

4. Imej dan Grafik

4.0 Perwakilan

4.1 Transformasi

4.2 Pemprosesan Imej

- Tugas 7
- Tugas 8

4.0 Perwakilan

4.0.0 Kaedah

Sesuatu imej atau grafik itu berbentuk dua dimensi. Untuk mengolahnya, secara komputer, ia perlu diwakili dalam bentuk digitan. Secara kasar, ada dua cara imej boleh diwakili dalam bentuk digitan, iaitu

- ia didiskretkan dalam ruang 2 dimensi untuk memberi tatasusunan 2 dimensi nilai unsur-unsur pada kedudukan di titik-titik diskret (bentuk raster)
- ia dibina daripada unsur-unsur geometri (titik, garisan, lengkung, ...)

Perwakilan raster, dengan tatasusunan nilai-nilai kekelabuan atau warna pada titik-titik d 2 dimensi memberikan struktur yang mudah untuk paparan di skrin, dan operasi-operasi yang membabitkan pengcahayaan. Perwakilan geometrian pula, yang merupakan perihalan ringkasan bagi objek geometri, memudahkan transformasi geometrian ke atas imej.

4.0.1 Perwakilan imej secara raster

Unsur imej yang terdiskret dalam 2 dimensi dipanggil piksel. Sesuatu piksel itu mengadungi nilai kegelapan/kecerahan ('skala kelabu') suatu titik ruang, atau warnanya dalam imej berwarna. Perwakilan raster mengandungi ciri sesuatu titik ruang, tetapi tidak misalnya maklumat bentuk objek dan kesambungan garisan secara langsung.

Skala pendiskretan ruang, iaitu bilangan piksel per jarak, menentukan peleraian. Peleraian ini ialah tahap butiran ruang bagi imej.

4.0.2 Perwakilan keamatan dan warna

Nilai piksel memberikan keamatan menurut suatu skala keamatan (skala kelabu). Iaitu, kecerahan/kegelapan sesuatu titik ruang juga terdiskret. Misalnya, penggunaan satu bait storan untuk setiap piksel membenarkan menggunakan skala kelabu dengan $2^8 = 256$ aras kecerahan.

Bagi imej berwarna, setiap piksel boleh menandungi nilai-nilai daripada warna asas. Kita ada skala terdiskret bagi setiap warna asas ini. Misalnya, model warna RGB menggunakan 'kordinat warna' bagi setiap piksel, di mana merah, hijau, dan biru (R,G,B) digunakan sebagai paksi asas warna. Jadi

$(0,0,0)$ = hitam,

$(0,1,0)$ = hijau,

$(1,1,0)$ = kuning,

$(1,1,1)$ = putih

Dalam model CMY – sian, magenta, kuning (*cyan-magenta-yellow*): (C,M,Y) – pula, kordinat warna = $(1,1,1) - (R,G,B)$.

Kita boleh juga guna pengkodan terus, di mana kod 3 bait mencirikan setiap piksel. Satu bait digunakan untuk setiap warna, jadi kita ada 256 aras keamatan per warna.

Kaedah jadual carian pula menggunakan kod 8 bit, yang memberikan lokasi dalam suatu jadual warna. Kandungan jadual ini 3 bait, yang mewakili keamatan komponen 3 warna asas.

Kedalaman warna merujuk kepada tahap kehalusan pendiskretan warna, sejajar peleraian dalam pendiskretan ruang.

4.0.3 Perwakilan geometrian

‘Imej vektor’ terhasil daripada perwakilan geometrian. Di sini, perihalan imej dibina daripada primitif-primitif:

- titik – maklumat kedudukan: (x,y) untuk 2 dimensi; (x,y,z) untuk 3 dimensi.

- garis lurus – diperihalkan oleh 2 titik berkedudukan di atas garisan ini (misalnya dua hujung garisan),

 - atau 2 parameter daripada perihalan $y = mx+c$

- bulatan – 3 parameter

- polygon berisi – dibina daripada garis-garis lurus yg membuat gelung tertutup

- lengkung – poligarisan

 - dibina daripada garis-garis lurus bersambungan

- permukaan – dibina daripada poligon-poligon

 - (biasanya tigasegi atau empatsegi) bersambungan

 - (tepi-tepi poligon bersambung ini seperti ‘bingkai dawai’) – ‘jejaring poligon’

Koleksi primitif-primitif (nilai sebenar, atau penuding kepada lokasi dalam jadual lain) disimpan dalam jadual:

- jadual verteks – mengandungi kedudukan setiap vertex (titik)

- jadual tepi – mengandungi verteks-verteks setiap tepi

- jadual poligon – mengandungi verteks-verteks setiap polygon

Penggunaan perwakilan geometrian memudahkan dan menyemulajadikan transformasi geometrian; transformasi dikenakan terus ke atas primitif-primitif titik. Namun untuk paparan, pengiraan kedudukan suatu kedudukan titik permukaan dan ciri kecerahan atau warnanya perlu dikira.

4.0.4 Tukaran imbasan

Ini berkenaan penukaran perwakilan geometrian kepada perwakilan raster.

Nilai kedudukan titik, yang merupakan nombor nyata dalam perwakilan geometrian, diubah kepada integer menurut peleraian dan saiz raster.

Bagi garisan (lurus), kita perlu beri nilai kegelapan yang sepatutnya kepada titik-titik di atas garisan ini. Bagaimana hendak ditentukan kedudukan titik-titik ini di atas raster? Bagi garisan yang mengufuk ($m = 0$) atau menegak ($m = \infty$), ini mudah. Ubah sahaja titik demi titik raster jarak sepiksel dalam arah garisan berkenaan. Ini juga pakai bagi garisan pada 45° ($|m|=1$). Bagi garisan dengan

kecerunan tinggi, $|m| > 1$, nilai y piksel berubah dengan lebih cepat daripada nilai x nya di atas garisan itu: ubah y piksel demi piksel dan kira untuk x yang sepadan. Begitulah untuk $|m| < 1$, ubah x piksel demi piksel dan kira untuk y .

Berikut ialah algoritma garisan Bresenham untuk tukan imbasan.

Algoritma garisan Bresenham:

Utk tukan imbasan bagi garisan dari (x_1, y_1) ke (x_2, y_2) di mana $x_1 < x_2$ dan $0 < m < 1$:

```
int x=x1, y=y1;
int dx=x2-x1, dy=y2-y1, dT=2*(dy-dx), dS=2*dy;
int d=2*dy-dx;
setPixel(x,y);
while (x<x2) {
    x++;
    if (d<0) d=d+dS;
    else {
        y++;
        d=d+dT;
    }
    setPixel(x,y);
}
```

setiap perubahan x satu piksel tidak mengubah y atau mengubahnya satu piksel, bergantung kepada kecerunan

Algoritma ini hanya membabitkan operasi mudah iaitu tambah, tolak dan darab, dan oleh itu ia cekap.

4.0.5 Fail imej

Imej distor dalam fail dengan pelbagai format: BMP, yang merupakan raster mentah, JPEG, TIFF, GIF, PNG, dan sebagainya.

Kandungan fail imej biasanya terdiri daripada 2 bahagian:

kepala (yang mengandungi maklumat tentang imej dan struktur fail), dan badan (yang mengandungi data imej).

4.1 Transformasi Grafan

4.1.0 Transformasi geometrian

Transformasi geometrian paling mudah dilakukan ke atas titik-titik kedudukan, yang mungkin menjadi primitif kepada bentuk-bentuk geometrian yang lebih tinggi.

Titik kedudukan diperihalkan kordinat Kartesan dalam suatu ruang: (x,y,z) dalam 3 dimensi. Sistem kordinat homogen boleh didefinisikan seperti berikut. Perhatikan bahawa titik Kartesan (a,b,c) berada di atas garislurus menerusi asalan, yang diberikan oleh:

$$x=at \quad y=bt \quad z=ct$$

Jika (a_1,b_1,c_1) dan (a_2,b_2,c_2) berada di atas garislurus sebegini yang sama, maka ada t' di mana

$$a_1 = a_2 t' \quad b_1 = b_2 t' \quad c_1 = c_2 t'.$$

(a_1,b_1,c_1) dan (a_2,b_2,c_2) dikatakan setara, ditulis $(a_1,b_1,c_1) \sim (a_2,b_2,c_2)$ dan adalah *kordinat homogen* bagi titik $[a,b,c]$ dalam *satah unjuran*. Titik Kartesan dua dimensi (x,y) sepadan dengan titik unjuran (x_1,y_1,z_1) yang berkordinat homogen $x_1=x, y_1=y$ dan $z_1=1$. Untuk tiga dimensi, kordinat homogen (x_1,y_1,z_1,w_1) sepadan dengan titik Kartesan (x,y,z) dengan $x=x_1/w_1, y=y_1/w_1$ dan $z=z_1/w_1$ dengan $w_1 \neq 0$.

Bagi translasi, suatu titik dialihkan. Translasi oleh vektor (a,b,c) (dalam 3 dimensi) memberikan:

$$x'=x+a$$

$$y'=y+b$$

$$z'=z+c$$

Menggunakan kordinat homogen, ini boleh ditulis dalam bentuk pendaraban matriks seperti berikut:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Transformasi penskalaan ialah apabila saiz diubah menurut suatu faktor. Penskalaan (terhadap asalan) oleh faktor s_x dalam arah x , menghasilkan:

$$x' = s_x x$$

Bila $s_x > 1$ kita ada pembesaran, dan bila $s_x < 1$ kita ada pengecilan. Begitulah, penskalaan dalam arah y dan z memberikan

$$y' = s_y y$$

$$z' = s_z z$$

Dalam bentuk hasildarab matriks,

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & s_z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

dan menggunakan kordinat homogen pula,

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Untuk penskalaan terhadap suatu titik tertentu, dan bukan asalan, dilakukan dahulu translasi yang membawa titik ini kepada asalan, penskalaan dibuat, kemudian dilakukan translasi semula untuk membawa pusat penskalaan ke asalnya. Iaitu, 'transformasi kordinat' dilakukan sebelum penskalaan, dan songsangannya selepas itu. Misalnya, untuk penskalaan terhadap titik (k, l, m) , lakukan translasi $(-k, -l, -m)$, kemudian penskalaan, kemudian translasi (k, l, m) . Dalam bentuk matriks bagi kordinat homogen, ini merupakan hasil darab matriks translasi, matriks penskalaan dan matriks translasi.

Bagi transformasi putaran, keliling asalan, matriks putaran Kartesan sudut θ terhadap paksi z ialah:

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

sementara terhadap paksi y ialah:

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix}$$

dan sementara terhadap paksi x ialah:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

Dalam kordinat homogen, ini adalah masing-masing

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

dan sebagainya. Putaran am, iaitu jumlah putaran sudut-sudut tertentu terhadap paksi tertentu, ialah kombinasi putaran-putaran di atas. Dalam bentuk matriks, ia merupakan hasil darab matriks putaran-putaran berkenaan. Putaran terhadap suatu titik yang bukan asalan ditangani seperti penskalaan terhadap suatu titik tertentu: translasi (transformasi kordinat), putaran, kemudian songsangan translasi. Bagi putaran keliling garis tertentu yang bukan paksi x , y atau z , transformasi kordinat perlu dilakukan dahulu supaya garis itu bertindih dengan suatu paksi yang keliling mana putaran kemudian dilakukan, sebelum transformasi kordinat kepada kordinat asal dilakukan. Transformasi kordinat kali ini juga mungkin membabitkan putaran sebagai tambahan kepada translasi. Jujukan transformasi-transformasi ini diwakili dengan mudah oleh jujukan hasil darab matriks-matriks transformasi.

Pantulan di dalam paksi diwakili matriks transformasi seperti berikut. Matriks Kartesan bagi pantulan dalam paksi x (satah pantulan satah y - z) ialah:

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

dan sebagainya untuk paksi yang lain. Sekali lagi, pantulan terhadap satah yang lain ditangani dengan transformasi kordinat dahulu.

Ricihan ialah transformasi ‘menyenget’, misalnya $x'=x+h_x(y-y_0)$, $y'=y$, yang diwakili pendaraban matriks

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & h_x & -h_x y_0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

Matriks transformasi berkenaan yang lain boleh ditulis untuk ricihan-ricihan serupa.

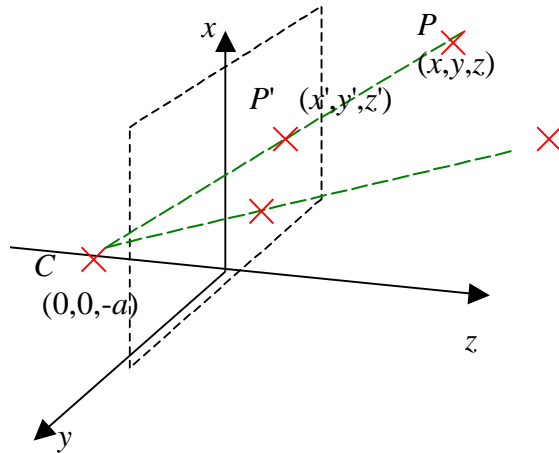
Kita telah bertemu transformasi kordinat di atas. Transformasi kordinat ialah perubahan kordinat akibat perubahan paksi. Paksi baharu sama dengan paksi lama setelah kombinasi translasi, putaran, dan penskalaan. Maka untuk transformasi kordinat, transformasi translasi, putaran dan penskalaan yang berpatutan dibuat supaya asalan, paksi dan skala sistem kordinat kedua bertindih dengan asalan, paksi dan skala sistem kordinat pertama. Titik-titik dalam sistem kordinat kedua ditransformasikan menurut transformasi ini.

Kordinat seketikaan merujuk kepada sistem kordinat bagi satu objek (subgambar) yang membina sesuatu gambar. Misalnya, kordinat tempatan dalam suatu pesawat pada setiap Ketika berbanding kordinat sejagat kedudukan-kedudukan ini. Perlu dilakukan transformasi kordinat (transformasi seketikaan) untuk menghubungkan setiap sistem kordinat seketikaan ini dengan sistem kordinat gambar keseluruhan.

4.1.1 Unjuran

Unjuran ialah dari satu dimensi yang lebih tinggi kepada satu dimensi yang lebih rendah. Misalnya, titik-titik daripada 3 dimensi diunjurkan ke atas suatu satah 2 dimensi. Pemetaan titik dimensi tinggi ke atas ruang dimensi rendah ditentukan oleh jenis unjuran yang digunakan. Dalam pengimejan, kita biasanya membuat pengunjuran daripada dunia objek 3 dimensi ke atas layer imej atau satah pandangan 2 dimensi.

Bagi unjuran perspektif, titik unjuran ke atas satah pandangan ialah titik di atas satah itu yang dibuat oleh garis lurus dari suatu pusat unjuran (dalam 3 dimensi) ke titik yang berkenaan di atas objek dalam 3 dimensi. Contoh diberikan dalam rajah di bawah, dengan satah pandangan satah $x-y$, dan pusat unjuran $C(0,0,-a)$. Titik $P(x,y,z)$ di objek diunjurkan ke $P'(x',y',z')$.



Gunakan segitiga serupa untuk membuat pengiraan,

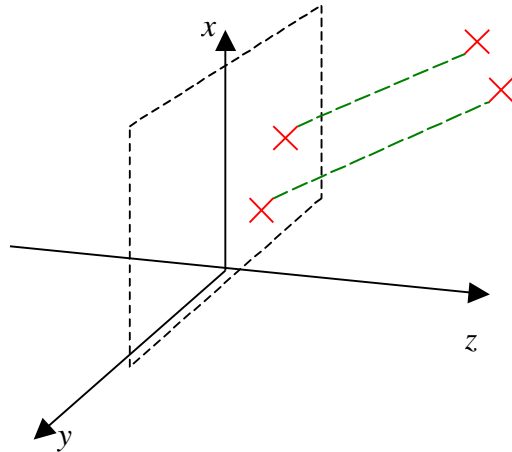
$$x' = \frac{ax}{z+a} \quad y' = \frac{ay}{z+a} \quad z' = 0$$

Menggunakan kordinat homogen, ini diberikan sebagai:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ax \\ ay \\ 0 \\ z+a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Dengan unjuran perspektif, objek yang jauh (daripada pusat unjuran) kelihatan lebih kecil (saiz unjuran lebih kecil) berbanding yang dekat. Ini disebut pengecilan perspektif. Bergantung kepada apa yang dikehendaki, ini bolehjadi sesuatu yang baik, atau bolehjadi merupakan satu masalah. Anomali perspektif yang lain termasuk titik menghilang – garisan-garisan selari (yang tak seranjang kepada satah pandangan) kelihatan bertemu, kekeliruan pandangan – objek di belakang pusat unjuran diunjurkan terbalik atas-ke-bawah dan depan-ke-belakang, dan herotan topologian – unjuran titik-titik yg berada di atas satah yang selari dengan satah pandangan dan yang melalui pusat unjuran, adalah ke infinity.

Bagi unjuran selari, titik-titik dari suatu objek diunjurkan ke atas satah pandangan menerusi garis-garis lurus yang selari, seperti di bawah. Unjuran itu lazim apabila garis pengunjur seranjang kepada satah pandangan, dan senget apabila garis pengunjur tidak seranjang kepada satah pandangan.



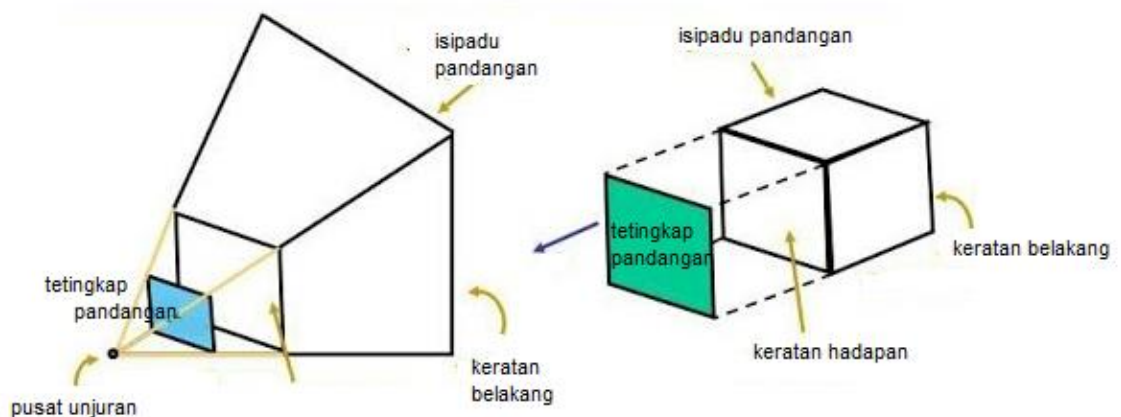
Unjuran selari lazim misalnya ialah yang ke atas satah x-y, diberi dalam kordinat lazim sebagai,

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

sementara missal suatu unjuran selari senget ke atas satah ini diberikan oleh

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & k_1 & 0 \\ 0 & 1 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Keratan memberikan bahagian dari ruang dan objek di dalamnya, biasanya yang menjadi tumpuan, misalnya ruang yang memberi unjuran ke dalam tettingkap pandangan (bahagian satah pandangan yang mahu dipaparkan sebagai imej). Buang titik, garisan (jika ia tidak bersilang dengan garisan tettingkap keratan), bahagian garisan, dan sebagainya, yang di luar tettingkap pandangan. Bagi ruang 3 dimensi, boleh wujudkan satah-satah keratan (depan dan belakang) supaya titik dan sebagainya yang tidak berada di antara satah-satah ini tidak dipaparkan. Isipadu pandangan merujuk kepada ruang di antara pengunjur yang melalui sempadan tettingkap pandangan, dan satah-satah keratan.



Dalam unjuran pengimejan, ada yang daam isipadu pandangan itu sendiri yang tidak dipaparkan. Ada permukaan tersorok dan garisan tersorok dari pandangan, akibat dihadap, yang tidak dipaparkan. Bagaimana hendak ditangani permukaan dan garisan tersorok ini? Ada beberapa kaedah, seperti berikut:

- bandingan kedalaman: jika dua titik berada di atas garis unjuran yang sama, titik yang lebih dalam tersorok dan (warna) titik yang satu lagi dipaparkan
- algoritma penimbal-Z: dalam proses tukaran imbasan, nilai z (kedalaman) terkecil semasa bagi titik yang ditukarkan kepada sesuatu piksel itu distor, dan titik dengan nilai z terkecil terakhir digunakan
- pembuangan muka belakang: buang poligon yang menhadapi ke belakang (orientasi poligon boleh diberikan oleh vektor normal ke permukaan luarnya, atau tepi terarah yang memberikan pusingan ikut jam atau lawan jam). Kaedah ini tidak menangani permukaan yang dihadap atau separa dihadap oleh permukaan lain.
- algoritma pelukis: paparkan poligon satu demi satu menurut yang belakang (yang dalam) dahulu
- algoritma imbasan garisan: imbas setiap nilai y untuk perolehi segmen garisan poligon yang bertemu setiap satah ini, dan bagi setiap nilai y , imbas pula setiap nilai x untuk perolehi titik pertemuan segmen garisan ini dengan setiap garisan x ini; isih titik-titik ini mengikut nilai z -nya – titik dengan z terkecil dipaparkan. Pengiraan dibantu oleh fakta tentang hubungan unsur, misalnya, jika suatu piksel berada dalam satu poligon, piksel-piksel berdekatan berkemungkinan besar berada dalam poligon yang sama, dan sebagainya.
- algoritma subpembahagian: tentukan poligon terunjur yang mana yang bertindih dengan suatu kawasan dan yang patut dipaparkan, jika tidak dapat, subbahagikan kawasan ini dan ulang secara rekursi.

4.1.2 Surihan sinar

Diberi objek(-objek) dalam 3 dimensi, bina imej dengan mensimulasi sinar Cahaya yang sampai ke mata pemandang.

Cahaya diperihalkan oleh –

- kecerahan/lar: tenaga jumlah
- rona: lebar jalur yang dominan
- ketepuan: darjah kejelasan warna; iaitu warna tulen/(warna tulen+warna putih)

Warna boleh dimodelkan oleh pelbagai model, misalnya teori penyeluruhan trikromat (merah – 700 nm, hijau – 546.1 nm dan biru – 435.8 nm sebagai tiga warna asas, sementara warna yang lain dianggap merupakan kombinasi linear); model warna XYZ CIE (menggunakan 3 warna asas sebenar X, Y, Z dan dimodifikasi dengan kecekapan lar bagi setiapnya); gambarajah kekromatan CIE (normalkan $X+Y+Z=1 \Rightarrow 2$ parameter bebas sahaja $x=X/(X+Y+Z)$ dan $y=Y/(X+Y+Z) \Rightarrow$ plotkan kepada paksi x dan y); dan lain-lain. Transformasi warna, misalnya dari kordinat RGB ke kordinat warna sesuatu monitor paparan, atau dari kordinat warna suatu monitor ke satu yang lain, boleh dilakukan menerusi hasildarab matriks yang sesuai.

Bagaimana dimodelkan pencahayaan? Dalam model pencahayaan tempatan, pantulan cahaya dari permukaan objek kepada mata pemandang dikira. Dalam model pencahayaan sejagat, dimasukkan juga kesan sekunder seperti cahaya yang menembusi bahan lutsinar/lutcahaya dan cahaya yang

dipantul dari satu permukaan objek kepada permukaan objek yang lain. Dalam model Phong, suatu model pencahayaan tempatan, keamatan cahaya yang sampai kepada pemandang dari suatu permukaan ialah hasil tambah pantulan cahaya ambien (cahaya yang berpantulan di persekitaran dan dianggap seragam dalam semua arah dan warna), pantulan berselerak cahaya dari sumber cahaya (dianggap berkadar dengan kosinus sudut tuju), dan pantulan bitnik dari sumber cahaya (dianggap berkadar dengan kosinus sudut perbezaan daripada arah pantulan menurut hukum pantulan, kuasa k , yang memerihalkan keberkilauan: $k=1$ permukaan pudar, $k=100$ permukaan seperti cermin):

$$I = I_a k_a + I_p (k_d \mathbf{L} \cdot \mathbf{N} + k_s (\mathbf{R} \cdot \mathbf{V})^k)$$

di mana I_a ialah keamatan Cahaya ambien, I_p ialah keamatan sumber Cahaya (titik), k_a dan sebagainya ialah pekali pantulan berkenaan masing-masing, dan \mathbf{L} , \mathbf{N} , \mathbf{R} dan \mathbf{V} adalah vektor unit dari titik permukaan berkenaan kepada sumber cahaya titik, kepada arah normal permukaan, kepada arah pantulan menurut hukum pantulan, dan kepada mata pemandang. Untuk dunia berwarna, hasil tambah komponen-komponen berkenaan.

Mengira warna permukaan di setiap titik memerlukan banyak operasi. Kita perlukan kaedah lorekan untuk menjimatkan operasi. Kaedah lorekan malar ialah di mana digunakan nilai warna titik terpilih untuk seluruh permukaan yang sama. Ini memuaskan untuk sumber cahaya yang jauh. Lorekan Gouraud ialah dikira nilai warna bagi titik di vertex polygon dalam jejaring polygon yang mewakili permukaan, kemudian diinterpolasikan warna di titik-titik di permukaan. Permukaan melengkung boleh ditangani dengan penggunaan jejaring halus. Lorekan Phong adalah seperti lorekan Gouraud, tetapi interpolasikan juga vektor normal di titik-titik lain. Ini memerlukan lebih banyak operasi, tetapi ia berkesan dalam menangani tonjolan cahaya bitnik.

Permukaan mungkin punyai ira. Ira permukaan ini perlu ditangani. Ada kaedah untuk tambahkan ira kepada lorekan permukaan. Ira boleh diunjurkan ke atas objek, seperti songsangan unjuran objek ke atas satah pandangan. Selain ira unjuran ini, kita boleh gunakan pemetaan ira di mana dipetakan kordinat 'ruang ira' kepada kordinat permukaan objek. Biasanya diandaikan pemetaan linear, misalnya

$$(u, w) \rightarrow (\theta, \phi) \text{ dengan } \theta = Au + B \text{ dan } \phi = Cw + D.$$

Ira pepejal pula ialah ruang ira 3 dimensi, dengan permukaan objek 'mengerat' ruang ini. Ini dapat menangani ketakpadanan tersirat di antara peta ira 2 dimensi dengan permukaan dalam tiga dimensi.

Imej surihan sinar dibina daripada surihan sinar dari objek menerusi kamera lubang pin. Sinar dibina ke belakang (dari pemandang ke objek) – ini sinar utama. Jika ia tak kena objek, berikan sesuatu warna latar. Jika ia kena objek, warna piksel berkenaan ditentukan oleh lorekan permukaan – ini sinar sekunder. Ia punyai tiga komponen – sumbangan tempatan dari sinar bayang atau sinar pencahayaan (surih ke sumber cahaya, dan kalau dihadang, ke dalam bayang); sumbangan pantulan dari sinar terpantul bintik (dari permukaan objek lain); dan sumbangan hantaran dari sinar terhantar bitnik, yang terbias menerusi objek lutsinar.

4.1.3 Video

Imej adalah unjuran objek-objek 3 dimensi ke atas tetikap pandangan 2 dimensi. Dengan tambahan dimensi masa, imej menjadi video. Bagi masa terdiskret, imej dipaparkan satu demi satu secara berjujuk (bingkai-bingkai). Tahap pendiskretan masa disebut kadar bingkai.

Video juga mempunyai maklumat bunyi terhadap masa, atau audio, yang boleh disimpan dalam beberapa format. Kualiti audio bergantung kepada peleraian masa dan frekuensi.

Bergantung kepada saiz dan peleraian imej, dan kadar bingkai, dan tempoh video, saiz data video selalunya sangat besar. Fail dipadatkan untuk menjimatkan ruang storan dan untuk membolehkan hantaran cepat melalui rangkaian. Kaedah-kaedah pepadatan membabitkan pembuangan maklumat berulang, dan lain-lain.

Ada beberapa format fail video: MPEG dan sebagainya.

4.1.4 Animasi

Video selalunya membabitkan imej-imej nyata. Imej-imej buatan juga boleh dianimaikan - jujukan imej-imej diatur dalam masa untuk memberi kesan masa dan pergerakan.

Kaedah animasi membolehkan kemasukan kesan khas. Ledingan merujuk kepada regangan dan padatan ruang imej (atau penskalaan) yang dilakukan tidak secara homogen. Juga, penjelmaan bentuk sesuatu objek dalam imej boleh dilakukan, mengubah objek itu kepada bentuk lain mengikut perubahan masa. Ini boleh dibuat dengan mengunjurkan bentuk-bentuk pertengahan dalam bingkai-bingkai di antara bingkai awal dan bingkai akhir, dan melakukan transformasi atau ledingan yang sesuai.

Pendekatan yang biasa diambil dalam animasi (terutama dalam permainan video) ialah untuk menangani objek-objek, yang cepat berubah, secara berasingan daripada latar, yang kurang berubah. Suatu kaedah animasi ialah dengan menggunakan jadual carian: objek dilukis di semua kedudukan yang ingin ditunjukkan pada setiap bingkai, tetapi warna setiapnya ditentukan oleh jadual carian dalam cara mana hanya satu kedudukan objek (yang berkenaan bagi bingkai berkenaan) dilihat, yang lain mempunyai warna seperti warna latar.

4.2 Pemrosesan Imej

4.2.0 Penglihatan Mesin

Penglihatan mesin ialah pemesinan penglihatan.

Kegunaan penglihatan mesin, di antaranya, ialah:

- panduan, misalnya untuk pergerakan robot, kawalan, dan sebagainya; dan
- pemeriksaan, misalnya untuk kawalan mutu

Ini terutamanya berguna dalam keadaan-keadaan yang tidak selamat untuk manusia (misalnya atas bulan, dalam pembakar, dalam loji nuklear, dan sebagainya), dan dalam tugas-tugas yang tidak dapat dibuat oleh manusia (misalnya pemeriksaan sinar-X).

Ada empat langkah asas dalam penglihatan mesin:

1. pemerolehan imej (penderiaan)
 - terjemah maklumat penglihatan kepada format yang boleh dimanipulasi
2. pemrosesan imej (pemprosesan) – manipulasi awal untuk membaiki kualiti imej
3. analisis imej (pengsejmenan, pemerihalan) – kenalpasti ciri-ciri dan sifat-sifat utama imej misalnya sempadan-sempadan dan tepi-tepi
4. pemahaman imej (pencaman, tafsiran) – kenalpasti objek-objek dan hubungan-hubungan antara mereka

Langkah 1 dan 2 disebut penglihatan aras rendah, sementara langkah 3 dan 4 disebut penglihatan aras tinggi.

4.2.1 Pemerolehan Imej

Dalam pemerolehan imej, kita terlibat dalam mengubah pola cahaya kepada isyarat elektrik. Objek 3 dimensi (atau 3 + 1 dimensi masa) diubah kepada 2 dimensi (atau 2 + 1 dimensi). Penderiaan boleh dilakukan oleh misalnya radar, penjulat laser, dan sebagainya, tetapi biasanya oleh kamera.

Biasanya imej didiskretkan (supaya memudahkan penyimpanan dan pengolahan): ruang menjadi piksel-piksel (menerusi imbasan, tangkapan imej, pengesan diskret misalnya kamera CCD, dan lain-lain); keamatan menjadi skala kelabu (atau skala-skala merah, biru, hijau) (menerusi ambangan, ADC, dan lain-lain).

Teknik-teknik pencahayaan boleh digunakan untuk menolong peningkatan imej, misalnya:

- untuk membezakan objek yang boleh dibezakan oleh bentuk bayang masing-masing, boleh gunakan pencahayaan (dari) belakang
- pencahayaan dengan cahaya berbelang boleh menonjolkan bentuk 3 dimensi objek
- cahaya berselerak digunakan apabila ciri permukaan penting
- untuk mengecam objek merah di antara objek hijau, misalnya, gunakan pencahayaan merah, atau penapis merah

Boleh juga digunakan 2 kamera untuk perolehi maklumat 3 dimensi. Dengan itu rakaman stereo diperolehi.

4.2.2 Pemprosesan Imej

Pemprosesan imej boleh merujuk kepada keseluruhan penglihatan mesin, tetapi di sini ia lebih merujuk kepada pemprosesan imej atau peningkatan imej. Langkah ini berguna dalam pengimejan, terutama dalam kegunaan-kegunaan seperti penderiaan jauh, perubatan, astronomi, dan sebagainya.

Ketaksempurnaan sistem pengesan, keadaan yang tak unggul misalnya terlalu gelap, hingar (elektronik), dan sebagainya, menyebabkan imej kurang sempurna. Antara perkara yang boleh dibuat untuk memperbaiki imej ialah perataan imej dan peningkatannya dari segi taburan kecerahan.

Perataan adalah pengurangan hingar dan herotan yang akibat pingsampelan, pendiskretan, usikan dalam persekitaran ketika pemerolehan, dan sebagainya. Imej mahu diratakan namun perlu dielak kehilangan ciri-ciri sebenar dalam imej. Ada beberapa cara perataan boleh dijalankan.

Perataan jiranan dilakukan dengan menggunakan nilai purata piksel-piksel di jiranan,

$$\tilde{f}(x, y) = \frac{1}{p} \sum_{(m,n) \in S(x,y)} f(m, n)$$

di mana $S(x,y)$ ialah jiranan (x,y) dan $p=|S(x,y)|$ saiznya. Penapisan median pula mengambil median nilai piksel-piksel jiranan,

$$\tilde{f}(x, y) = \text{median}(\{f(n, m) : (n, m) \in S(x, y)\})$$

Ini semua hanya membabitkan imej yang sama. Dalam pemurataan imej, pemurataan dibuat terhadap berbilang salinan imej,

$$\tilde{f}(x, y) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k f_i(x, y)$$

Bagi imej dedua (0, 1 atau putih, hitam, sahaja), nilai purata atau median tidak begitu berguna. Dalam kes ini, kesan hingar adalah sempadan yang tak teratur, lubang kecil, sudut hilang, dan titik terasing. Maka boleh guna algoritma jiranan, misalnya, bagi tetingkap

a	b	c
d	p	e
f	g	h

p diubah menurut

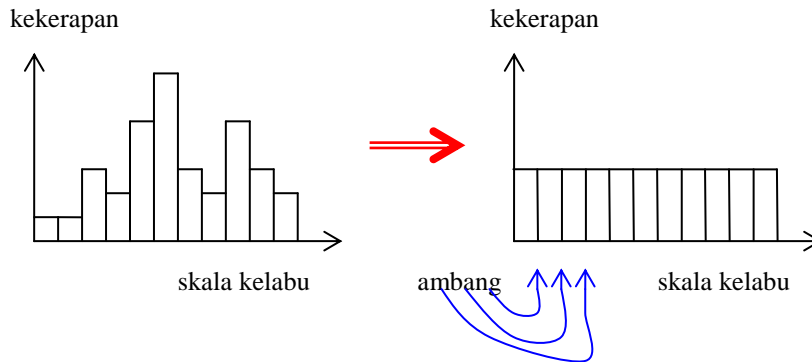
$$\tilde{p} = p \vee (b \wedge g \wedge (d \vee e)) \vee (d \wedge e \wedge (b \vee g))$$

Ini mengisi lubang kecil dalam kawasan gelap dan dalam tepi lurus.

Peningkatan imej dari segi pemodifikasian skala kelabu boleh daripada berikut:

- terangkan/gelapkan imej, dengan menambahkan suatu pemalar kepada nilai aras kelabu piksel-piksel
- tambahkan/kurangkan bezajelas dalam imej, dengan mendarab/membahagi nilai aras kelabu piksel dengan pemalar

- penyamaan histogram – bagi menormalisasikan taburan aras kelabu: ubah ambang-ambang aras kelabu supaya meratakan histogram kekerapan aras kelabu (iaitu samakan kekerapan berlakunya sesuatu keamatan)



- pengspesifikasian histogram – ubah ambang-ambang supaya histogram berbentuk tertentu. Ini berguna jika diketahui a priori apa bentuk sebenarnya histogram.
- dan lain-lain.

Modifikasi skala kelabu boleh dibuat secara sejagat (iaitu kepada keseluruhan imej) atau tempatan (jiranan tertentu sahaja)

4.2.3 Analisis Imej

Analisis imej membabitkan memecahkan imej kepada bahagian-bahagiannya dan memerihalkan hubungan di antara bahagian-bahagian ini. Permukaan boleh diratakan pada awalnya, supaya pengesanan tepi atau pengsegmenan boleh dibuat dengan baik. Kemudian hubungan antara tepi dan/atau segmen diperihalkan.

Perataan permukaan adalah untuk membuang ketakteraturan dan bayang dalam sesuatu permukaan atau segmen. Ia bukan perataan imej keseluruhan, dan memfokus kepada kawasan tempatan. Satu kaedah ialah penggunaan topeng konvolusi. Topeng ini merupakan tatasusunan terhad yang mengandungi faktor-faktor daraban nilai-nilai piksel jiranan untuk memodifikasi nilai piksel di pusatnya. Ia seperti operasi konvolusi terhad 2 dimensi terdiskret. Misalnya, satu topeng 3x3 berikut,

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

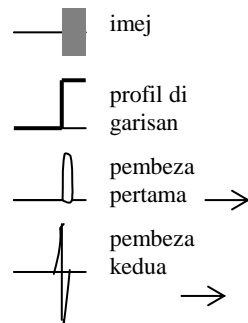
bermakna nilai piksel dipusat diubah,

$$\tilde{f}(x, y) = w_1 f(x-1, y-1) + w_2 f(x-1, y) + w_3 f(x-1, y+1) + w_4 f(x, y-1) + \dots + w_9 f(x+1, y+1)$$

di mana sistem kordinatnya ialah dengan x bertambah ke bawah, dan y bertambah ke kanan. Topeng ini diimbaskan piksel demi piksel di keseluruhan imej. Lebar topeng menentukan darjah perataan atau darjah kekaburan. Ada tolak-ansur di antara dua parameter ini.

Pengesanan tepi ialah penentuan tepi atau sempadan sesuatu permukaan atau objek dalam imej. Ia sepadan dengan pengsegmenan, kerana bilat tepi dikenali pasti, maka segmen-segmen didapati, dan seterbalkannya.

Tepi berlaku apabila ada perbezaan ketara nilai piksel berjiran. Cari piksel atau kedudukan yang terletak di antara dua permukaan ini mengikut perubahan dalam aras kelabu. Cara yang jelas ialah penggunaan operator pembeza (diskret) tempatan aras kelabu terhadap piksel.



Pembeza pertama adalah operator kecerunan dan mengira beza aras kelabu terhadap kedudukan piksel. Magnitudnya boleh digunakan untuk menanda tepi. Pembeza kedua mempunyai maklumat arah perbezaan dalam aras kelabu. Tandanya boleh digunakan utk menentukan bahagian mana yang lebih gelap atau terang.

Pembeza pertama boleh berbentuk

$$\mathbf{G}[f(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

dengan

$$G_x = f(x, y) - f(x-1, y)$$

$$G_y = f(x, y) - f(x, y-1)$$

Magnitudnya ialah $G[f(x, y)] = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2}$, namun biasanya dianggarkan $\approx |G_x| + |G_y|$ untuk mengurangkan perkiraan. Operator pembeza ini boleh ditulis dalam bentuk,

$$G_x = (g+2h+i) - (a+2b+c)$$

$$G_y = (c+2e+i) - (a+2d+g)$$

a	b	c
d		e
g	h	i

Sebagai topeng konvolusi, G_x adalah

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

dan analisis serupa berikan G_y . Ambangkan $|G_x| + |G_y|$ dengan nilai berpatutan untuk dapatkan tepi.

Pembeza kedua ialah operator Laplacean

$$L[f(x, y)] = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

$$= [f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1)] - 4f(x,y).$$

Ini diberikan oleh topeng

0	1	-0
1	-4	1
0	1	0

Pengesanan sempadan perlukan sambungan tepi. Boleh disyaratkan titik-titik sempadan berjiran harus punyai sudut kecerunan yang hampir. Sudut kecerunan diberikan

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{G_y}{G_x} \right]$$

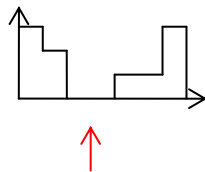
Piksel-piksel punyai sudut yang hampir sama jika bezanya $|\theta - \theta'| < A$ dengan A suatu pilihan tertentu, dan piksel-piksel ini disambung sebagai tepi.

Sambungan tepi memberikan sempadan-sempadan permukaan maka pengsegmenan berlaku. Kini kita berubah daripada maklumat piksel tempatan kepada maklumat segmen yang lebih sejagat.

Pengsegmenan setara dengan pengesanan tepi, kerana dengan perolehan segmen, secara automatik tepi didapati. Dalam pengsegmenan, tiap-tiap piksel mahu dikaitkan dengan (sekurang-kurangnya) satu segmen atau bahagian daripada imej, mengikut keamatan, ira, dan sebagainya. Kaedah-kaedah yang boleh digunakan termasuk pembesaran rantau, pengambangan, pecah dan sambung, dan penggunaan pergerakan.

Dalam pembesaran rantau, piksel berjiranan yang sama keamatan dikumpulkan ke dalam segmen semasa, dan seterusnya. Bila tiada lagi yang sama, segmen yang baharu dimulai. Jadi setiap segmen dibesarkan daripada satu titik piksel asal.

Pengambangan berguna bagi imej-imej yang punyai dua jenis segmen sahaja, misalnya objek dan latar, yang mempunyai keamatan berbeza. Gunakan ambang aras kelabu untuk bezakan - pilih nilai ambang dari histogram skala kelabu, misalnya,



Piksel dengan aras kelabu belah berlainan dikaitkan dengan segmen berlainan. Bagi imej berwarna, boleh dilakukan pengambangan untuk setiap komponen warna.

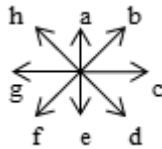
Dalam kaedah pecah dan sambung, sesuatu rantau itu dipecahkan jika piksel-piksel di dalamnya tidak sama (misalnya kepada 2 bahagian), dan sambung rantau atau bahagian-bahagian yang sama. Ini diulang untuk bahagian-bahagian yang terbahagi, sehingga pengsegmenan sempurna.

Juga, maklumat pergerakan boleh digunakan. Dua imej pada masa berlainan dilihat. Jika tiada pergerakan, maka tiada perbezaan di antara imej-imej tersebut. Objek-objek yang bergerak menyebabkan perbezaan dalam imej-imej, dan dengan itu, objek-objek itu dapat dikesan. Misalan

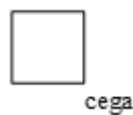
kegunaan kaedah ini ialah dalam mengecam objek menerusi bayang pencahayaan belakang di atas pengangkut panggul

Setelah segmen atau bahagian dikenalpasti, atau tepi ditemui, perlu diperihalkan komponen-komponen ini secara ringkas. Inilah pemerihalan imej.

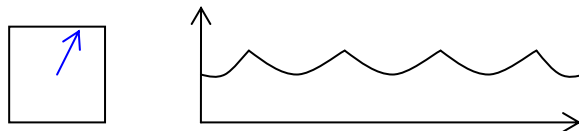
Untuk memerihalkan sempadan, satu cara mudah ialah penggunaan kod rantai. Kod rantai adalah rantaian garisan-garisan lurus pendek dengan kod mewakili arah-arrah. Misalnya, kod diberikan



mewakili bentuk empatsegi tegak sebagai



Tandatangan pula menggunakan maklumat jarak lawan arah untuk mewakili bentuk segmen yang terkandung oleh sempadan. Misalnya,

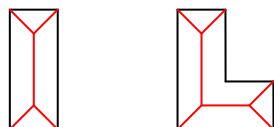


Penghampiran poligon boleh juga digunakan. Segmen-segmen, yang mungkin berbentuk melengkung, dihampirkan sebagai poligon dengan banyak tepi lurus. Imej menjadi jaringan poligon.

Perwakilan frekuensi memerihalkan imej secara lebih sejagat. Taburan frekuensi ruangan garis-garis dalam imej boleh didapati, dalam pelbagai arah, menggunakan transformasi Fourier dalam arah berkenaan.

Pemerihalan sesuatu rantau atau segmen boleh dibuat menurut cirinya, misalnya luas, perimeter, kesambungan, dan lain-lain. Ira permukaan dalam segmen itu boleh juga digunakan. In berguna dalam misalnya imeh satelit untuk penderiaan jauh untuk mengenalpasti kegunaan tanah. Ira boleh diparameterkan oleh ukuran entropi, $\sum_i \sum_j c_{ij} \log c_{ij}$, keseragaman, $\sum_i \sum_j c_{ij}^2$, dan sebagainya. Di sini c_{ij} ialah kebarangkalian menemui pasangan piksel beraras kelabu z_i dan z_j .

Rangka rantau memerihalkam bentuk struktur sesuatu segmen, misalnya



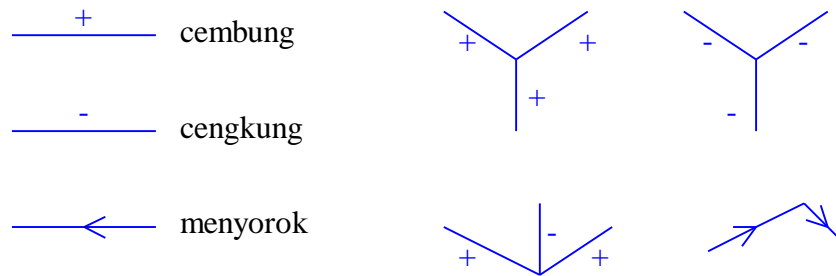
Seperti perwakilan frekuensi, momen-momen memberikan pemerihalan yang lebih sejagat, samada bagi seluruh imej atau secara individu untuk setiap segmen. Momen pusat, peringkat p,q misalnya, diberi oleh

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y)$$

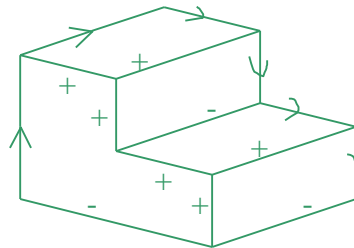
di mana $f(x,y)$ adalah nilai aras kelabu pada kedudukan (x,y) . Ada fungsi-fungsi terhadap μ_{pq} yang takvarian terhadap translasi, putaran dan perubahan skala, jadi dengan itu ukuran momen berguna untuk pemerihalan imej yang bebas translasi, putaran dan perubahan skala.

Daripada imej 2 dimensi, kita akhirnya mahukan pemerihalan struktur-struktur 3 dimensi. Kita perlu mentaahir bentuk-bentuk rantau iaitu sudut satah, lengkungan, kecembungan/kecengkungan, dan sebagainya. Ini dibuat daripada bayang, ira, stereo, gerakan, data julat, dan sebagainya. Kemudian kita gabungkan rantau-rantau ini untuk memperolehi objek 3 dimensi.

Bentuk 3 dimensi imej boleh diperihalkan menerusi pelabelan garisan dan persimpangan, seperti di bawah ini,



contoh:



4.2.4 Pemahaman Imej

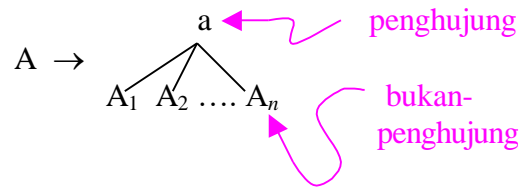
Pada langkah ini, objek-objek yang diperolehi dan hubungan di antara objek-objek ini dicam. Ciri-ciri sejagat imej diperolehi. Beberapa kaedah yang ada termasuklah yang diberikan berikut.

Pada tahap paling kasar, kita ada kaedah padanan pencontoh. Di sini, kita bandingkan terus objek-objek diperolehi dengan model objek-objek yang distort (templat-templat). Perlu dilihat pelbagai sudut dan skala untuk pencaman.

Dalam padanan ciri pula, kita buat perbandingan-perbandingan dari segi ciri-ciri individu secara berasingan, dengan yang distort. Ciri mungkin jejari, luas, bentuk, dan sebagainya. Kemudian, boleh digunakan fungsi-fungsi pembezaan (teori keputusan), fungsi-fungsi korelasi/sekaitan, untuk memutuskan kesamaan atau tidak objek berkenaan.

Kaedah-kaedah strukturan mengambil pendekatan yang lebih unsur. Imej dipecahkan kepada primitif-primitif pola. Kemudian ia dibandingkan dengan pola-pola templat. Bandingan ini boleh dibuat menerusi padanan rentetan (misalnya, kod rantai) dan juga kaedah-kaedah sintaksan. Lebih

canggih, rentetan primitif-primitif imej dilihat sebagai ayat-ayat dalam suatu bahasa diberi oleh nahu rentetan. Ayat-ayat ini sepadan dengan objek-objek tertentu. Analisis sintaks dalam bahasa tersebut mengecam objek-objek ini. Semantik, seperti maklumat berkenaan sambungan, panjang, arah, berapa kali suatu pengeluaran boleh digunakan, dan sebagainya boleh juga diperalatkan. Lebih canggih lagi, digunakan nahu berdimensi tinggi (utk sambungan lebih rumit antara primitif-primitif). Suatu misalan ialah nahu pepohon berkembang, yang punyai hukum-hukum nahu berbentuk



Masalah-masalah dalam analisis dan pengencaman imej, antara lain, ialah sorokan (bahagian) objek-objek yang boleh mengeliruan. Suatu Cadangan penyelesaian mungkin adalah padanan terus kepada model-model 3 dimensi, di mana penggunaan piksel diganti dengan penggunaan 'voksel' 3 dimensi. Satu lagi masalah ialah pengesanan pergerakan di mana kekangan-kekangan keselanjaraan eprlu dikenakan, dan vektor-vektor aliran di setiap titik perlu ditangani.

Tugas 7

1. Jadual verteks, jadual tepi dan jadual poligon berikut memerihalkan suatu permukaan:

Jadual Verteks	
Bil.	Kordinat
1	(3.1, 3.1, 1.3)
2	(0.3, 3.3, 0.2)
3	(2.3, 5.2, 0.4)
4	(5.4, 4.0, 0.5)
5	(5.6, 1.1, 0.3)
6	(2.6, 0.2, 0.2)

Jadual Tepi	
Bil.	Verteks
1	1, 2
2	1, 3
3	1, 4
4	1, 5
5	1, 6
6	2, 3
7	3, 4
8	4, 5
9	5, 6
10	6, 2

Jadual Poligon	
Bil.	Tepi
1	1, 6, 2
2	2, 7, 3
3	3, 8, 4
4	4, 9, 5
5	5, 10, 1

Implementasikan jadual-jadual ini sebagai tatasusunan dalam kod anda.

Tulis aturcara untuk lakarkan unjuran selari lazim permukaan ini ke atas satah x - y .

Lakarkan unjuran perspektif permukaan ini ke atas satah x - y dengan pusat unjuran (0.0, 0.0, -5.0).

Dengan menuliskan aturcaranya, berikan jadual yang terhasil setelah

- translasi sebanyak (1.1, 0.0, 2.5) dilakukan kepada permukaan ini.
- putaran sebanyak $\pi/8$ keliling paksi- y dilakukan kepada permukaan asal.
- putaran sebanyak $\pi/8$ keliling garisan selari paksi- y yang melalui (-1.1, 0.0, -2.5) dilakukan kepada permukaan asal.
- putaran sebanyak $\pi/8$ keliling garisan $x = y - 1.1, z = -2.5$ dilakukan kepada permukaan asal.

Lakarkan unjuran selari lazim permukaan hasil (iii) ke atas satah x - y .

Lakarkan unjuran selari lazim permukaan hasil (iv) ke atas satah x - y .

2. Diberi imej beruikut, tulis kod untuk tukarkannya kepada piksel-piksel integer dalam tatasusunan.



Menggunakan gelung, lakukan perataan median (jiranan 3x3) ke atas imej ini. Tunjukkan hasilnya.

Kira pembezaan dalam arah x , G_x , ke atas nilai yang telah diratakan, dan simpan ke dalam suatu tatasusunan

Kira pembezaan dalam arah y , G_y , ke atas nilai yang telah diratakan, dan simpan ke dalam tatasusunan lain.

Kira $|G_x| + |G_y|$ untuk tiap-tiap piksel. Pilih suatu nilai ambang, dan ambangkan hasil yang terakhir ini, memberikan imej dedua. Tunjukkan imej ini.

Tugas 8

1. Eksperimen dengan perisian pemrosesan imej, misalnya ImageJ.
Coba kenakan beberapa topeng konvolusi kepada imej pilihan.
2. Eksperimen dengan perisian surihan sinar, misalnya Blender.