

ضمیمه ۳

روشهای توصیف شکل

ویدا مومدی

فهرست مطالب

صفحه	موضوع
۱	فصل اول: روشهای مقدماتی ارایه شکل
۳	۱- ارایه مرزها
۳	۱-۱ چند خطی ها
۳	۲-۱ روش کدهای زنجیری
۵	۳-۱ منحنی $\psi-s$
۵	۴-۱ توصیفگرهای فوریه
۶	۵-۱ مقاطع مخروطی
۶	۶-۱ نوارهای B
۷	۷-۱ درخت های نواری
۸	۱-۷-۱ اشتراک دو منحنی با استفاده از درختهای نواری
۱۰	۲-۷-۱ اجتماع دو درخت نواری
۱۰	۳-۷-۱ منحنی های بسته ارایه شده توسط درخت های نواری
۱۰	۴-۷-۱ تقاطع یک منحنی با ناحیه
۱۳	۲- ارایه نواحی
۱۳	۲-۱ آرایه اشغال فضا
۱۳	۲-۲ محور y ها
۱۴	۳-۲ درخت های چهار تایی
۱۶	۴-۲ تبدیل محور میانی
۱۸	۳- ویژگی های ساده برای شکل
۱۸	۱-۳ مساحت
۱۸	۲-۳ میزان درازی شکل
۱۸	۳-۳ عدد اولر
۱۹	۴-۳ فشردگی

صفحه	موضوع
۱۹	۳-۵ تابع چگالی شیب
۱۹	۳-۶ نماها
۲۰	۳-۷ درخت تقعر
۲۱	۳-۸ اعداد شکل
۲۳	فصل دوم: روشهای دیگر ارایه شکل
۲۴	۱- تشخیص شکل های هندسی با استفاده از هندسه دیفرانسیل
۲۴	۱-۱ هندسه دیفرانسیل
۲۵	۱-۲ تشخیص شکل منحنی ها و سطوح
۲۵	۲- تشخیص شکل نحوی و متریک بر اساس ویژگی ها
۲۵	۲-۱ مقدمه
۲۷	۲-۲ ارایه نحوی مرز شکل
۲۹	۲-۳ یک CFG برای ایجاد مرز خارجی شکل بر اساس ویژگی
۳۰	۲-۴ خلاصه
۳۰	۳- نتیجه گیری
۳۲	مراجع

فهرست اشکال

صفحه	موضوع	
۴	شکل ۱- کد زنجیری	
۵	شکل ۲- تقطیع s - l	
۷	شکل ۳- منحنی نواری و چند ضلعی راهنمای آن	
۸	شکل ۴- تعریف یک نوار	
۸	شکل ۵- فرآیند ایجاد درخت نواری	
۹	شکل ۶- انواع اشتراک نوارها	
۱۰	شکل ۷- ایجاد اجتماع دو درخت نواری ارایه دهنده منحنی	
۱۲	شکل ۸- تجزیه اشتراک ناحیه - ناحیه	
۱۳	شکل ۹- ارایه ناحیه به روش محور y ها	
۱۴	شکل ۱۰- هرم های مورد استفاده در ساخت درخت های چهارتایی	
۱۵	شکل ۱۱- درخت چهارتایی برای مثال شکل ۱۰	
۱۶	شکل ۱۲- اسکلت های تبدیل محور میانی	
۱۸	شکل ۱۳- معیاری از دراز بودن شکل A/B	
۲۰	شکل ۱۴- تابع چگالی شیب برای سه منحنی	
۲۱	شکل ۱۵- تقعر یک شی و درخت تقعر	
۲۲	شکل ۱۶- مراحل تعیین عدد شکل	
۲۵	شکل ۱۷- تقریب چند ضلعی یک دایره و منحنی بسط آن	
۲۷	شکل ۱۸- شکلی با سه حفره	
۲۷	شکل ۱۹- CDT شکل	
۲۸	شکل ۲۰- ترکیب دنباله ای از اعضوها (Limbs)	
۲۸	شکل ۲۱- ترکیب دنباله ای از انحناها (Torsos)	
۲۹	شکل ۲۲- ارایه نحوی شکل انسان و مقادیر ویژگی متناظر	
۳۰	شکل ۲۳- برچسب ویژگی نحوی و ارایه مرز خارجی بصورت رشته	

فصل اول

روشهای مقدماتی

ارایه شکل

برای ارایه یک شکل روشهای متعددی مطرح شده اند. در اینجا این روشها را به سه دسته اولیه تقسیم نموده ایم [۱]:

دسته اول: ارایه شکل با استفاده از مرز آن: در اکثر موارد مرز یک شکل می تواند به خوبی آن را توصیف کند. برای مثال برای توصیف شکل یک توپ میتوان از دایره و برای توصیف یک کاغذ از یک مستطیل استفاده نمود. بنابراین در این دسته از ارایه شکل، هدف ارایه مناسب مرز آن است. این دسته را در بخش اول مطرح نموده ایم.

دسته دوم: ارایه شکل با استفاده از ناحیه اشغال شده: برای توصیف یک شکل میتوان ناحیه ای از فضای مساله که توسط آن شکل اشغال شده است را توصیف نمود. این ارایه برخلاف روش قبل، با مرز سروکار ندارد، بلکه ناحیه داخل شکل را در نظر می گیرد. این دسته را در بخش دوم مطرح می نمایم.

دسته سوم: ارایه شکل با استفاده از ویژگیها: تعدادی از ویژگیها مانند مساحت، محیط، یا انحنای شکل میتوانند به خوبی شکل را توصیف نمایند. به این دسته از ویژگیها در بخش سوم اشاره خواهیم کرد.

۱- ارایه مرزها

برای توصیف و ارایه شکلها بدیهی ترین راه توصیف مرزهای آنهاست. برای این کار روشهای زیادی مطرح شده اند که تعدادی از ساده ترین آنها به شرح زیر میباشد:

۱-۱ چند خطی ها

می توان از ارایه ساده یک پاره خط توسط دو نقطه برای توسعه روش به چند خطی ها استفاده نمود و مجموعه ای از پاره خطهای متصل را بصورت لیستی از نقاط ارایه کرد. براساس این روش لیست نقاط X_2, X_1, X_3 اتصال دوطرفه خط از X_1 به X_2 و از X_2 به X_3 را ارایه می نمایند. در صورتیکه نقطه اول و آخر یکی باشند، یک مرز بسته ارایه گردیده است.

با استفاده از ایده چند خطی ها می توان اکثر منحنی ها را تا درجه مطلوبی از صحت و دقت ارایه کرد. اما مشکل اصلی مسایل تقطیع می باشد که برای یافتن گوشه ها یا لبه ها با آنها درگیر می شویم. تعدادی از روشهایی که برای حل مشکلات مطرح شده اند، عبارتند از :

(۱) استفاده از مفهوم Merge & Split^۱

(۲) روشهای مبنی بر نوار طاقت^۲

(۳) روش چند خطی با حداقل طول^۳

(۴) روش بهترین برازش با حداقل مربع خطا^۴

۱-۲ روش کدهای زنجیری^۵

کدهای زنجیری عبارتند از پاره خطهایی که لازم است روی شبکه ثابتی با مجموعه ثابتی از جهت ها قرار گیرند. با توجه به محدودیت های روش، می توان ارایه کارایی داشت. برای مثال تنها یک نقطه شروع با تعیین مکان آن مشخص می شود. سایر نقاط با حرکت های متوالی از نقاط شبکه به نقاط دیگر روی شبکه در امتداد منحنی ارایه می گردند. معمولاً شبکه چهار اتصالی یا هشت اتصالی در نظر گرفته شده، جهات مانند شکل ۱ تعیین می گردند. هر جهت را می توان با دو یا سه بیت تعیین نمود، حال آنکه نقطه شروع در یک تصویر $۵۱۲*۵۱۲$ با ۱۸ بیت ارایه می گردد.

^۱ Horowitz and Pavlidis 1976

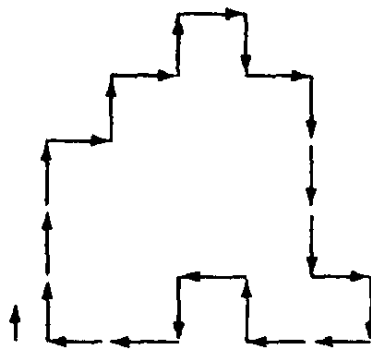
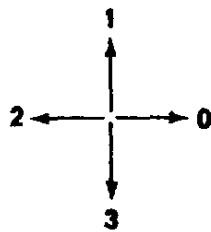
^۲ Tolerance - band

^۳ Tomek 1974

^۴ Sklansky and kibler 1976

^۵ Roberts 1965

^۶ Chain Codes



(a)

(b) Chain code: 1110101030333032212322
 (c) Derivative: 1003131331300133031130

شکل ۱- (الف) اعداد جهت برای عناصر کد زنجیری، (ب) کد زنجیری برای مرز نشان داده شده، (ج) مشتق (ب)

می توان کدهای زنجیری را مستقل از مکان نمود، به این ترتیب که از نقطه شروع صرفنظر نماییم. یا اگر مرزهای بسته را ارایه می کنیم، می توانیم نقطه شروع را نرمالیزه کنیم، به اینصورت که نقطه شروع را بنحوی انتخاب کنیم که دنباله بدست آمده از کدهای جهت عددی صحیح با کمترین مقدار را تشکیل دهد. این نحوه نرمالیزه کردن، تطبیق را ساده خواهد کرد.

همبستگی پریودیک^۱ معیاری برای شباهت کدهای زنجیری محسوب می شود. کدهای زنجیری بدون اطلاعات نقطه شروع، توابع پریودیک از طول کمان^۲ هستند. طول کمان در اینجا تنها تعداد گامهای موجود در کد زنجیری است. عمل همبستگی، حرکت طول کمان توابع را در جایی که بهترین تطبیق را دارند و معیار برتری تطبیق را نیز از لحاظ کیفی بالا می برند، می یابد. همبستگی می تواند به تفاوتی کوچک در کد حساس باشد.

مشتق کد زنجیری نیز مفید است، زیرا نسبت به چرخش مرز نامتغیر می باشد. مشتق که در حقیقت یک باقیمانده تفاضل مرتبه اول بر $\pi/4$ یا $\pi/2$ است، تنها یک دنباله دیگر از اعداد می باشد که جهت های نسبی قطعات کد زنجیری را نشان می دهد، یا عبارتی تعداد پیچیدن های $\pi/2$ یا $\pi/4$ به سمت چپ که برای بدست آوردن قطعه کد جهت بعدی در کد زنجیری لازم است.

بطور خلاصه می توان گفت :

۱. کدهای زنجیری برای چسباندن^۳ دو ناحیه مناسب هستند.
۲. کدهای زنجیری برای محاسبه کارای محیط بسیار مناسب می باشند.
۳. از کدهای زنجیری نمی توان بلافاصله داخل یا خارج یک ناحیه بودن را برای نقطه ای بدست آورد و اینکار ابتدا نیاز به بدست آوردن ناحیه از کد زنجیری و سپس استنتاج محل نقطه دارد.

¹ Periodic Correlation

² Arc Length

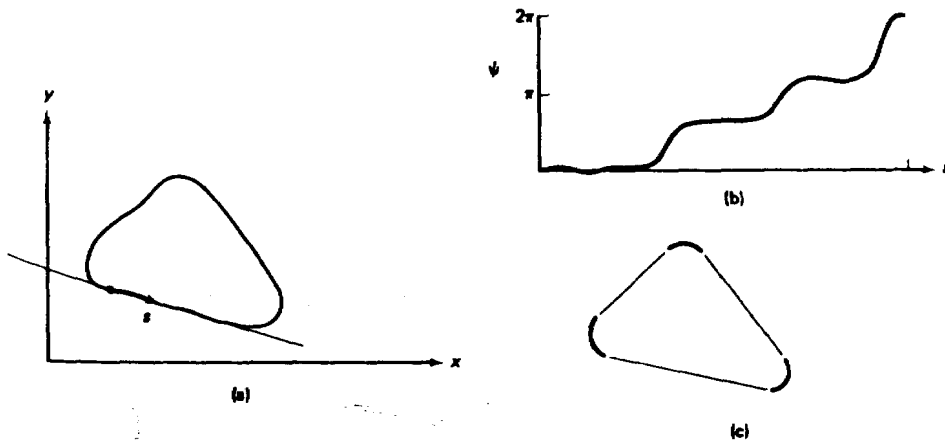
³ Merge

۴. الگوریتم های زیادی برای استفاده با کد زنجیری مطرح گردیده اند^۱.

۳-۱ منحنی $\psi-s$

منحنی $\psi-s$ نسخه پیوسته ارایه کد زنجیری است و پایه تعدادی معیارهای اندازه گیری شکل می باشد. پارامتر ψ زاویه بین یک خط ثابت و مماس بر مرز شکل می باشد که بر حسب s طول کمان مرز طی شده رسم می شود. برای یک مرز بسته، تابع بدست آمده پریودیک است و دارای یک عدم پیوستگی بصورت جهشی از 2π به 0 می باشد.

خطوط افقی در منحنی $\psi-s$ متناظر با خطوط راست در مرز می باشند (ψ تغییر نمی کند). خطوط مستقیم غیر افقی با قطعاتی از دایره متناظرند، زیرا ψ با یک نرخ ثابت تغییر می نماید. در نتیجه خود منحنی $\psi-s$ را نیز می توان به خط های مستقیم تقطیع نمود و تقطیعی از مرز شکل بصورت خط های مستقیم و کمانهای دایره ای بدست آورد (شکل ۲).



شکل ۲- تقطیع $\psi-s$ (الف) منحنی مثلثی و یک مماس (ب) منحنی $\psi-s$ نشان دهنده نواحی با انحنای بالا (ج) تقطیع بدست آمده.

۴-۱ توصیفگرهای فوریه

توصیفگرهای فوریه مرز یک ناحیه را بصورت تابع پریودیکی ارایه می کنند که می تواند در یک سری فوریه بسط داده شود. هر چه تعداد ضرایب در نظر گرفته شده در سری فوریه بیشتر باشد، صحت توصیف بالاتر خواهد بود.

پارامترهای فوریه برای مرز یک ناحیه بصورت زیر خواهد بود:

$$x(s) = \sum_k X_k e^{jk\psi s}$$

¹ Freeman 1974, Gallus and Neurath, 1970

$$w_0 = 2\pi / p$$

که در آن P محیط و ضرایب فوریه X_k بصورت زیر می باشد :

$$X_k = \frac{1}{P} \int_0^P x(s) e^{-jkw_0s} ds$$

یک ویژگی مهم توصیفگرهای فوریه در این است که تعداد کمی از ضرایب بسط برای توصیف کلی شکل کفایت می کنند. بعلاوه در صورتیکه پارامترها درست انتخاب شوند، این ضرایب نسبت به تغییر اندازه، انتقال و دوران شکل مستقل خواهند بود. ولی نمی توان از این ضرایب برای بازسازی کامل شکل، خصوصاً در صورتیکه یک منحنی بسته باشد، استفاده نمود.

۱-۵ مقاطع مخروطی^۱

برای ارایه منحنی ها، چند جمله ای ها نیز می توانند مفید باشند. برای مثال چند جمله ای هایی با درجه دو، مانند دایره و سهمی منحنی های بسته هستند و در نتیجه می توانند نواحی را توصیف کنند. می توان دایره ها را با سه پارامتر، سهمی ها را با پنج پارامتر، و مخروط ها را با شش پارامتر توصیف نمود. مخروط ها معمولاً برای ارایه تقریبی برخی منحنی ها بکار می روند، ولی یافتن یک مخروط برای برازش به داده های نویزی کار مشکلی است و گاهی نتایج بسیار غیر منتظره و نامناسب ایجاد می نماید.

۱-۶ نوارهای B^۲

نوارهای B نوع رایجی از درون یاب های چند جمله ای قطعه به قطعه^۳ هستند که می توانند برای ارایه های تقریبی بکار روند. این نوارها دارای خواص مفیدی برای استفاده در پردازش تصاویر می باشند. نوارهای B منحنی های چند جمله ای قطعه ای هستند که در ارتباط با چند ضلعی راهنما می باشند. چند جمله ای های مکعبی رایج ترین برای استفاده با نوارها می باشند، زیرا دارای کمترین مرتبه ای هستند که در آن انحنا می تواند تغییر علامت دهد. مثالی از ارتباط بین چند ضلعی راهنما و منحنی نوار آن در شکل ۳ نشان داده شده است.

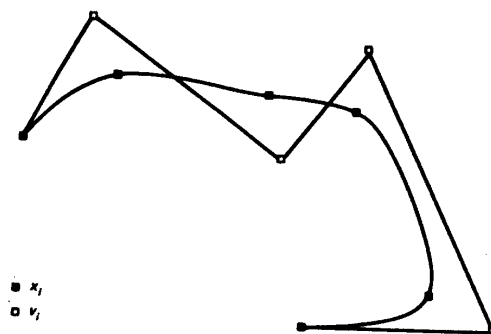
از آنجاییکه نوارها امکان ایجاد مدل های صحیح و قابل استفاده از شکل های پیچیده را فراهم می آورند، در بینایی ماشین مفید محسوب می شوند. این مدلها را میتوان برای هدایت و نظارت بر تقطیع و تشخیص استفاده نمود. ایجاد مدل برای شکل های پیچیده بصورت محاوره ای با نوارهای B ممکن است و بدلیل مختصر بودن ارایه منحنی های نوار استفاده از آنها در برنامه های مختلف ساده می باشد.

¹ Conic Sections

² B - Splines

³ Piecewise Polynomial Interpolant

تقریب با استفاده از نوارها نیز دارای ویژگی های مناسب محاسباتی و توصیفی می باشد. آنها دارای خطایی کمتر از چند ضلعی های راهنما بوده، درون یابی محلی دارند و در نتیجه در صورت حذف یکی از رئوس چند ضلعی راهنما، خطا حداقل خواهد بود. بعلاوه برای تطبیق یک منحنی نواری به یک تصویر کافی است عمود بر منحنی برای لبه ها جستجو نماییم.



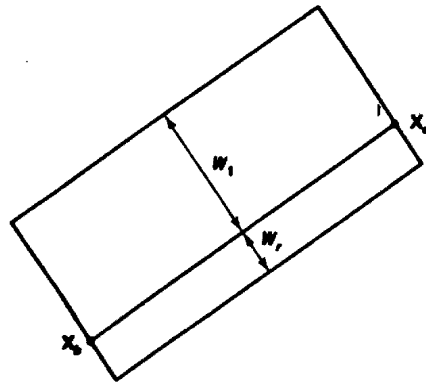
شکل ۳- منحنی نواری و چند ضلعی راهنمای آن

۱-۷ درخت های نواری^۱

در بسیاری از مسایل محاسباتی تضادی بین بهینه سازی زمان و سرعت و بهینه سازی فضای مورد نیاز وجود دارد. ارایه های کامل ولی بدون افزونگی برای منحنی های گسسته عمومی، مانند روش کد زنجیری، ارایه ای مختصر است ولی برای استفاده در برخی محاسبات مناسب نمی باشد. از طرفی، ارایه دیگری ممکن است فضای زیادی اشغال کند، ولی محاسبات با آن سریع و کارا باشند. یکی از ارایه ها با این مشخصات، ارایه درختهای نواری می باشد. این ارایه تحت عملگرهای اجتماع و اشتراک بسته است و می توان این عملگرها بنحوی کارا پیاده سازی نمود.

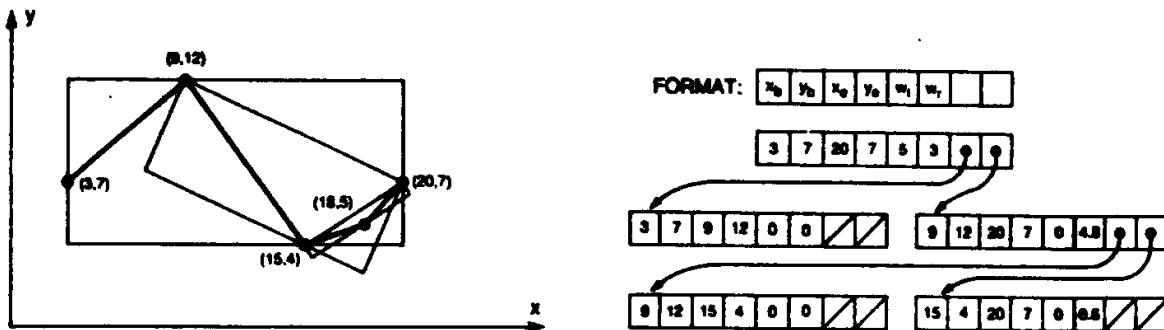
یک درخت نواری، درختی باینری است که در هر گره از آن یک هشت تایی قرار دارد. شش داده از این هشت تایی، معرف یک نوار (یا مستطیلی) بوده. دو داده دیگر در صورت وجود، آدرس فرزندان را مشخص می کنند. هر نوار بصورت یک شش تایی $S(X_b, X_e, W)$ مانند شکل ۴ تعریف می گردد. گرچه برای توصیف یک مستطیل پنج پارامتر کافی است، ولی این نحوه برای استفاده در الگوریتم های اجتماع و اشتراک مناسب تر می باشد.

^۱ Strip Trees



شکل ۴- تعریف یک نوار

برای ایجاد درخت نواری، لازم است الگوریتم تکراری زیر اجرا گردد. ابتدا کوچکترین مستطیلی که بتواند همه نقاط را در بر گیرد و یک ضلع آن موازی پاره خط $[x_0, x_n]$ باشد، پیدا می شود. این مستطیل، داده گره ریشه درخت را تامین می کند. نقطه x_k که روی یکی از اضلاع مستطیل واقع می شود، انتخاب می گردد. فرآیند فوق برای یافتن دو مستطیل برای زیر لیست های (x_0, \dots, x_k) و (x_k, \dots, x_n) تکرار می شود، این دو مستطیل فرزندان گره ریشه محسوب می گردند، فرآیند تا رسیدن به تقریبی با صحت کافی تکرار می شود (شکل ۵).

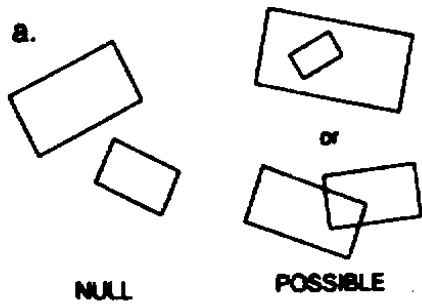


شکل ۵- فرآیند ایجاد درخت نواری

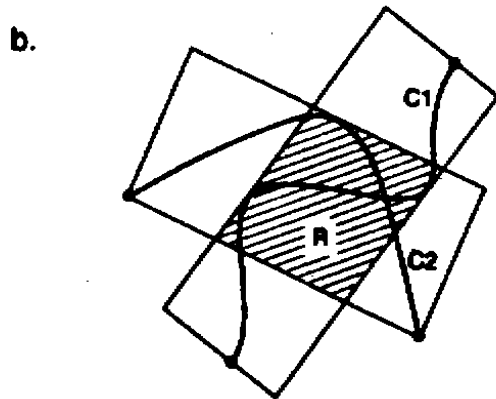
۱-۷-۱ اشتراک دو منحنی با استفاده از درختهای نواری

می خواهیم ببینیم اگر دو نوار از دو درخت مختلف در تقاطع با هم قرار گیرند، چه اتفاقی می افتد. شکل ۶ را در نظر بگیرید. اگر نوارهای دو درخت با هم اشتراکی نداشته باشند، دو منحنی نیز دارای اشتراک نخواهند بود. اگر نوارها با هم اشتراک داشته باشند، منحنی های متناظر با آنها ممکن است با هم اشتراک داشته یا نداشته باشند. برای حل مساله محاسبات تکراری زیر انجام می گردد. همواره در سطح نهایی یا برگ های درخت که بنام سطح اولیه^۱ نامیده می شوند، مساله حل شده خواهد بود.

¹ Primitive Level



شکل ۶- انواع اشتراک نوارها (الف) دونوع اشتراک: در سمت چپ، بدون اشتراک یا NULL و در سمت راست، انواع اشتراک های ممکن یا POSSIBLE (ب) تخت شرایط خاصی، منحنی های متناظر حتماً دارای اشتراک خواهند بود.



الگوریتم اشتراک دو درخت نواری ارایه دهنده منحنی ها

Algorithm : Intersecting Two Strip Trees Representing Curves

Boolean Procedure TreeInt (T_1, T_2, L)

Begin

case intersection type of two strips T_1 and T_2 of

begin case

[primitive] *return* (true)

[null] *return* (false)

[possible] *If* T_2 is the "fatter" strip

return (TreeInt($T_1, LSon(T_2)$) or TreeInt($T_1, RSon(T_2)$))

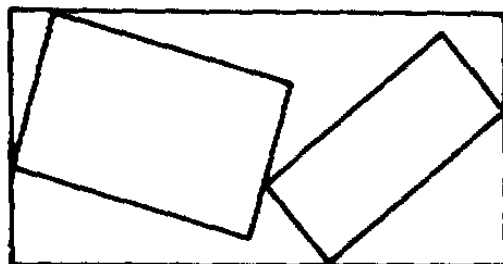
Else *return* (TreeInt($LSon(T_1), T_2$) or TreeInt($RSon(T_1), T_2$));

end case;

end;

۱-۷-۲ اجتماع دو درخت نواری

اجتماع دو درخت نواری، نواری است که هر دو نوار ریشه را بپوشاند. دو منحنی تعریف شده توسط (x'_0, \dots, x'_m) بصورت دو لیست متصل در نظر گرفته می شوند. عبارتی، ترتیب بدست آمده بصورتی است که $x'_{m+1} = x''_m, x_0 = x'_0$. این ساختار در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷ - ایجاد اجتماع دو درخت نواری ارایه دهنده منحنی

۱-۷-۳ منحنی های بسته ارایه شده توسط درخت های نواری

یک ناحیه را می توان توسط مرز بسته اش توصیف کرد و به همین دلیل ساختار درخت نواری ذکر شده در الگوریتم را می توان برای ارایه نواحی و منحنی های بسته و حتی برای منحنی هایی که خود را قطع می کنند، استفاده نمود. بعلاوه اگر یک ناحیه بطور کامل متصل نبوده و دارای سوراخهایی باشد، قابل توصیف توسط درخت نواری است.

می توان از درخت های نواری برای عملیاتی روی نواحی استفاده نمود. از جمله این عملیات یافتن اشتراک یا تقاطع بین یک منحنی و یک ناحیه و یا بین دو ناحیه است. نمونه دیگر تعیین داخل یا خارج بودن یک نقطه نسبت به یک ناحیه می باشد.

ویژگی عضویت نقطه: برای تعیین عضویت یک نقطه Z در یک ناحیه ارایه شده توسط یک درخت نواری، تعداد تقاطع های غیر بدشکل^۱ درخت نواری را با نوار نیمه نامتناهی^۲ L که دارای $\|w\|=0$ است و از Z خارج شده، محاسبه کنید. اگر این عدد فرد باشد، نقطه داخل ناحیه است.

۱-۷-۴ تقاطع یک منحنی با ناحیه

هدف از متقاطع ساختن یک درخت نواری دهنده یک منحنی با درخت نواری ارایه دهنده یک ناحیه، ایجاد یک درخت جدید برای قسمتی از منحنی است که با ناحیه همپوشانی دارد. اینکار را می توان با هرس کردن درخت نواری اولیه منحنی انجام داد.

¹ Nondegenerate

² Semi - infinite

ویژگی هرس کردن: دو نوار S_c از درخت T_c و S_a از درخت T_a را در نظر بگیرید. اگر اشتراک S_c با T_a تهی باشد، آنگاه (الف) اگر هر نقطه روی S_c داخل T_a است، کل درختی که نوار ریشه اش S_c می باشد، داخل یا روی T_a است و (ب) اگر هر نقطه روی S_c خارج T_a باشد، آنگاه کل درختی که نوار ریشه اش S_c است خارج T_a می باشد.

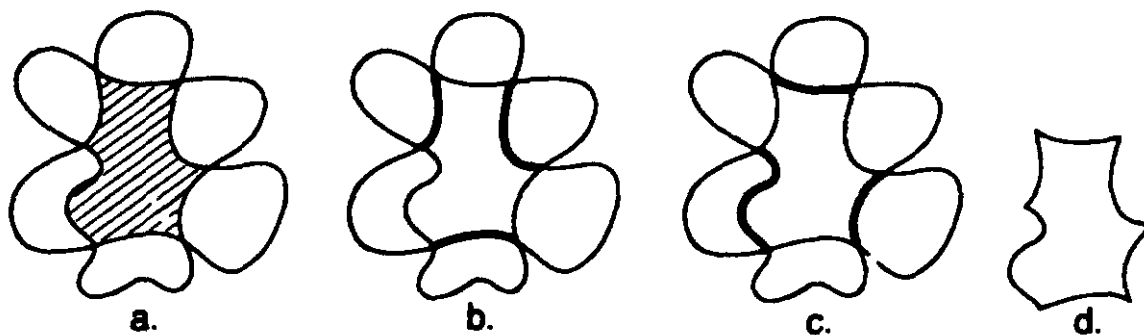
الگوریتم زیر برای محاسبه تقاطع یا اشتراک بین منحنی و ناحیه است. اگر نوار منحنی «چاق تر» باشد (بعبارتی مساحت بیشتری داشته باشد)، گره را کپی کنید و اشتراک را در سطوح پایین تر حل کنید. در غیر اینصورت، درخت را مرتباً هرس نمایید و ابتدا اشتراک درخت هرس شده را با نوار ناحیه راست در نظر گیرید.

الگوریتم تقاطع یا اشتراک منحنی - ناحیه

Algorithm : Curve-Region Intersection
comment A Reference Procedure returns a pointer;
reference procedure CurveRegionInt(T_1, T_2)
begin
 $R := T_2$;
comment R is a global used by CRInt;
return (CRInt(T_1, T_2));
end;

reference procedure CRInt(T_1, T_2)
begin
begin Case StripInt(T_1, T_2) of
 [Null or Primitive]
if intersection ($T_1, R, TRUE$) = null then
if Inside(T_1, R) then return (T_1)
else return (null);
else return (T_1);
 [Possible] *if T_1 is "fatter" then*
begin
 $NT := NewRecord$;
 $x_b(NT) := x_b(T)$;
 $x_e(NT) := x_e(T)$;
 $w_l(NT) := w_l(T)$;
 $w_r(NT) := w_r(T)$;
 $Lson(NT) := CRInt(Lson(T_1), T_2)$;
 $Rson(NT) := CRInt(Rson(T_1), T_2)$;
return(NT);
end
else comment T_2 is "fatter"
Return (CRInt(CRInt($T_1, Lson(T_2)$), $Rson(T_2)$));
end;
end Case;
end;

مساله اشتراك دو ناحيه را مي توان به دو مساله اشتراك منحنی - ناحيه تجزيه نمود (شكل ۸). در نتیجه از الگوریتم فوق برای حل مسایل اشتراك دو ناحيه نیز می توان استفاده کرد.



شكل ۸- تجزيه اشتراك ناحيه - ناحيه. (الف) نتیجه مطلوب (ب) قسمتی از مرز که با در نظر گرفتن سه ناحيه بر آمده بعنوان منحنی بدست آمده است، (ج) قسمتی از مرز که با در نظر داشتن پنج ناحيه بر آمده بعنوان منحنی بدست آمده. (د) نتیجه عمل اجتماع.

۲- ارایه نواحی

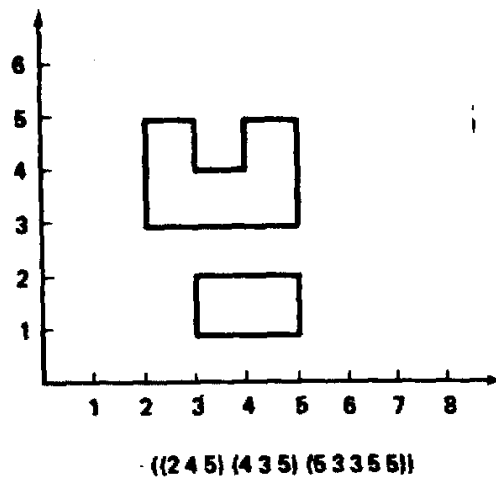
برای ارایه نواحی اشغال شده توسط یک شکل می توان به روشهای زیر اشاره نمود:

۱-۲ آرایه اشغال فضا^۱

بدیهی ترین ارایه برای یک ناحیه که می تواند مفید نیز باشد، استفاده از یک مسند $p(x,y)$ بعنوان یک تابع عضویت است که در صورتیکه نقطه (x,y) داخل ناحیه باشد، مقدار یک داشته و در غیر اینصورت مقدار صفر خواهد داشت. برای پیاده سازی چنین تابعی می توان از یک آرایه از صفرها و یک ها استفاده نمود. چنین آرایه هایی برای یافتن اجتماع و اشتراک نواحی بسیار ساده هستند و می توان از AND و OR منطقی استفاده نمود. اشکال این روش اشغال فضای حافظه زیاد و عدم ارایه مرز ناحیه بصورتی مفید می باشد.

۲-۲ محور y ها

ارایه فشرده دیگری که الگوریتم های معقولی برای اشتراک و اجتماع دارد، ارایه محور y هاست. این ارایه بصورت لیستی از لیست ها می باشد و هر عنصر روی لیست اصلی، متناظر است با یک سطر از y های ثابت در تصویر. هر سطر از y های ثابت بصورت لیستی از نقاط مختصات x کد می شود (شکل ۹).



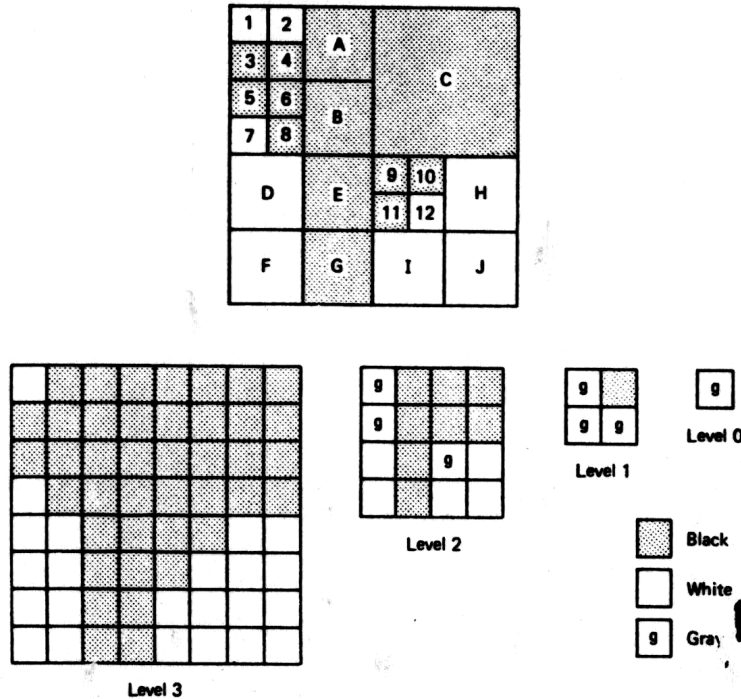
شکل ۹- ارایه ناحیه به روش محور y ها

روش محور y ها در صورت باریک، دراز، و موازی بودن ناحیه با محور y ها، روشی است که فضای زیادی اشغال می کند. در اینصورت بهتر است ناحیه را در قالب محور x ها نمایش داد. استفاده توام از دو ارایه محور y ها و محور x ها کار سختی نیست، ولی استفاده از ارایه بدست آمده راحت نمی باشد.

¹ Spatial Occupancy Array

۳-۲ درخت های چهار تایی^۱

درخت های چهار تایی روش مناسبی برای کد کردن آرایه اشغال فضا میباشند. در این روش هرم ها بعنوان آرایه واسطه آرایه باینری در نظر گرفته می شوند. شکل ۱۰ یک هرم تشکیل شده از تصویر اولیه را نشان می دهد (سمت چپ). هر پیکسل در تصاویر بالاتر از سطح پایین سه مقدار سیاه، سفید، یا خاکستری دارد.



شکل ۱۰- هرم های مورد استفاده در ساخت درخت های چهارتایی. حروف متناظر با پیکسل های هرم میباشند که سیاه یا سفیدند.

اگر برای پیکسلی در سطوح بالاتر، همه پیکسل های متناظرش در سطوح پایین سیاه یا همه سفید باشند، مقدار پیکسل سیاه، یا سفید خواهد بود. در غیر اینصورت مقدار پیکسل خاکستری در نظر گرفته می شود.

پس از ایجاد هرم فوق، برای ساختن درخت باینری جستجوی تکراری از بالا به طرف قاعده هرم انجام می گیرد. اگر یک عنصر آرایه در هرم سیاه یا سفید باشد، یک گره پایانی (ترمینال) از همان نوع ساخته میشود. در غیر اینصورت یک گره خاکستری با اشاره گرهایی به نتایج بررسی چهار عنصر در سطح پایین تر ایجاد خواهد شد. بنابراین الگوریتم زیر را داریم :

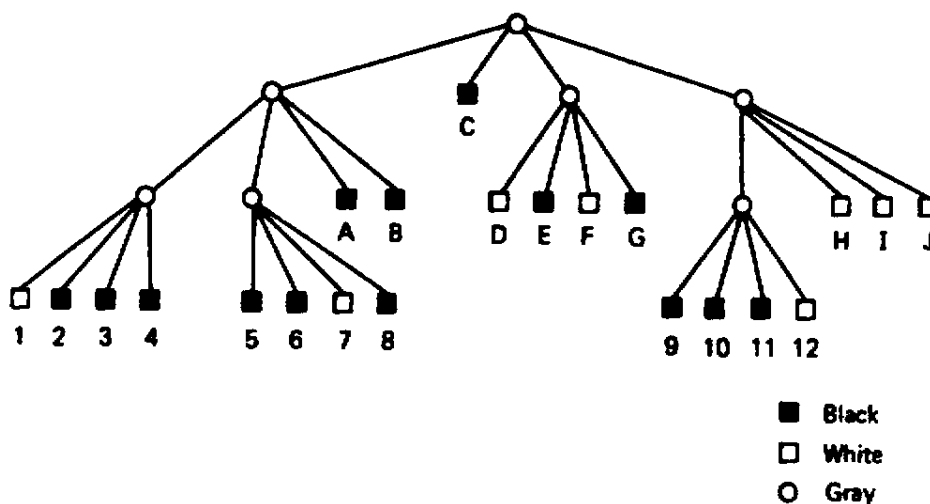
^۱ Quad Trees

Algorithm : Quad Tree Generation

```

Reference Procedure QuadTree (integer array pyramid; integer x, y, level);
Comment NW, NE, SW, SE are fields denoting the sons of a quadtree node;
NewNode(P);
TYPE(P) := Pyramid(IND (x,y,Level));
if TYPE(P) = BLACK or WHITE then return (P)
else begin
    SW(P) := QuadTree(Pyramid, 2*x, 2*y, Level + 1);
    SE(P) := QuadTree(Pyramid, 2*x + 1, 2*y, Level + 1);
    NW(P) := QuadTree(Pyramid, 2*x, 2*y + 1, Level + 1);
    NE(P) := QuadTree(Pyramid, 2*x + 1, 2*y + 1, Level + 1);
return (P)
end;
    
```

شکل ۱۱ درخت چهارتایی شکل ۱۰ را نشان می دهد.



شکل ۱۱- درخت چهارتایی برای مثال شکل ۱۰

درخت چهارتایی را می توان مستقیماً از خود تصویر نیز ساخت، ولی الگوریتم پیچیده تر خواهد بود. عملگرهای درخت های چهارتایی ساده می باشند. برای مثال می توان از محاسبه مساحت نام برد.

درخت های چهارتایی و هرم های متناظر با آنها دو اشکال عمده دارند. اول اینکه پس از انتخاب یک اندازه شبکه^۱ روی تصویر، نمی توان رزولوشن را زیاد کرد. دوم اینکه عملیات تعریف شده بر روی درخت های چهارتایی نیز با فرض هم شبکه بودن آنها با هرم هایشان طراحی شده اند و نمی توان شبکه را شیفت داد یا مقیاس کرد.

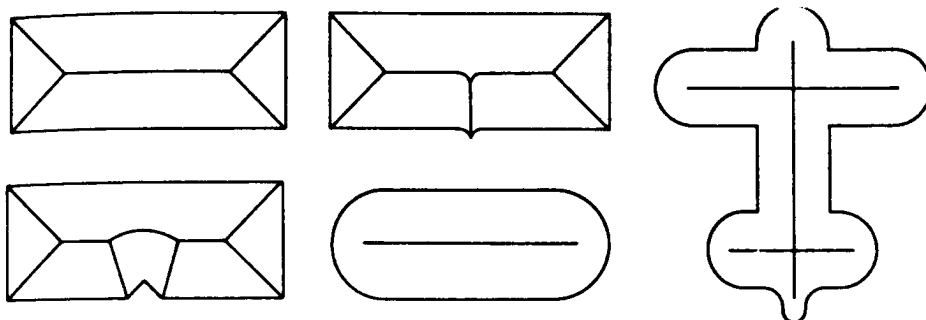
۲-۴ تبدیل محور میانی^۲

اگر ناحیه مورد نظر از اجزای باریک تشکیل شده باشد، برای بسیاری از کاربردها ارایه آن بصورت یک اسکلت کافی است. برای بدست آوردن اسکلت ها، می توان از تبدیلات باریک سازی که متصل بودن نواحی را حفظ می کنند، برای مثال تبدیل محور میانی (MAT)، استفاده نمود.

اسکلت بر حسب فاصله نقطه x با مجموعه A تعریف می شود :

$$d_s(x,A) = \inf \{d(x,z) \mid z \text{ in } A\}$$

معیارهای رایج فاصله اقلیدسی، فاصله بلوک شهری، و فاصله شطرنجی می باشند. شکل ۱۲ نمونه هایی از اسکلت های بدست آمده از تبدیل محور میانی را نشان می دهد.



شکل ۱۲ - اسکلت های تبدیل محور میانی

اسکلت ها به نوبت موجود در حاشیه ها حساس می باشند. برای کاهش این حساسیت می توان مرزها را با استفاده از تقریب مرز چند ضلعی^۳ هموار ساخت یا نقاطی را در اسکلت در نظر گرفت که فاصله آنها تا مرز بیش از مقدار مشخصی است. روش دوم منجر به اسکلت های نا متصل می شود.

¹ Grid Size

² Medial Axis Transform

³ Polygonal Boundary Approximation

Algorithm : *Medial Axis Transformation* [Rosenfeld and Kak 1976]

Let region points have value 1 and exterior^۱ points value 0. These points define an image $f^0(\mathbf{x})$. Let $f^k(\mathbf{x})$ be given by

$$f^k(\mathbf{x}) = f^0(\mathbf{x}) + \min_{d(\mathbf{x}, \mathbf{z}) \leq 1} [f^{k-1}(\mathbf{z})], \quad k > 0$$

The points $f^k(\mathbf{x})$ will converge when k is equal to the maximum thickness of the region. Where $f^k(\mathbf{x})$ has converged, the skeleton is defined as all points \mathbf{x} such that

$$f^k(\mathbf{x}) \geq f^k(\mathbf{z}), \quad d(\mathbf{x}, \mathbf{z}) \leq 1.$$

¹ Rosenfeld

² Kak

۳- ویژگی های ساده برای شکل

۱-۳ مساحت

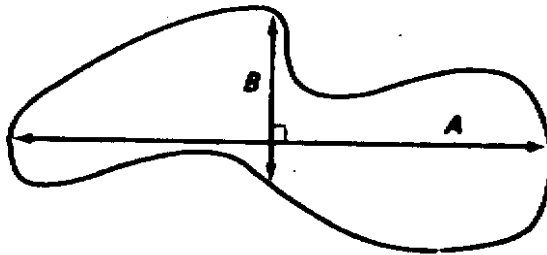
یکی از ویژگی های مناسب برای توصیف شکل، مساحت آن است. این ویژگی را می توان با استفاده از ارایه منحنی یا کد زنجیری محاسبه نمود. همچنین برای حالت پیوسته که نقاط (x,y) بر حسب طول کمان s بصورت $[x(s),y(s)]$ نشان داده می شوند، داریم:

$$area = \int_0^P \left(x \frac{dy}{ds} - y \frac{dx}{ds} \right) ds$$

که در آن P محیط می باشد.

۲-۳ میزان درازی شکل^۱

معیارهای زیادی برای میزان دراز بودن یک شکل مطرح شده اند که یکی از آنها نسبت طول بزرگترین نوار A به بزرگترین نوار B عمود بر A می باشد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- معیاری از دراز بودن شکل A/B

معیارهای دیگری نیز مطرح شده اند. برای مثال معیاری توسط تونبنام^۲ براساس نسبت محورهای اصلی اینرسی ارایه گردیده است.

۳-۳ عدد اولر^۳

عدد اولر یک ویژگی توپولوژیکی است که مجموعه ای از اشیاء را که تحت تبدیل تغییر شکل پلاستیکی صفحه با هم یکی هستند، تعریف می کند. این عدد میزان اتصال ناحیه را نشان می دهد، نه شکل آن را. یک ناحیه متصل ناحیه ای است که در آن هر دو جفت نقطه را بتوان با منحنی داخل همان ناحیه به هم متصل کرد. عدد

¹ Eccentricity

² Tonenbaum

³ Euler Number

اولر برای یک شیء دو بعدی که می تواند دارای سوراخهایی باشد، بصورت تعداد نواحی متصل منهای تعداد سوراخ ها تعریف می شود.

۳-۴ فشردگی^۱

یک معیار برای میزان فشردگی، نسبت محیط به توان دو تقسیم بر مساحت است که بدون بعد بوده، با یک دیسک حداقل می شود. برای نواحی کوچک معیار فوق رضایتبخش نمی باشد و معیار دیگری براساس مدل مرز بصورت یک سیم نازک مطرح می شود. انرژی خم شدن نرمال یک سیم عبارت است از :

$$E = \frac{1}{P} \int_0^P |k(s)|^2 ds$$

که در آن k انحنای می باشد و توسط یک دایره حداقل می شود. در ارایه کد زنجیری $k = \frac{d\theta}{ds}$ و در ارایه توصیفگرهای فوریه داریم :

$$|k(s)|^2 = \left[\frac{d^2x}{ds^2} \right]^2 + \left[\frac{d^2y}{ds^2} \right]^2$$

بنابراین طبق قضیه پارسوال خواهیم داشت :

$$E = \sum_{-\infty}^{+\infty} (k\omega_k)^4 \left(|X_k|^2 + |Y_k|^2 \right)$$

که در آن $X_k = (X_k, Y_k)$ توصیفگرهای فوریه می باشند.

۳-۵ تابع چگالی شیب^۲

می توان از نمودار $s - \psi$ برای محاسبه تابع چگالی شیب (SDF) استفاده نمود. تابع SDF همسیتوگرام یا توزیع فرکانسی ψ روی مرز است (شکل ۱۴). می توان SDF را نمای منحنی $s - \psi$ در امتداد محور ψ دانست.

۳-۶ نماها^۳

طبق تعریف نگاشت تبدیل نگهدارنده اطلاعات محسوب نمی شوند. ولی در صورتیکه تعداد نگاشت ها کافی باشد، می توان ناحیه را با هر درجه مطلوب صحت بازسازی کرد. برای یک تصویر باینری $f(x)$ نمای افقی $p(x)$ بصورت زیر تعریف می شود :

¹ Compactness

² Slope Density Function

³ Signatures

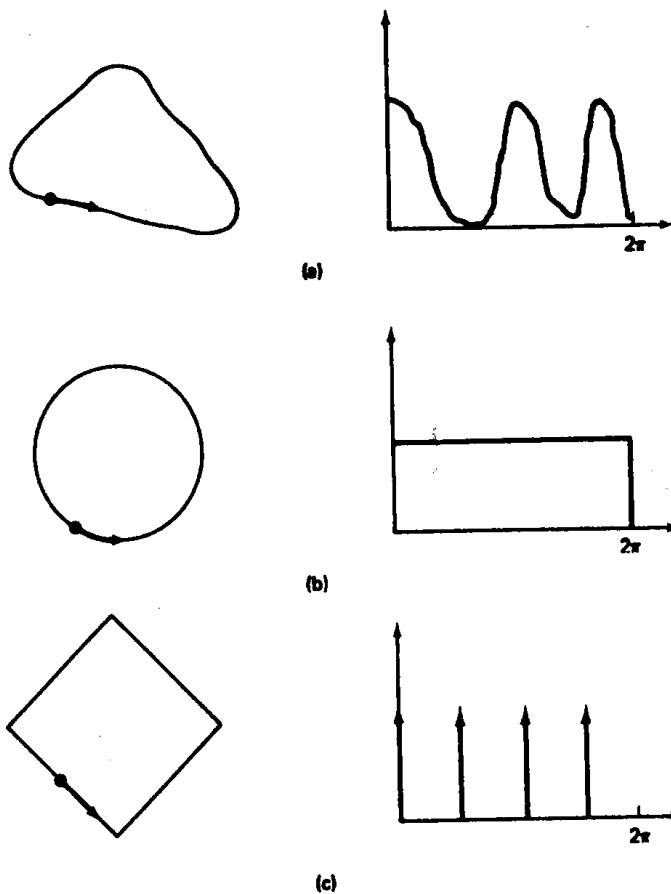
$$p(x) = \int_y f(x, y)$$

که در حقیقت نگاشت f روی محور x است. همچنین $p(y)$ نمای عمودی، بصورت زیر تعریف می گردد:

$$p(y) = \int_x f(x, y)$$

ماکزیمم ها و مینیمم های نماها معمولاً برای تعیین قسمتهای مختلف یک تصویر و کاهش زمان جستجو بکار می روند.

می توان نگاشت های متعددی بصورت q_1, \dots, q_n در نظر گرفت، بطوریکه i امین نگاشت براساس i امین زیر لیست در هر سطر ارایه ناحیه ای محور y ها مانند باشد. این روش نسبت به عدم تقعر و حفره ها حساس تر از نگاشت عادی می باشد.



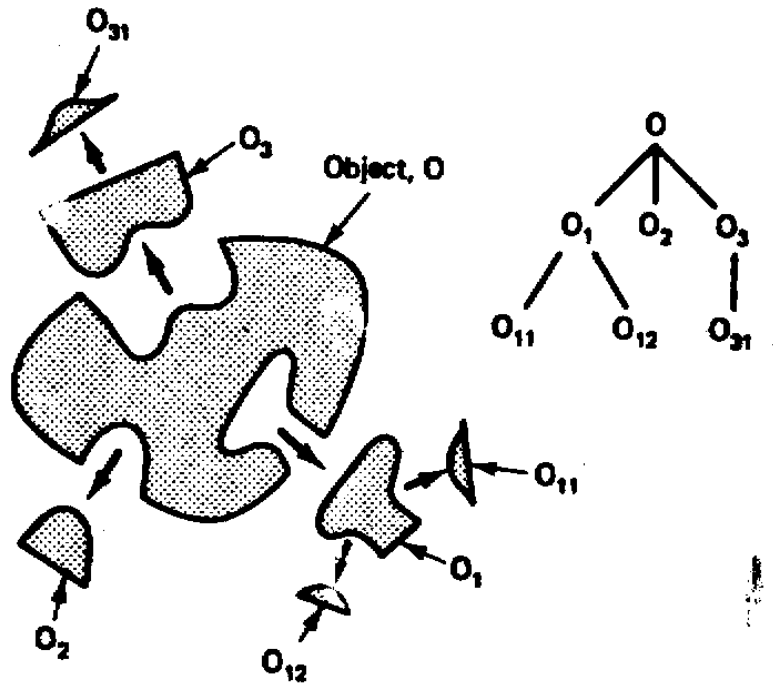
شکل ۱۴ - تابع چگالی شیب برای سه منحنی

۷-۳ درخت تقعر^۱

درختهای تقعر اطلاعات لازم برای پر کردن دندانهای محلی در مرزها را فراهم می آورند و میتوان با استفاده از آنها شکل تقعر بدست آمده را بررسی کرد. یک ناحیه S محدب است اگر و تنها اگر برای X_2, X_1 در

¹ Concavity Tree

S ، پاره خط مستقیم بین آنها داخل ناحیه S باشد. قشر محدب^۱ هر شیء کوچک ترین H ای است که $S \subset H$ و H محدب باشد. شکل ۱۵ یک ناحیه و مراحل یافتن درخت تقعر آن را نشان می دهد.



شکل ۱۵ - تقعر یک شیء و درخت تقعر

۳-۸ اعداد شکل

برای منحنی های بسته و کد زنجیری سه بیتی، می توان به بسیاری از مرزهای کد زنجیری یک عدد شکل یکتا تخصیص داد. عدد شکل به رزولوشن عمل دیجیتایز کردن وابسته است. در یک هرم رزولوشن با شبکه های دیجیتایزیشن متعدد، هر شکل ممکن را می توان بصورت مسیری در درخت ارایه کرد. در هر رزولوشن متناظر با سطحی از درخت، تعداد محدودی از شکلهای وجود دارند. با بالا رفتن از درخت، تفاوت بین اشکال متفاوت محو می شود تا آنکه در رزولوشن خاصی یکی می گردند. این سطح می تواند معیاری برای شباهت دو شکل باشد.

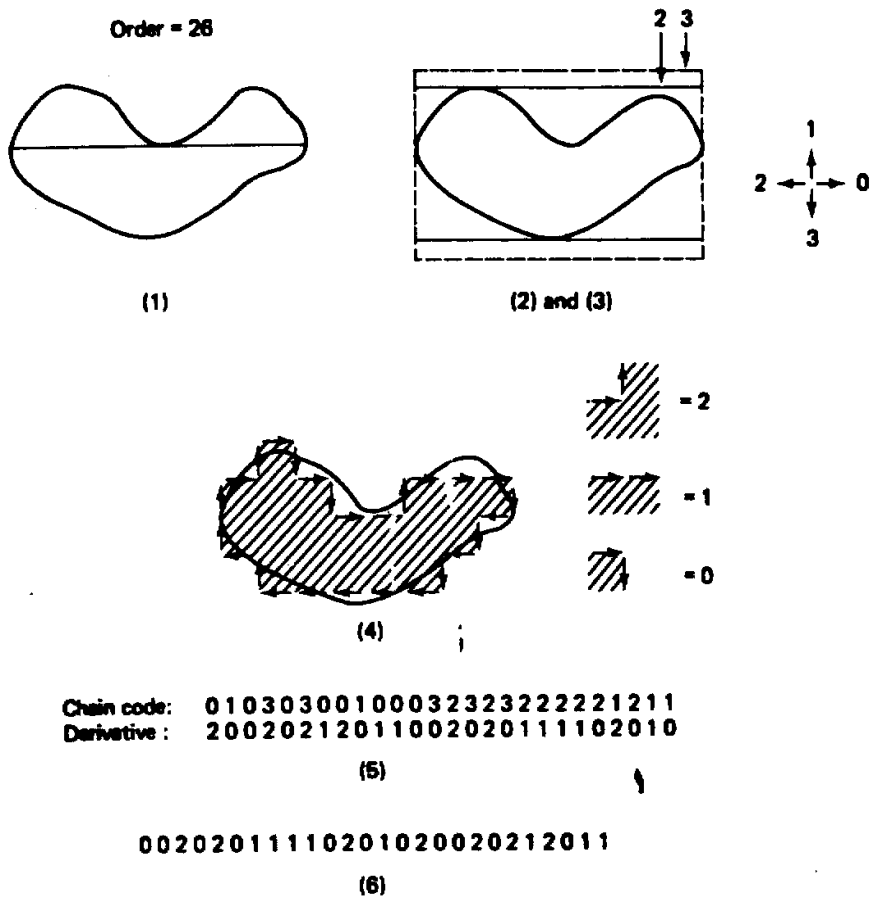
ایده اعداد شکل بصورت زیر است. همه مرزهای بسته با کدهای زنجیری Π قسمتی را در نظر بگیرید. این شکلهای از مرتبه Π هستند. کد زنجیری یک مرز خاص با تعبیر ترتیب جهت کد زنجیری بصورت یک عدد و انتخاب نقطه شروع بصورتی که این عدد حداقل شود یکتا خواهد شد. توجه داشته باشید که مرتبه اعداد شکل باید زوج باشد زیرا منحنی با مرتبه فرد، بسته نخواهد بود.

¹ Convex hull

Algorithm : Making a Shape Number of Order n

1. Choose the maximal diameter of the shape as one of the coordinate axes.
2. Find the smallest rectangle that has a side parallel to this axis and just covers the shape.
3. From the possible rectangles of order n , find the one that best approximates the rectangle in step 2. Scale this rectangle so that the length of the longest side equals that of the major axis, and center it over the shape.
4. Set all the pixels falling more than 50% inside the region to 1, and the rest to 0. NOTE: The derivative is defined slightly differently from p. 237.
5. Find the derivative of the chain encoded boundary of the region of 1's from step 4.
6. Normalize this number by rotating the digits until the number is minimum. The normalized number is the shape number.

شکل ۱۶ مراحل فوق را نشان می دهد.



شکل ۱۶ - مراحل تعیین عدد شکل

فصل دوم

روشهای دیگر

ارایه شکل

۱- تشخیص شکل های هندسی با استفاده از هندسه

دیفرانسیل [۲]

۱-۱ هندسه دیفرانسیل^۱

فرض کنید $c(t) = (x(t), y(t))$ و $t \in [t_0, t_1]$ یک منحنی پارامتریک صفحه ای باشد. انحنای $c(t)$ با رابطه زیر تعریف می شود :

$$k(t) = \frac{x'(t).y''(t) - x''(t).y'(t)}{(x'(t)^2 + y'(t)^2)^{3/2}}$$

در صورتی که انحنای $k(s)$ که s پارامتر طول کمان است، را داشته باشیم تنها یک منحنی صفحه ای $c(s)$ وجود دارد (با فرض حرکت صلب با توجه به انتقال و دوران) بطوریکه $k(s)$ انحنای $c(s)$ در s باشد. وجود و یکتایی $c(s)$ اصلی است که از قضیه اساسی هندسه دیفرانسیل محلی منحنی ها قابل اثبات است.

انحنای $k(t)$ منحنی $c(t)$ در صورتیکه منحنی در همان جهت طول کمان طی شود، مستقل از پارامتر خواهد بود. در نتیجه می توان گفت $k(s(t)) = k(t)$ که در آن $s(t)$ همان $c(t)$ پارامتری شده بر حسب طول کمان است.

فرض کنید انحنای $k(t)$ منحنی $c(t)$ ثابت باشد، عبارتی $k(t) = k_0$ آنگاه یک منحنی صفحه ای متناظر با آن وجود خواهد داشت. از آنجاییکه دایره با شعاع $1/k_0$ انحنای ثابت k_0 دارد، پس منحنی $c(t)$ همان کمان دایره ای است. بعلاوه اگر $k(t) = 0$ باشد، منحنی $c(t)$ یک خط راست خواهد بود.

بر اساس تعاریف فوق، تعاریف دیگری داریم که در اینجا فقط از آنها نام می بریم :

I: اولین شکل اصلی

II: دومین شکل اصلی

k_n : انحنای نرمال

$T(t)$: بردار واحد مماس $c(t)$

$N(t)$: بردار نرمال $c(t)$

$B(t)$: بردار باینرمال $c(t)$

بر اساس تعاریف فوق، بسط منحنی مسطح^۲ بصورت زیر تعریف می شود.

$$E(t) = C(t) + \frac{N(t)}{k(t)}$$

¹ Differential Geometry

² Evolute

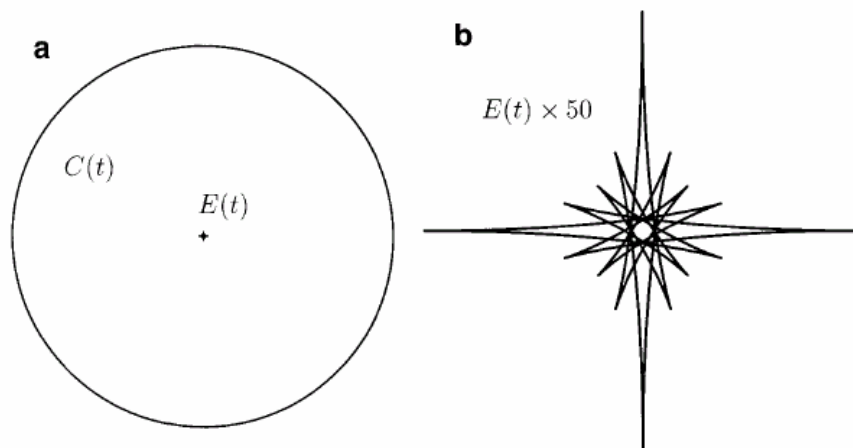
بسط منحنی مسطح $E(t)$ منحنی افست با شعاع متغیر از $c(t)$ است که فاصله افست آن برابر با شعاع دایره مماس $\frac{1}{k(t)}$ می باشد.

تعریف ۱: سطح متوسط بسط یک سطح آزاد با شکل $s(u, v)$, $u \in [u_0, u_1], v \in [v_0, v_1]$ بصورت زیر تعریف میشود:

$$E(u, v) = s(u, v) + \frac{n(u, v)}{2H(u, v)}$$

۱-۲ تشخیص شکل منحنی ها و سطوح

اصل ۱: فرض کنید $E(t)$ بسط منحنی پارامتریک $c(s)$ است که در آن s پارامتر طول کمان می باشد. اگر $E(s)$ بصورت یک نقطه کوچک شود، $c(s)$ یک دایره است و $E(s)$ مرکز آن می باشد (شکل ۱۷). به همین ترتیب می توان روابط لازم برای صفحه، کره، مخروط، استوانه و غیره را نوشت و سپس با استفاده از روابط انحنا بدست آمده، اشکال را در تصاویر تشخیص داد.



شکل ۱۷ - الف) تقریب چند ضلعی یک دایره و منحنی بسط آن، ب) منحنی بسط که با ضریبی حدود ۵۰ بزرگ شده است.

۲- تشخیص شکل نحوی و متریک بر اساس ویژگی ها [۳]

۱-۲ مقدمه

در اینجا می خواهیم روش نحوی برای ارایه ساختار شکل ها بر اساس ویژگی هایی که روی حاشیه خارجی آنها واقع می شود مطرح نماییم. برای این روش از تبدیل محور ریسمانی^۱ (CAT) و مثلث سازی

^۱ Chordial Axis Transform

دلونی^۱ (CDT) برای اشکال چند ضلعی استفاده خواهیم کرد. تبدیل CAT امکان تجزیه شکل‌ها به اجزای بامعنی را فراهم می‌آورد و می‌تواند یک شکل را به ویژگی‌های اولیه مانند اعضا^۲ و انحناها^۳ تقسیم نماید. بعلاوه اطلاعاتی درباره اتصالات داخلی شکل به ما می‌دهد.

هدف یافتن مشخصات مناسب‌تر برای شکل‌ها بصورت ویژگی‌هایی است که بتوان بوسیله آنها یک شکل را در سلسله مراتبی از توصیف کلی تا توصیف جزئیات ارایه نمود و همچنین نگاشت آن را در صفحه بدست آورد. به همین منظور زبانی فرمال^۴ برای کد کردن شکل‌ها بصورت ویژگی‌های اصلی آنها ارایه می‌گردد. ویژگی‌های مورد استفاده بصورت سمبولیک و نمادین ارایه می‌شوند و الغبای زبان ارایه را تشکیل می‌دهند. یک رشته نماد ترتیب ویژگی‌های واقع شده روی مرز خارجی یک شکل را نشان می‌دهد. بعلاوه هر حرف در رشته متناظر با یک بردار از مقادیر است که مقادیر اندازه گرفته شده ویژگی مانند طول، عرض و غیره را کد می‌کند. بنابراین رشته نمادی نگاشت و ویژگی‌های نحوی^۵ شکل را ارایه کرده، بردار مقادیر اندازه‌های کمی ویژگی‌ها را نشان می‌دهد. به همین دلیل ممکن است دو شکل متفاوت توصیف نحوی یکسان داشته باشند، ولی توصیف کمی آنها کاملاً متفاوت باشد.

روش‌های نحوی و کمی برای ارایه و تشخیص اشکال قبلاً نیز استفاده شده‌اند. معمولاً در این روش‌ها مرز خارجی شکل توسط مولفه‌های کماتی هموار و کمیت‌هایی مانند انحنا متوسط، طول، و غیره ارایه می‌گردد. این روش‌ها در صورت وجود نویز بسیار ضعیف عمل می‌کنند. بعلاوه سلسله مراتب موجود در ساختار و شکل را نشان نمی‌دهند.

در روشی که ارایه می‌گردد تقطیع ساختاری اشکال به اجزای نحوی که توسط CAT بدست می‌آید برای ایجاد رشته‌های زبانی که ساختار شکل را نشان می‌دهند استفاده می‌گردد. بعلاوه می‌توان این ساختارها را نسبت به نویز مقاوم کرد. برای این کار آنها را تحت هرس چند مقیاس قرار می‌دهیم تا ویژگی‌های نویزی حذف شوند. هنگام ارایه الگوهای پیچیده بصورت رشته‌هایی از مولفه‌های الگویی اولیه، تضادی بین پیچیدگی زبان بدست آمده و سادگی مولفه‌های الگویی وجود دارد. گرچه مولفه‌های ویژگی (مانند اعضا و انحناها) که از CAT بدست می‌آیند از لحاظ ساختاری مولفه‌های اولیه‌ای محسوب می‌شوند و همه اشکال را می‌توان بر حسب آنها تجزیه کرد، ولی از لحاظ نحوی به اندازه کافی پیچیده هستند که بتوانند یک گرامر مستقل از مفهوم^۶ (CFG) برای مرز اشکال ایجاد کنند که گرامر ساده‌ای نیز هست. علاوه بر آن کد نحوی ساختار شکل به‌مراه مقادیر کمی، استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی را ممکن می‌سازد و عمل تشخیص را ساده می‌نماید.

در ادامه CFG را که در زبان ویژگی‌های مرزهای اشکال صفحه‌ای برقرار است توصیف می‌نماییم و فرم نرمالی برای رشته‌ها بدست می‌آوریم که ابهامات ناشی از دوران را حذف نماید. بنابراین رشته‌ای از

¹ Constrained Delaunay Triangulation

² Limbs

³ Torsos

⁴ Formal Linguistic scheme

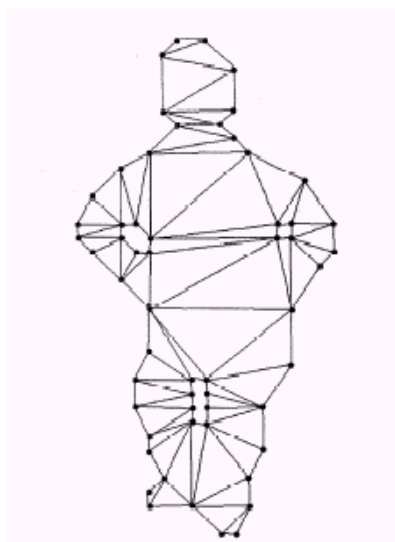
⁵ Syntax

⁶ Context Free Grammar

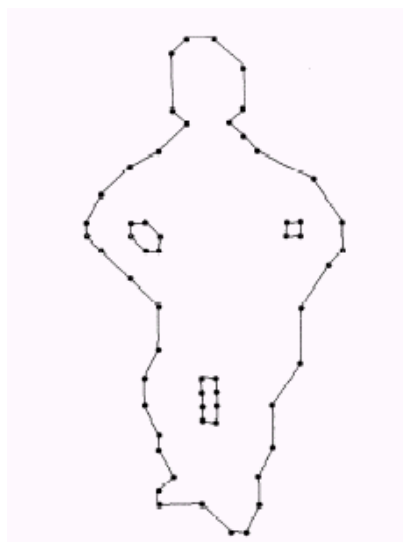
ترمینال‌ها برای ارایه اشکال خواهیم داشت که ترتیب سلسله مراتبی از جملات حاوی ترمینال‌ها و غیر ترمینال‌ها خواهد بود.

۲-۲ ارایه نحوی مرز شکل [۳]

برای یک شکل چند ضلعی شده P (شکل ۱۸) فرض کنید $CD(\mathbb{P})$ (شکل ۱۹) نشان دهنده مجموعه همه مثلث‌ها در مثلث سازی محدود دلونی باشد. مثلث‌های CDT یک چند ضلعی را می‌توان به سه نوع دسته بندی کرد. دسته اول آنهایی هستند که از سه ضلع آنها، دو ضلع روی مرز خارجی چند ضلعی واقع می‌شود. چنین مثلثی انتهای یک عضو یا برآمدگی چند ضلعی را نشان می‌دهد و یک مثلث انتهایی^۱ یا T -triangle نام دارد. دسته دوم شامل مثلث‌هایی است که یک ضلع آنها روی مرز خارجی می‌باشد. مثلثی با یک ضلع خارجی نشان دهنده "آستین" یک عضو یا انحنا است و امتداد یک چند ضلعی را نشان می‌دهد. به همین دلیل آنرا مثلث آستین^۲ یا S -triangle می‌نامیم. دسته سوم مثلث‌هایی هستند که هیچ ضلع خارجی ندارند و اتصال یا انشعابی را در چند ضلعی نشان می‌دهند. به همین دلیل این مثلثها را مثلث اتصال^۳ یا J -triangle می‌نامیم.



شکل ۱۹ - CDT شکل



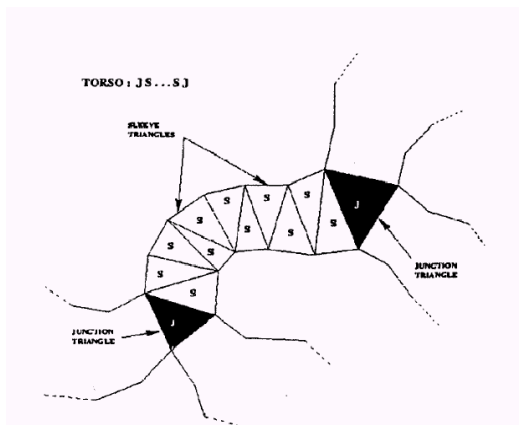
شکل ۱۸ - شکلی با سه حفره

یک عضو λ زنجیره ای از مثلث‌های دو به دو مجاور به فرم $SJ \dots TS$ یا $ST \dots JS$ است (شکل ۲۰) و یک انحنا τ ، زنجیره ای از مثلث‌های دو به دو مجاور به فرم $SJ \dots JS$ می‌باشد (شکل ۲۱). تعداد مثلثهای آستین در یک عضو یا انحنا می‌تواند صفر باشد، در نتیجه JT یا TJ نیز یک عضو و JJ یک انحنا را تعریف می‌کنند.

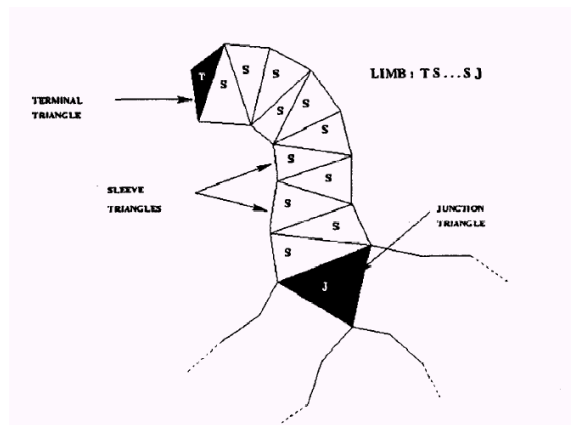
¹ Termination triangle

² Sleeve triangle

³ Junction triangle



شکل ۲۱- ترکیب دنباله ای از انحناها (torsos)



شکل ۲۰- ترکیب دنباله ای از اعضاها (limbs)

می توان انحناها را به دو نوع تقسیم نمود. اگر همه لبه های داخلی دنباله مثلث های S بین دو مثلث J یک انحنا، جفت نقاط متعلق به یک مولفه با مرز متصل را به هم وصل کنند انحنا یک ساقه^۱ است. در غیر اینصورت (حتی اگر یک لبه داخلی دنباله مثلثهای S جفت نقاط متعلق به مولفه های متصل متفاوت را به هم وصل نماید) انحنا یک دسته^۲ نامیده می شود. اگر مثلث S ای بین دو مثلث J یک انحنا نباشد، شرایط فوق را برای لبه مشترک دو مثلث J بررسی می نماییم. هر دو سمت یک ساقه قابل دسترسی از بیرون شکل است، حال آنکه تنها به یک سمت یک دسته می توان از بیرون دسترسی داشت. بدیهی است دسته ها تنها در صورتی در شکل موجود خواهند بود که شکل دارای حفره باشد.

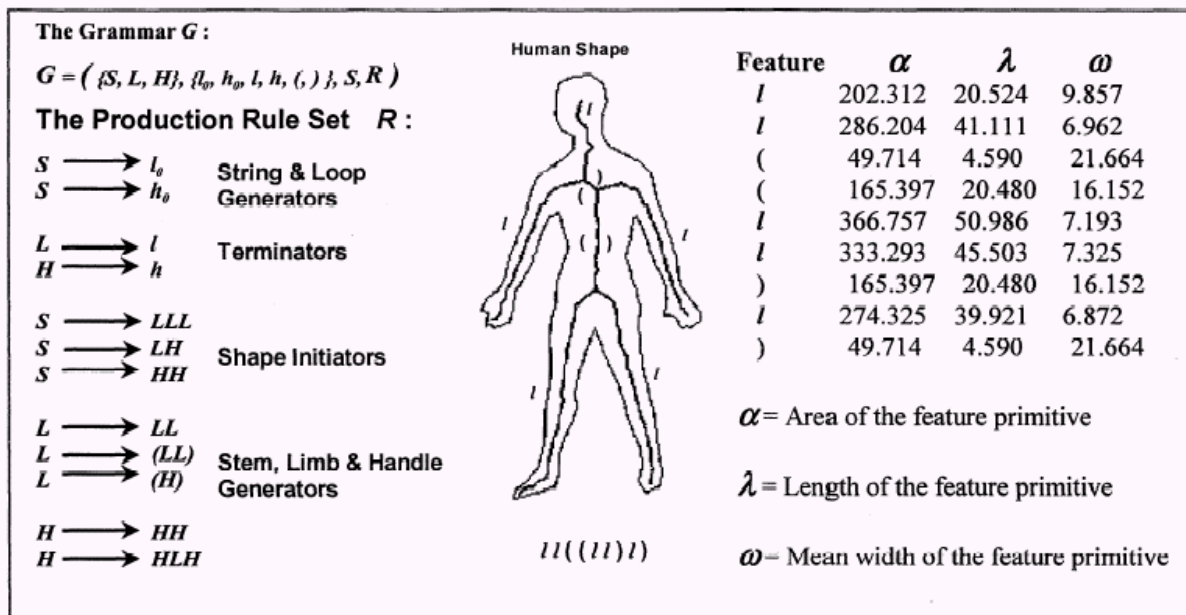
اعضاء، ساقه ها و دسته های یک شکل مولفه های ویژگی آنرا تشکیل می دهند. به هر مولفه ویژگی، یک بردار v از مقادیر نسبت داده می شود که می تواند شامل طول، عرض، واریانس، مساحت، و غیره برای مولفه ویژگی باشد. این اجزای آمار حیاتی مولفه های ویژگی را ذخیره می کنند (شکل ۲۲). با استفاده از آنچه ارایه شد، می توان مرز خارجی یک شکل چند ضلعی شده را با رشته ای نحوی از مولفه های ویژگی کد کرد.

با حرکت (برای مثال در خلاف جهت عقربه های ساعت) روی مرز خارجی یک شکل چند ضلعی شده، که به روش CDT به مولفه های ویژگی اش تجزیه شده است، به ترتیب مولفه های ویژگی شکل را (برای مثال اعضا، ساقه ها، و دسته ها) که مجاور مرز خارجی هستند خواهیم دید (شکل ۲۳). اگر به یک عضو برسیم، نماد "l" را به رشته ای که در ابتدا تهی است، اضافه می کنیم. همچنین اگر به یک دسته برسیم، نماد "h" را به رشته اضافه می نماییم. در صورت برخورد با یک ساقه برای اولین بار نماد "v" و در صورت برخورد با همین ساقه برای دومین بار نماد "w" را به رشته اضافه می کنیم (شکل های ۲۲ و ۲۳). رشته بدست آمده جمله ای در یک زبان است که مرز خارجی شکل را توصیف می کند.

نماد های (،)، h و l حروف ترمینال زبان می باشند. هر نماد در رشته، با بردار مقادیر کمی $v = (\lambda, w, \alpha)$ برای ویژگی متناظر است که در آن λ طول نرمالیزه شده، w عرض متوسط نرمالیزه شده،

¹ Stem
² Handle

و α مساحت نرمالیزه شده مولفه ویژگی می باشد. در نتیجه یک ارایه نحوی کمی برای مرز شکل چند ضلعی شده خواهیم داشت. (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- ارایه نحوی شکل انسان و مقادیر ویژگی متناظر

روش فوق، روشی توصیفی است زیرا می تواند مرز خارجی هر شکل را که مولفه های ویژگی آن شناسایی شده باشند، توسط یک رشته نحوی توصیف نماید. البته می توان روشی برای تعیین مرز شکل بدون نیاز به یک شکل چند ضلعی طراحی نمود. در ادامه یک CFG برای زبانی از همه جملات برای توصیف مرز خارجی شکل های متصل با استفاده از مولفه های ویژگی مطرح می نمایم.

۲-۳ یک CFG برای ایجاد مرز خارجی شکل بر اساس ویژگی

برای آنکه بتوانیم از شکل های ساده و قوانین ساده، شکل های پیچیده تری را بدست آوریم، نیاز به قوانینی برای تبدیل مولفه های اولیه به هم داریم.

یک CFG زایشی^۱ برای زبان L_G از همه مرزهای خارجی شکل های ممکن بصورت زیر ارایه میشود:

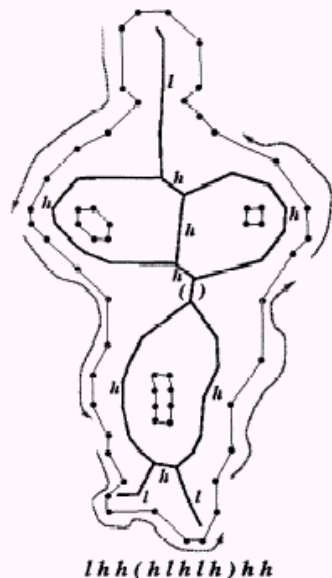
$$G = (\{S, L, H\}, \{l_0, h_0, l, h, (,)\}, S, R)$$

که در آن $\{S, L, H\}$ نمادهای غیر ترمینال و $\{l_0, h_0, l, h, (,)\}$ نمادهای ترمینال الفبای G بوده، S غیر ترمینال خاص یا نماد شروع است که فرم جمله خالی را نشان می دهد. بعلاوه R مجموعه قوانین مورفونسیس^۲ است.

¹ Generative

² Morphogenesis

غیر ترمینال های H,L یک شبه عضو^۱ و یک شبه دسته^۲ را نشان می دهند و نقش عضو و دسته را در شبه شکل های^۳ تعریف شده توسط فرم های جمله ای دارند. مجموعه قوانین مورفوژنسیس R بصورت زیر است :



شکل ۲۳- برجسب ویژگی نحوی و ارایه
مرز خارجی بصورت رشته

R :	
1. $S \rightarrow l_0$	} string and loop generators
2. $S \rightarrow h_0$	
3. $L \rightarrow l$	} terminators
4. $H \rightarrow h$	
5. $S \rightarrow LLL$	} shape initiators
6. $S \rightarrow LH$	
7. $S \rightarrow HH$	
8. $L \rightarrow LL$	} limb, stem, and handle generators
9. $L \rightarrow (LL)$	
10. $L \rightarrow (H)$	
11. $H \rightarrow HLH$	
12. $H \rightarrow HHH$	

پس از تعریف قوانین فوق، لازم است ابهامات موجود در رشته های بدست آمده بر طرف گردد و یا عبارتی رشته ها نرمال^۴ شوند. پس از آن می توان از تطبیق سلسله مراتبی برای مرز خارجی شکل ها استفاده نمود. در اینجا برای خلاصه بودن مطلب از تفصیل مراحل فوق صرفنظر می کنیم.

۲-۴ خلاصه

در اینجا یک ارایه نحوی کمی و روشی برای تشخیص سلسله مراتبی شکل های صفحه ای بر اساس ساختار مورفولوژیکی آنها مطرح نمودیم. قابلیت انعطاف این روش برای بسیاری از کاربردها مناسب است، برای مثال بینایی ماشین، تحلیل الگو، هوش مصنوعی، آنالیز متن، تشخیص حروف دستنویس، و غیره.

۳- نتیجه گیری

در این ضمیمه تعدادی از روش های توصیف شکل مطرح گردید. هر یک از این روش ها از لحاظ قابلیت دسترسی^۵، میدان عملکرد^۶، و یکتایی^۷ توصیف با دیگری متفاوت است و کاربردهای خاصی دارد.

¹ Metalimb
² Metahandle
³ Metashape
⁴ Normal
⁵ Accessibility
⁶ Scope
⁷ Uniqueness

با توجه به گستردگی روش های توصیف شکل می توان روش های موجود را به صورت زیر دسته بندی نمود :

- روش های توصیف داخلی شکل
 - توصیف در دامنه فضایی
 - توصیف اسکالر
 - توصیف ساختاری
 - توصیف در دامنه تبدیل
- روش های توصیف مرز خارجی شکل
 - توصیف در دامنه فضایی
 - توصیف اسکالر
 - توصیف ساختاری
 - توصیف در دامنه تبدیل

برای مثال برای توصیفگرهای اسکالر داخلی می توان از مساحت، جهت، عدداولر، طول و عرض نام برد. همچنین می توان گشتاورهای هندسی یا زرنیک را در این دسته برشمرد. تبدیلات نمونه برای توصیف داخلی، مورفولوژی، تبدیل موجچه، و هسیتوگرام می باشند. روش های ساختاری در دسته توصیف داخلی، روش هایی مانند استفاده از گراف، نازک سازی و بدست آوردن اسکلت ناحیه، و تجزیه به زیر نواحی می باشند.

در دسته روش های اسکالر برای مرز نواحی، توابع دوار¹، مرکز ثقل، و فاصله از مرکز ثقل را می توان نام برد. همچنین کد زنجیره ای روشی برای توصیف فضایی مرز است. روش های تبدیلی برای مرز از جمله توصیفگرهای فوریه و والش می باشند.

¹ Turning function

مراجع

- [1] Ballard, D.H. and Brown, C. M. (1982), *Computer Vision*, Prentice Hall, NJ.
- [2] Elber, G. and Kim, M.S. (1997), "Geometric Shape Recognition of Freeform Curves and Surfaces", *Graphical Models and Image Processing*, vol.59no6, pp117-143
- [3] Prasad, L., Skourikhine, A.N., and Schlei, B.R. (2000), "Feature-based Syntactic and Metric Shape Recognition", *Proceedings of SPIE*, vol.4117pg.234-242