

Д.Н. Свирский, Ю.В. Полозков

## Алгоритмическое обеспечение обработки видеоизображений в компактной системе рекурсивного формообразования нерегулярных поверхностей

Одним из наиболее важных этапов информационного процесса в компактной системе рекурсивного копирования нерегулярных пространственных объектов [1] является генерация адекватных цифровых моделей. Для оперативного создания таких цифровых моделей была изготовлена специальная установка видеокomпьютерной оцифровки. На основе математической модели процесса оцифровки, представленной в работе [2], в среде стандартного пакета компьютерной алгебры разработано соответствующее программное обеспечение. В данной статье приводятся результаты экспериментальной работы по созданию цифровой модели скульптуры головы человека (рис. 1).



Рис 1. Вид спереди и вид слева объекта оцифровки

При оцифровке объект поворачивался на угол, кратный  $90^{\circ}$ , а изображения его сторон вместе со следами проецируемой ортогональной сетки регистрировались видеокамерой «Samsung» (рис. 2). Полученные видеоизображения содержат исходный информационный материал для построения трехмерной модели объекта оцифровки.

Из видеокамеры изображения сторон манекена экспортировались в компьютер, в котором проводилась их векторизация. Таким образом был получен одномерный массив координат  $x[i]$ ,  $y[i]$  центральных проекций точек объекта, соответствующих проекциям следов пересечения полос слайда. Эти координаты являются исходными данными при автоматизированном расчете трехмерных координат точек объекта. В состав исходных данных входят также параметры внешнего и внутреннего

ориентирования видеокамеры –  $\mu, \omega, R, \varphi, \eta, \nu, f_k$ ; проектора с сетчатым слайдом –  $H, D, f_r$  и параметры координатной сетки слайда –  $\delta, n$ .

Ориентация видеоснимка программно задается с помощью матриц ориентирования:

```
> Ac1:=linalg[matrix](3,3,[cos(m),0,sin(m),0,1,0,-sin(m),0,cos(m)]):
> Ac2:=linalg[matrix](3,3,[cos(w),-sin(w),0,sin(w),cos(w),0,0,0,1]):
> Ac3:=linalg[matrix](3,1,[R,0,0]):
> Ac4:=evalm(&*(Ac1,Ac2,Ac3)):
> A1:=linalg[matrix](3,3,[1,0,0,0,cos(q),sin(q),0,sin(q),cos(q)]):
> A2:=linalg[matrix](3,3,[cos(n),0,sin(n),0,1,0,sin(n),0,cos(n)]):
> A3:=linalg[matrix](3,3,[cos(v),sin(v),0,sin(v).cos(v),0,0,0,1]):
```

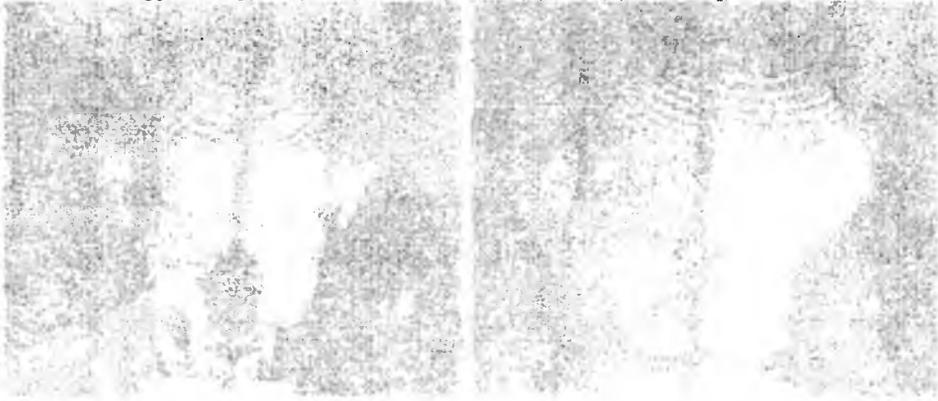


Рис. 2. Видеоизображения сторон объекта при его оцифровке

Для расчета параметров проецирования координатной сетки создается массив и рассчитываются его элементы:

```
> tg(sigma):=array(1..n, [ ]):
> tg(alpha):=2*fp/Q:
> r:=fp+delta*tg(alpha):
> for i from 1 to n do d[i]:=s*i od:
> for i from 1 to n do tg(sigma[i]):=d[i]/r od:
```

С помощью стандартной конструкции цикла априорный одномерный массив делится на два дискретных –  $xf$  и  $yf$ , содержащих исходные координаты  $xf[j], yf[j]$  проекций точек объекта оцифровки, которые отсчитываются соответственно вдоль осей  $x$  и  $y$  системы координат видеоизображения. Далее посредством проверки значений элементов массива  $yf$  осуществляется поиск случайных ошибок:

```
> xf1:=array(1..nops(OC)/2): yf1:=array(1..nops(OC)/2):
> i:=0:
> for j from 2 to (nops(OC)/2)-1 do
> if yf[j]>yf[j-1] and yf[j-1]<yf[j+1] and yf[j]<yf[j+1]
> or yf[j]>yf[j-1] and yf[j-1]>yf[j+1] and yf[j]>yf[j+1]
> or yf[j]<yf[j-1] and yf[j-1]>yf[j+1] and yf[j]<yf[j+1]
> then
> i:=i+1: xf1[i]:=xf[j]: yf1[i]:=yf[j]:
> else
> print (error, j, xf[j], yf[j])
> fi:
> od:
```

Также посредством задания цикла

```
> Afx:=array(1..nops(OC)/2):
> for i to nops(OC)/2 do Afx[i]:=cos(n)*cos(v)*xf1[i]+cos(n)*sin(v)*yf1[i]+sin(n)*z1 od:
```

исходные координаты  $x_{f1}[j]$  видеоизображения переводятся в координаты  $A_{fx}[i]$ , базиса пространственной координатной системы объекта. Также производится расчет координат  $A_{fy}[i]$ ,  $A_{fz}[i]$ .

С помощью вложенных в цикл операторов условия по формуле для расчета пространственных координат точек объекта, рассмотренной в [2], производится трансформация координат  $A_{fx}[i]$  видеоизображения в трехмерные координаты  $X_i[j]$  точек объекта оцифровки:

```
> Xi:=array(1..n,1..nops(OC)/2+1):
> i:=19
> for j from 2 to nops(OC)/2-1 do
>   if yf[j+1]>yf[j]
>     then
>     Xi[j]:=(Q1[1,1]*Afz[j]+Afx[j]*(H*tg(sigma[i])-Q1[3,1]))/(Afz[j]+Afx[j]*tg(sigma[i]))
>     elif yf[j+1]<yf[j] and yf[j]>yf[j+2] and yf[j+1]<yf[j+2]
>     then
>     i:=i-1; Xi[j]:=(Q1[1,1]*Afz[j]+Afx[j]*(H*tg(sigma[i])-Q1[3,1]))/(Afz[j]+Afx[j]*
>     *tg(sigma[i]))
>   fi:
> od:
```

Аналогично осуществляется трансформация координат  $Y_i[j]$  и  $Z_i[j]$ . Отличие состоит только в расчетных формулах, которые соответствуют общей математической модели процесса оцифровки.

Для визуального контроля (например, с помощью графических возможностей пакета plots) можно построить модели видеоизображений в базисе пространственных координат объекта:

```
> with(plots):
> points = [seq ([Afx[i], Afy[i], Afz[i]], i=1..nops(OC)/2-2)];
> pointplot3d (points):
> pointplot3d (points,color=red,axes=boxed,style=line, symbol = cross, labels = [x,y,z]):
```

Посредством функции Seq из элементов массивов  $X_i$ ,  $Y_i$ ,  $Z_i$  создается последовательность соответствующих координат для этого построения.

В графическом приложении также визуализируются трехмерные цифровые модели сторон объекта (рис 3):

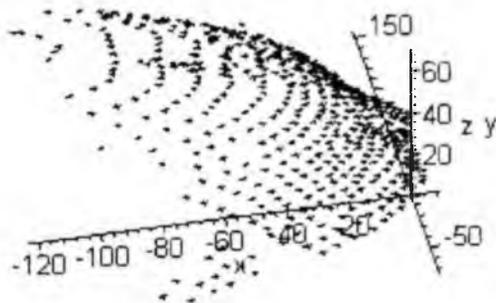


Рис. 3. Фрагмент трехмерной цифровой модели анфасной стороны объекта (лобная часть)

```
> with(plots):
> points:=[seq ([Xi[i], Yi[i], Zi[i]], i=1..nops(OC)/2-3)];
> pointplot3d (points):
> pointplot3d (points, color=red, axes=normal, style=line, symbol=cross, labels=[x,y,z], scaling=unconstrained):
```

Для создания объемной цифровой модели, соответствующей реальной конфи-

гуграции пространственно-сложного объекта. требуется объединить («сшить») массивы координат его сторон. Затем создается твердотельная компьютерная модель, которая может избирательно трансформироваться в процессе компьютерного проектного моделирования будущего объекта производства.

Программно-алгоритмическая реализация разработанной математической модели процесса видеосцифровки сложных поверхностей и ее экспериментальная проверка подтвердили возможность оперативного создания трехмерных цифровых моделей нерегулярных объектов в автоматическом режиме. Повышение точности объемных цифровых моделей может быть достигнуто использованием более совершенного оборудования, более качественной юстировкой видеосистемы и введением в программное обеспечение эффективных аппроксимирующих функций.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Колодовский И.И., Свирская Т.А., Полозков Ю.В. Формообразование скульптурных объектов с помощью компактной системы рекурсивного копирования // Веснік ВДУ, 2000. № 2 (16). С. 67-71.
2. Завацкий Ю. А., Полозков Ю. В., Свирский Д.Н. Математическое моделирование процесса сцифровки пространственных объектов // Веснік ВДУ, 1999. №3 (13). С. 49-53.

### S U M M A R Y

*The results of a digital irregular 3D-model creation are given. The basic stages and software of video digitizing process are considered. The example of a digital model of complex object building is shown.*