

К.А. СОГОМОНЯН, К.А. ТУМАНЯН, Н.Л. КАЗАРЯН

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНСТРУИРОВАНИЯ
ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕХМЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА R^3 ,
МОДЕЛИРУЕМЫХ ПАРАМИ ЛИНИЙ ПЛОСКОСТИ R^2**

Описана новая функция (команда), разработанная средствами функционального языка AutoLISP, работающая в среде графической системы AutoCAD и позволяющая конструировать разнообразные поверхности трехмерного пространства, задавая в диалоговом режиме пары линий плоскости R^2 , имея в основе принципиально новый метод конструирования поверхностей [1].

Ключевые слова: “треугольная” система координат, моделирование поверхностей трехмерного пространства.

Средства трехмерного компьютерного моделирования в настоящее время становятся объектом все большего внимания пользователей, и это не случайно. Их использование позволяет эффективно выполнять проектно-конструкторские работы, предоставляет пользователю – конструктору возможность применять естественный принцип проектирования изделия от пространственной модели к ее двумерному представлению, в том числе в виде чертежа.

Пространственные модели объектов широко применяются также в рекламе, в издательском деле, в дизайне и других сферах. Однако проектирование сложных криволинейных технических форм, их расчет и воспроизведение требуют разработки математических моделей, основанных на тех или иных способах геометрического конструирования поверхностей. В процессе автоматизированного проектирования этих форм существенное значение имеет автоматизация геометрического конструирования поверхностей на основе предварительно выбранных параметров и геометрических условий, что позволит в динамическом режиме (в диалоге) произвести поиск и выбор необходимых форм, перебор вариантов решения поставленных задач и т.д.

В настоящее время разработаны различные компьютерные графические языки и системы, которые по-разному представляют те или иные геометрические поверхности: в виде множества точек, множества линий и т.д. В векторных программах, аналогичных AutoCAD, непрерывная поверхность заменяется дискретным каркасом, плотность которого может регулироваться пользователем. Такой каркас представляет собой многоугольную сеть, определяемую двупараметрическим массивом вершин (или иначе, матрицей размером $M \times N$).

Средствами AutoCAD строятся самые распространенные поверхности: призматические, конические, пирамидальные и т.д. Кроме того, имеется

возможность построения поверхностей вращения, сдвига, соединения, задаваемых образующими и направляющими.

Система AutoCAD поддерживает объектно-ориентированную технологию проектирования, тем самым обеспечивая пользователям возможность дальнейшего развития [2]. Для расширения AutoCAD, его адаптации, с целью различного применения: разработки параметрически заданных моделей, работы с графической базой AutoCAD, дополнения его новыми командами (возможностями), разработки пользовательского интерфейса, создания собственной среды проектирования, можно использовать язык программирования AutoLISP [3].

В данной работе представлена разработанная средствами языка программирования AutoLISP новая команда AutoCAD, которая позволяет конструировать разнообразные поверхности трехмерного пространства, задавая в диалоговом режиме пары линий плоскости R^2 , имея в основе принципиально новый метод конструирования поверхностей [1].

Предложенный метод с точки зрения графического осуществления алгоритма и автоматизации процесса его выполнения довольно прост. Суть метода в следующем.

В плоскости R^2 фиксируем три ориентированные прямые x , y , z , образующие треугольник (QGR (рис.1)).

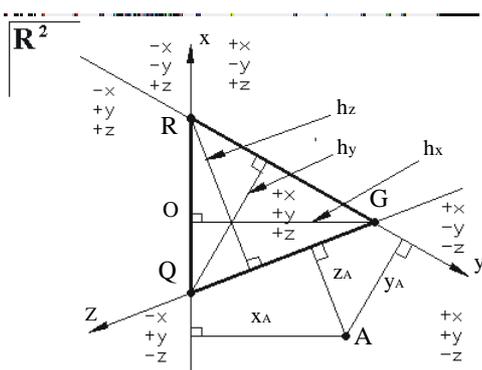
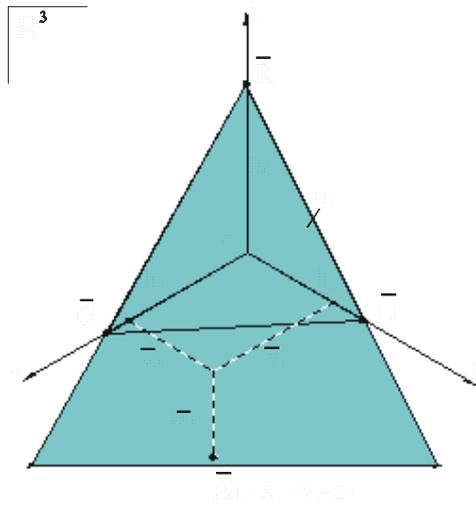


Рис.1

Каждую из этих прямых ориентируем с помощью стрелки. Тройку прямых (x, y, z) принимаем за “треугольную” систему координат плоскости R^2 . Посредством этой системы каждой точке A плоскости R^2 можно приписать три координаты x_A, y_A, z_A - расстояние точки A до соответствующих прямых (осей) x, y, z . При этом каждая из направленных осей x, y, z разделяет плоскость R^2 на две полуплоскости - правую и левую. Соответственно координатам точек, принадлежащих правым полуплоскостям, припишем положительный знак, а принадлежащих левым полуплоскостям - отрицательный.

Можно показать [1], что между треугольными координатами точки $A \in R^2 (x_A, y_A, z_A)$ существует одна линейная зависимость, а это значит, что точки плоскости интерпретируют (моделируют) множество точек трехмерного пространства, принадлежащих некоторой двумерной линейной форме - плоскости. Следовательно, данная система координат устанавливает взаимнооднозначную зависимость (изоморфизм) между некоторой плоскостью $\alpha \in R^3$ и плоскостью R^2 , для чего треугольным координатам точки \bar{A} в R^2 ставятся в соответствие декартовы координаты точки A в R^3 (рис.2). Причем отрезки OQ, OG, OR , отсекаемые плоскостью $\alpha \in R^3$, равны соответственно h_x, h_y, h_z треугольника ΔQGR .



$$x_{\bar{A}} = x_A; y_{\bar{A}} = y_A; z_{\bar{A}} = z_A$$

$$\alpha \in R^3; \bar{A} \in \alpha.$$

Рис. 2

трехмерного пространства. Следующая точка A_{22} линии g_2 с этими же точками линии g_1 создаст другое множество трехмерного пространства и т.д. (рис.3).

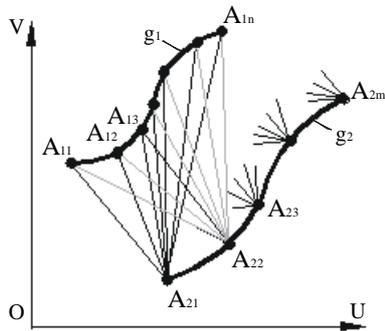


Рис. 3. Описание пар точек R^2 , моделирующих точки трехмерного пространства

R^2	R^3
(A_{11}, A_{21})	\bar{A}_{111}
(A_{12}, A_{21})	\bar{A}_{121}
.....
(A_{1n}, A_{21})	\bar{A}_{1n1}

Если теперь создадим треугольную координатную систему заданными двумя вершинами Q и R и третьей G , совмещенной с точкой A_{21} , то на основании вышеизложенного смоделированные точки

$\bar{A}_{111}, \bar{A}_{121}, \dots, \bar{A}_{1n1}$ трехмерного пространства будут расположены в одной плоскости $\alpha_1 \in R^3$. Если G совместить со следующей точкой A_{22} линии g_2 , то смоделируем множество точек уже другой плоскости $\alpha_2 \in R^3$. А если аналогичные расчеты повторить, совмещая вершину G координатного треугольника поочередно с другими точками линии g_2 , то получим дискретный каркас (многоугольную сеть) поверхности, элементами которого являются плоскостные линии g_1 и g_2 (рис. 4), что позволяет автоматизировать весь процесс конструирования поверхностей в среде AutoCAD средствами графического языка AutoLISP.

Задача.

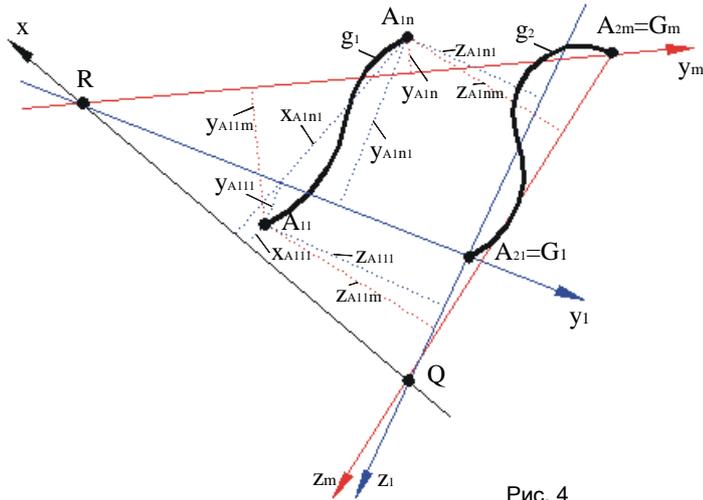
Даны: 1. Две произвольно заданные линии g_1, g_2 , принадлежащие двумерной плоскости R^2 .

2. Две вершины G, R треугольной координатной системы.

Необходимо: смоделировать трехмерную поверхность Φ , для которой g_1 и g_2 являются соответственно ее образующей и направляющей.

Решение.

Известно, что паре точек плоскости R^2 можно поставить в соответствие точку \bar{A} трехмерного пространства. Если зафиксировать точку на одной из заданных линий g_1 и g_2 , например, точку A_{21} на g_2 , то эта точка в паре с точками $A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1n}$ другой линии создаст множество точек



	ΔQRA_{2m}
	$\bar{X}_{A11m} = +X_{A11m}$
	$\bar{Y}_{A11m} = +Y_{A11m}$
	$\bar{Z}_{A11m} = +Z_{A11m}$

Рис. 4

....
A_{1n1}	$\bar{X}_{A1n1} = +X_{A1n1}$ $\bar{Y}_{A1n1} = -Y_{A1n1}$ $\bar{Z}_{A1n1} = +Z_{A1n1}$

в таком случае в вершинах многоугольной сети смоделированные будут распределены так, как показано на рис. 5.

Всего будет $M \times N$ вершин с координатами:

$$\bar{A}_{111}(\bar{X}_{A111}, \bar{Y}_{A111}, \bar{Z}_{A111})$$

$$\bar{A}_{121}(\bar{X}_{A121}, \bar{Y}_{A121}, \bar{Z}_{A121})$$

.....

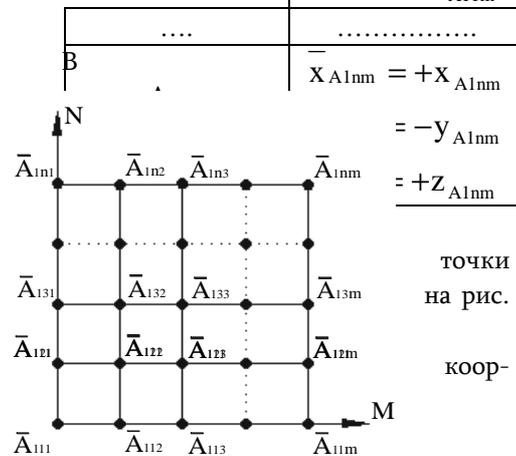


Рис. 5. Схема задания вершин многоугольной сети (command: 3DMESH)

Как уже было сказано, описанная задача и алгоритм ее решения реализованы в виде команды графической системы AutoCAD, являющейся одной комплексной функцией AutoLISP и действующей по следующей схеме.

ПРОГРАММА (**DIPOV**). Моделирование поверхностей

```
(defun deka1 ()
  (setq n(getint"\n input number of first line's points n"))
  (setq spit1'())
  (if(< n 2)
    (progn
      (alert "number of segments must be >2")
      (princ))
    (progn
      (setq sp1 nil)
      (while (null sp1)
        (setq sp1 (entsel)))
      (setq elast (entlast))
      (while (setq els (entnext elast))
        (setq elast els))
      (command "divide" sp1 n)
      (setq els elast)
      (while (setq els (entnext els))
        (setq list_els (entget els))
        (setq koor1 (cdr (assoc 10 list_els)))
        (setq koor1 (trans koor1 els 0))
        (setq spit1 (append spit1 (list koor1))))))
    (setq m(getint"\n input number of second line's points n"))
    (setq spit2 '())
    (if(< m 2)
      (progn
        (alert "number of segments must be >2")
        (princ))
      (progn
        (setq sp2 nil)
        (while (null sp2)
          (setq sp2(entsel)))
        (setq elast (entlast))
        (while (setq els (entnext elast))
          (setq elast els))
        (command "divide" sp2 m)
        (setq els elast)
        (while (setq els (entnext els))
          (setq list_els (entget els))
          (setq koor2(cdr (assoc 10 list_els)))
          (setq koor2 (trans koor2 els 0))
          (setq spit2 (append spit2(list koor2))))))
      (prompt "input two points of coordinate system Q and R")
      (setq Q(getpoint"\n input point Q")) (command "point" Q)
      (setq R(getpoint "\n input point R"))(command "point" R)
      (setq xr(nth 0 R))
      (setq yr(nth 1 R))
      (setq xq(nth 0 Q))
      (setq yq(nth 1 Q))
      (setq i 1)
      (command "ucs" "w")
      (command "3dmesh" (- m 1) (- n 1))
      (foreach kp spit2
        (setq c(car kp))
        (setq d(cadr kp))
        (foreach p spit1
```

```

(setq x(car p))
(setq y(cadr p))
;coord x
      (setq bx(- xr xq) ax(- yq yr) cx(- (* xq yr) (* xr yq)))
      (setq m1(* ax x) m2(* bx y) m3(sqrt(+ (expt ax 2) (expt bx 2))))
      (setq m4(/ (+ m1 m2 cx) m3))
      (setq dx2(abs m4))
(setq w1(angle Q P))
(if (<= w1 3.14)(setq gx2 dx2)(setq gx2(- 0 dx2)))
;coord y
      (setq by(- c xr) ay(- yr d) cy(- (* xr d) (* c yr)))
      (setq m5(* ay x) m6(* by y) m7(sqrt(+ (expt ay 2) (expt by 2))))
      (setq m8(/ (+ m5 m6 cy) m7))
      (setq dy2(abs m8))
(setq w2(angle R P))
(if (<= w2 3.14)(setq gy2 dy2)(setq gy2(- 0 dy2)))
;coord z
      (setq bz(- c xq) az(- yq d) cz(- (* xq d) (* c yq)))
      (setq n1(* az x) n2(* bz y) n3(sqrt(+ (expt az 2) (expt bz 2))))
      (setq n4(/ (+ n1 n2 cz) n3))
      (setq dz2(abs n4))
(setq w3(angle Kp P))
(if (<= w3 3.14)(setq gz2 dz2)(setq gz2(- 0 dz2)))
      (command (list gx2 gy2 gz2))
      (setq i (+ i 1))))

```

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Согомонян К. А.** Линейно-конструктивные методы формообразования (геометрическое моделирование). – Ереван: Айастан, 1990. – 214 с.
2. **Хейфец А. Л.** Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 432 с.
3. **Полещук Х. Х.** Visual LISP и секреты адаптации AutoCAD. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 576 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 15.09.2002.

Վ. Հ. ՍՈՂՈՄՈՆՅԱՆ, Կ. Ա. ԹՈՒՄԱՆՅԱՆ, Ն. Լ. ԴԱԶԱՐՅԱՆ

R² ՀԱՐԹՈՒԹՅԱՆ ԶՈՒՅԳ ԳԾԵՐՈՎ ՍՈՂԵԼԱՎՈՐՎՈՂ R³ ԵՌԱԶՍՓ ՏԱՐՄՈՒԹՅԱՆ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՏԱՎՈՐՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՅՈՒՄ

Նկարագրված է նոր ֆունկցիա (հրաման DIPOV), որը մշակված է AutoCAD գրաֆիկական համակարգի AutoLISP ֆունկցիոնալ լեզվի միջոցներով: Հրամանը հնարավորություն է տալիս երկխոսության ռեժիմում առաջադրելով **R²** հարթության զույգ զծեր, կոնստրուկտավորել եռաչափ տարածության տարբեր մակերևույթներ՝ կիրառելով վերջիններիս կոնստրուկտավորման սկզբունքներն նոր մեթոդ [1]:

K. H. SOGHOMONYAN, K. A. TUMANYAN, N. L. GHAZARYAN
DESIGN PROCESS AUTOMATION OF THREE-DIMENSIONAL SPACE R³ SURFACES
STIMULATED BY PAIRS OF LINES ON PLANE R²

A new function (command) developed by means of a functional language AutoLISP working in the AutoCAD graphic system environment and permitting to design various surfaces of three-dimensional space by giving the plane R³ pair of lines in the interactive mode based on a principally new surface design method is described.