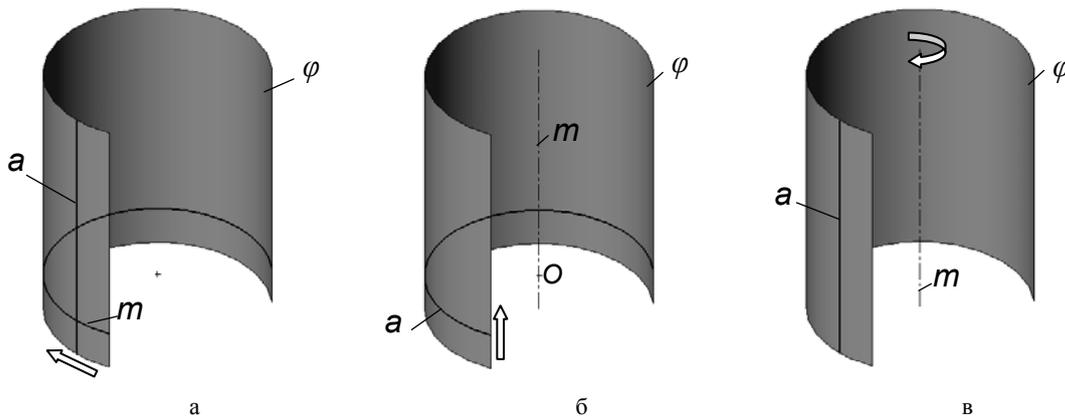


Рис. 2. Различные кинематические способы формообразования ротационной цилиндрической поверхности

Определитель любой поверхности состоит из двух основных частей: образующая линия a ; закон движения образующей, которая имеет геометрическую (Γ) и кинематическую (K) части. Тогда определитель произвольной поверхности будет иметь следующую структурную форму:

$$\Phi(a) [\Gamma, K] \quad (1)$$

где первая часть определителя заключена в круглые скобки, а вторая – в квадратные.

Основным геометрическим элементом поверхности является ее образующая. Она может быть кривой или прямой линией (в плоскости или пространстве), которая при своем перемещении в пространстве формирует соответственно нелинейную или линейную поверхность. Альтернативы для геометрии образующей представлены в первом столбце морфологической таблицы определителей поверхности (табл. 1).

При кинематическом способе образования поверхности рассматривается как множество всех положений образующей, которая может сохранять постоянную форму или изменяться в процессе формирования поверхности. Поверхности, которые имеют образующую, изменяющуюся в процессе движения и тождественные с поверхностью, задаваемой в виде непрерывного каркаса, а также их формообразование не являются предметом рассмотрения в разработке. Примером таких поверхностей является так называемые каналовые поверхности, которые рассматриваются как образованные непрерывным каркасом замкнутых плоских сечений, ориентированных в пространстве определенным образом и имеющие форму и площадь, изменяющуюся по определенным законам [5]. По этой причине в морфологической таблице (табл. 1) отсутствуют альтернативы для образующих с такой геометрией.

Геометрическая часть закона движения образующей при формировании поверхности может быть задана в виде семейства направляющих линий – m , n и l . В ряде случаев это может быть представлено с двумя направляющими линиями и направляющей плоскостью, которая выполняет функции третьей направляющей линии. Альтернативы для направляющих линий поверхностей представлены в столбце 2, а для направляющей плоскости в столбце 3 морфологической таблицы определителей (табл. 1). Чаще всего закон движения при формировании поверхности такой, что образующая линия скользит по одной направляющей линии, а также задано кинематическое условие, уточняющее движение образующей (столбец 4 в табл. 1).

Морфологическая модель определителей $M_{ОП}$ с учетом формы образующей и закона ее движения при формировании поверхностей может рассматриваться, как соединение между собой двух морфологических моделей [8, 9]:

- образующая – $M_{ОБР}$ (столбец 1 в табл. 1);
- закон движения образующей – $M_{ЗД}$ (столбцы 2, 3 и 4 в табл. 1).

Таким образом, морфологическая модель определителей имеет следующий свернутый вид:

$$M_{ОП} = M_{ОБР} \wedge M_{ЗД} \quad (2)$$

Таблица 1

Морфологическая таблица определителей поверхностей
О П Р Е Д Е Л И Т Е Л Ь П О В Е Р Х Н О С Т И

ОБРАЗУЮЩАЯ (а)	ЗАКОН ДВИЖЕНИЯ ОБРАЗУЮЩЕЙ		
	Геометрическая часть (Г)		Кинематическая часть (К)
	Направляющие линии (m), (n), (l)	Направляющая плоскость (α)	Движение образующей
1	2	3	4
а.1. Прямая линия Плоская кривая линия: а.2. Окружность а.3. Эллипс а.4. Парабола а.5. Гипербола а.6. Эвольвента а.7. Эволюта а.8. Другое алгебраическое уравнения а.9. Трансцендентное уравнение а.10. Многоугольник а.11. Свободная Пространственная кривая линия: а.12. Алгебраическое уравнение а.13. Трансцендентное уравнение а.14. Многоугольник а.15. Свободная	m, n или l.1. Прямая линия m, n или l.2. Точка Плоская кривая линия: m, n или l.3. Окружность m, n или l.4. Эллипс m, n или l.5. Парабола m, n или l.6. Гипербола m, n или l.7. Эвольвента m, n или l.8. Эволюта m, n или l.9. Другое у-е m, n или l.10. Многоугольник m, n или l.11. Свободная Пространственная кривая линия: m, n или l.12. Алгебраическое уравнение m, n или l.13. Трансцендентное у-е m, n или l.14. Свободная m, n или l.15. Отсутствует	α.1. Фронтальная плоскость проекции α.2. Горизонтальная плоскость проекции α.3. Профильная плоскость проекции α.4. Плоскость в общем положении α.5. Нормальная плоскость α.6. Ректифицируемая плоскость α.7. Оскулачная плоскость α.8. Другая α.9. Отсутствует	К.1. Поступательное К.2. Вращение К.3. Винтовое К.4. Скольжение К.5. Скольжение по точки К.6. Другое К.7. Отсутствует

и соответственно развернутый вид:

$$M_{on} = \begin{matrix} a.1 \\ a.2 \\ a.3 \\ a.4 \\ a.5 \\ a.6 \\ a.7 \\ a.8 \\ a.9 \\ a.10 \\ a.11 \\ a.12 \\ a.13 \\ a.14 \\ a.15 \end{matrix} \wedge \begin{matrix} m.1 & n.1 & l.1 & \alpha.1 & K.1 \\ m.2 & n.2 & l.2 & \alpha.2 & K.2 \\ m.3 & n.3 & l.3 & \alpha.3 & K.3 \\ m.4 & n.4 & l.4 & \alpha.4 & K.4 \\ m.5 & n.5 & l.5 & \alpha.5 & K.5 \\ m.6 & n.6 & l.6 & \alpha.6 & K.6 \\ m.7 & n.7 & l.7 & \alpha.7 & K.7 \\ m.8 & n.8 & l.8 & \alpha.8 & \\ m.9 & n.9 & l.9 & \alpha.9 & \\ m.10 & n.10 & l.10 & & \\ m.11 & n.11 & l.11 & & \\ m.12 & n.12 & l.12 & & \\ m.13 & n.13 & l.13 & & \\ m.14 & n.14 & l.14 & & \\ m.15 & n.15 & l.15 & & \end{matrix} \quad (3)$$

Использование системно-морфологического подхода для формирования поверхностей проиллюстрировано на приведенных примерах (рис. 3.), на которых изображены следующие синтезированные поверхности:

а) $SF_1 \rightarrow |a.1|+|m.11 - n.15 - l.15 - \alpha.9 - K.1|$ (цилиндрическая поверхность, полученная при поступательном движении образующей прямой линии по криволинейной направляющей);

б) $SF_2 \rightarrow |a.11|+|m.1 - n.15 - l.15 - \alpha.9 - K.2|$ (ротационная поверхность, полученная при вращении криволинейной образующей вокруг прямолинейной направляющей);

в) $SF_3 \rightarrow |a.1|+|m.1 - n.15 - l.15 - \alpha.9 - K.3|$ (винтовая поверхность, полученная при вращении и поступательном перемещении прямолинейной образующей вокруг прямолинейной направляющей);

г) $SF_4 \rightarrow |a.1|+|m.11 - n.2 - l.15 - \alpha.9 - K.4|$ (коническая поверхность, полученная при скольжении прямолинейной образующей по двум направляющим, одна из которых является точкой);

д) $SF_5 \rightarrow |a.1| + |m.1 - n.5 - l.1 - a.9 - K.4|$ (дважды косою коноид, полученный при скольжении прямолинейной образующей по трем направляющим, две из которых являются прямолинейными, а третья является параболой);
 е) $SF_6 \rightarrow |a.1| + |m.1 - n.11 - l.4 - a.9 - K.4|$ (косою клин, полученный при скольжении прямолинейной образующей по трем направляющим, расположенным в параллельных плоскостях, две из которых - гладкие кривые, а третья - прямая линия).

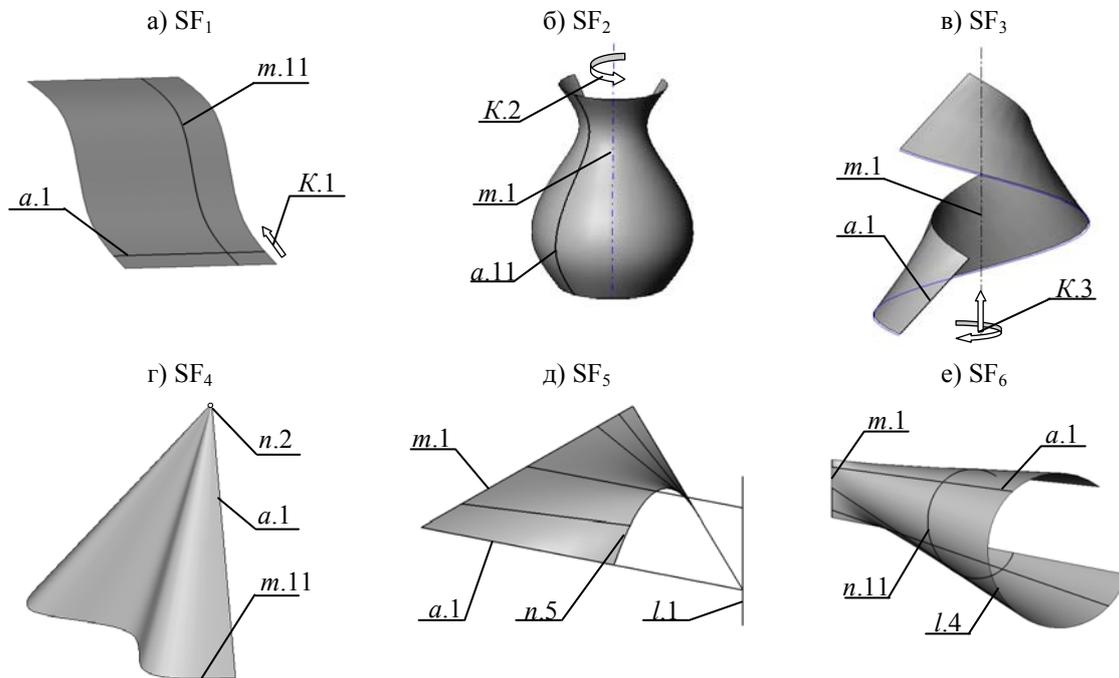


Рис. 3. Синтезированные поверхности: а) цилиндрическая; б) ротационная; в) винтовая; г) коническая; д) дважды косою коноид; е) косою клин

Заключение Генетическая концепция структурного строения и выявленные закономерности геометрических систем открывают возможность использования принципиально новых подходов к постановке и решению задач направленного поиска и синтеза оптимальных геометрических форм на уровне их структурно-функциональных классов. Два направления эволюции геометрических систем предусматривают два соответствующих класса задач структурного синтеза и два подхода к методологии их решение [1].

Основной генетического синтеза являются модели микроэволюции, которые воссоздают два взаимосвязанных и противоположных процесса генетического развития – наследственность и изменчивость. Если процессы наследственности сохраняют генотип конкретного вида геометрической системы, то механизмы генетической изменчивости определяют дифференциацию популяционной структуры вида в процессе его развития [10].

При условии заданной целевой функции и организации соответствующего информационного обеспечения поиск потенциально возможных генетических разновидностей геометрических структур в пределах поискового пространства приобретает направленный характер [11, 12].

Системная основа и возможность автоматизации трудоемких процессов генерирования и визуализации результатов синтеза обеспечивают мощный эвристический потенциал генетического подхода, методы которого можно эффективно использовать при решении как системных, так и поисковых инновационных технических задач.

Список литературы

1. Шинкаренко В.Ф. Основы теории эволюции электромеханических систем. – К.: Наукова думка, 2002. – 288с.
2. Урманцев Ю.А. Растения правши и левши // Природа. – 1961. - № 5. – С. 100-102.
3. Шинкаренко В. Ф. Геометрическое моделирование в задачах структурного синтеза электромеханических объектов. – Тез. докл. семин. «Нетрадиц. электромех. преобраз. с компьютерн. управл.», Севастополь, 14-16.07.1992 г. – М.: 1992. – с. 51-52.
4. Шинкаренко В.Ф. Геометричне моделювання і структурний синтез спеціальних електричних машин та систем на їх основі. – К.: НТУУ «КПІ», 1996. – 48с.
5. Фролов С.А. Начертательная геометрия. М., «Машиностроение», 1983, 240с.
6. Попов М. и др. Техническое чертание и стандартизация. Техника, София, 1986. – 334 с.
7. Hoischen, H., W. Hesser. Technisches Zeichnen. Cornelsen, Berlin, 2006, 478p.
8. Кузнецов Ю.Н. Оптимальный синтез зажимных механизмов. – К.: О-во «Знание» УССР, 1980. – 26с.
9. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А. Теорія технічних систем. – Київ-Тернопіль, 1998. – 310 с.
10. Енчев Я. Генетика. - София, Центр за научно-техніческа и икономическа информация при МЗХП, 1979–203с
11. Шинкаренко В.Ф., Руденко С.М., Андросюк С.В. Эволюционные модели видообразования в задачах направленного поиска и синтеза новых структурных разновидностей двухступенных электрических машин // Электромашинобудування та електрообладнання – 2001 - № 56 – С61-66
12. Кузнецов Ю.Н., Неделчева П.М., Лунев К.В. Применение генетических операторов при синтезе цанговых патронов // Сб. докладов межд.научн. конференции УНИТЕХ 09, том II, Габрово, 2009. – С. II-99 – II-103.