تعیین خودکار پارامترهای قلم‌های فارسی

محمد قدسی جمشید یوسفی
دانشکدهٔ مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف
ghodsi@ce.sharif.ac.ir

چکیده

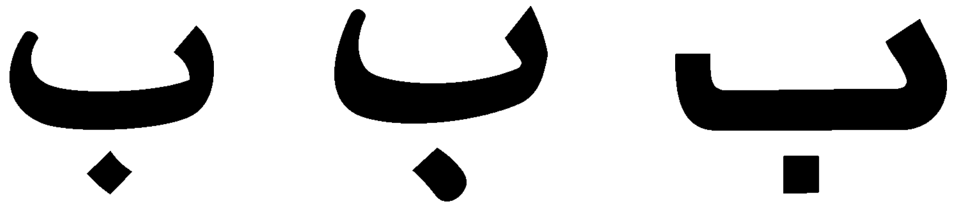
در این مقاله یک روش خودکار برای تعیین تعداد و مقادیر پارامترهای مورد نیاز در طراحی «علمی» حروفِ مختلف و «هم‌خانواده» در زبان فارسی ارائه می‌شود. منظور از طراحی علمی حروف، استفاده از منحنی بزیه و پارامترهای مختلف است به طوری که بتوان اندازه‌های مختلف یک حرف و گونه‌های متفاوت ولی مشابهٔ آن را با کیفیت عالی و تنها با تغییر چند پارامتر به سرعت تولید کرد. مِتافونت، زبانی برای طراحی علمی حروف است که در این مقاله از آن استفاده می‌شود. بااستفاده از امکان «قلم» دراین زبان، می‌توان حرکت قلم‌درشتِ یک استاد خوشنویس را شبیه‌سازی کرد. استفاده مستقیم از متافونت برای طراحی کیفی قلم‌ها کاری طولانی و همراه با مشکلات متعددی است. در مقالهٔ [۱] نرم‌افزاری معرفی شد که می‌تواند از تصویر پویش شدهٔ یک حرف برنامهٔ متافونت آنرا به طور خودکار تولید کند. در این مقاله روشی ارائه می‌شود تا با دریافت منحنی‌های بزیهٔ مرزی برای چند حرف هم‌خانواده که توسط نرم افزار فوق تولید شده‌است، بتوان با ایجاد تنها یک برنامهٔ متافونت و مجموعه‌ای از پارامترها، کلیه‌ی حرف‌های مورد نظر را با مقادیر مختلف برای پارامترها تولید کرد.

کلیدواژه‌ها: طراحی فونت‌ها، منحنی‌های بزیه، پردازش تصاویر

۱ معرفی

یکی از مراحل مهم تولید هر سیستم حروف‌چینی، طراحی مجموعهٔ کاملی از فونت‌های مختلف حروف با کیفیت عالی است. این کار معمولاً بسیار وقتگیر و انجام صحیح آن بسیار دشوار است. با استفاده از ابزارهای کامپیوتری و روش‌های مبتنی بر اصول طراحی هندسی می‌توان کیفیت و سرعت طراحی را بالا برد. متافونت[۱] [۳، ۴، ۵] زبانی است عمدتاً برای طراحی فونت‌ها که در سال ۱۹۸۲ توسط دانلد کنوث[۲]، استاد دانشگاه استانفود آمریکا، برای

METAFONT[۱]
Donald E. Knuth[۲]



شکل ۱: سه حرف «ب» که با یک بار طراحی قابل تولید هستند.

طراحی قلم‌های استفاده شده در سیستم حروف‌چینی $\TeX$ ابداع شد[۶]. با این زبان می‌توان برنامه‌هایی حاوی دستورالعمل‌ها و پارامترهای مختلف نوشت و با اجرای آنها، حروف طراحی شده را تولید کرد.

متافونت در طراحی خود از منحنی‌های بزیه[۳] استفاده می‌کند، و این از محاسن آن است. چون، فونت‌های طراحی شده با آن قابلیت «مقیاس شدن»[۴] دارند و می‌توان به سادگی و با سرعت آن‌ها را در اندازه‌های مختلف و با کیفیت عالی ایجاد کرد. هم‌چنین می‌توان طراحی را به صورتی انجام داد تا با تغییر مقادیر چند پارامتر، مجموعه‌های مختلف و هم‌خانواده از فونت‌ها را (مثلاً، سیاه، ایتالیک، ایرانیک، و غیره) به سادگی تولید شوند. در شکل ۱ سه حرف «ب» از فونتهای مختلف نشان داده شده است.

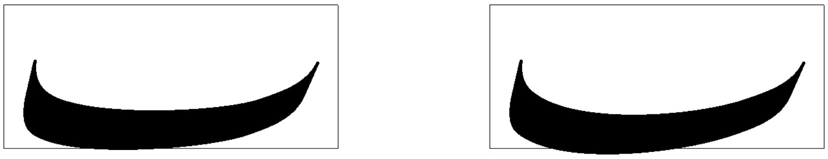
همچنین در این زبان با استفاده از اِمکانی به نام «قلم» و دستورهای مناسب، می‌توان حرکت قلم‌درشتِ یک استاد خوش نویس را شبیه سازی نمود. برای استفاده از این امکان، ابتدا باید چند «مکان قلم»[۵] (شامل ضخامت، زاویه قرارگرفتن قلم در این نقطه) را مشخص کرد. سپس با تعیین ترتیب عبور، زاویه حرکت و میزان «کشش»[۶] قلم در این مکان‌ها شکل حرف را توصیف نمود.

مزیت دیگر زبان متافونت نسبت به ابزارهای دیگرِ طراحی حروف، استفاده از پارامترهای سطح بالا و در عین حال پایدار است. تغییر مقادیر این پارامترها، باعث تغییر ناگهانی شکل حروف نمی‌شود. علاوه براین ها، قطعات مشترک بین چند حرف از یک یا چند فونت را نیز می‌توان فقط یک بار به صورت مجزا طراحی نمود. از اتصال این قطعات به هم می‌توان حروف مختلف را به سادگی تولید کرد. در طراحی این قطعات می‌توان سبک‌های نوشتاری را با تعریف پارامترهایی توصیف نمود و با مقداردهی مناسب به این پارامترها، حروف مختلف و با سبک‌های نوشتاری متفاوت را تولید کرد. به عنوان مثال، اثرات تغییر پارامتر کشش در حرف «ب» نستعلیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

البته نوشتن یک برنامه متافونت با ویژگی‌های فوق به روش دستی و سعی و خطا، کار بسیار دشواری است. در مقالهٔ [۱] یک محیط نرم‌افزاری محاوره‌ای[۷] برای طراحی خودکار فونت‌ها ارائه شد که در آن با استفاده از تصویر پویش شدهٔ[۸] یک حرف و با دریافت اطلاعات مختلف از کاربر به صورت گرافیکی، برنامهٔ متافونت مورد نیاز برای تولید آن حرف به سرعت و به صورت خودکار تولید می‌شد.

هدف از این مقاله افزودن امکان طراحی با پارامتر به نرم‌افزار فوق است. در [۱] ، برای هر حرف از یک فونت و حتی برای همان حرف در فونت‌های مختلف و یا مشابه باید طراحی جداگانه و مستقل صورت گیرد. در حالی که اگر در طراحی این حروف ویژگی‌های مشابهٔ آن ها را بتوان با پارامترهایی توصیف کرد، دیگر ضرورتی به یک طراحی مستقل برای هر حرف نیست و می‌توان به جای آن فقط یک برنامهٔ متافونت شامل پارامترهای مختلف تولید کرد. با

[۳] Bézier
[۴] scalability
[۵] penpos
[۶] tension
[۷] interactive
[۸] scan



شکل ۲: اثرات تغییر پارامتر «کشش» در حرف «ب».

مقداردهی مناسب به این پارامترها می‌توان همهٔ حروف مورد نظر را با همان کیفیت تولید کرد. به این ترتیب طراحی یک مجموعه از فونت‌ها بسیار سریع می‌شود.

تعیین خودکار پارامترها در حالت کلی یک مسالهٔ بسیار مشکل است. چرا که تعداد پارامترها در حد امکان باید کمینه باشد و اثر پارامترها در منحنی‌های بزیه و تاثیر متقابل آنها باید به دقت مطالعه شود.

در این مقاله حالت ساده‌ای از این مسالهٔ مشکل مورد بررسی قرار می‌گیرد و راه حل پیشنهادی در عمل بر روی چند نمونه از حروف مشابه آزمون می‌شود. فرض اول ما این است که ورودی منحنی‌های بزیهٔ مرزی مربوط به چند حرف هم‌خانواده است که توسط اِمکان «قلم» متافونت طراحی شده‌اند. استفاده از «قلم» امکان پیدا کردن «شباهت» را در حروف بیشتر می‌کند، چون منحنی‌های مرزی دو طرف یک حرف خود با هم مشابه‌اند، و از این منحنی‌ها می‌توان مکان‌های قرارگرفتن قلم را با دقت خوبی حدس زد.

۲ منحنی‌های بزیه و تشابه آن ها

یک منحنی بزیه با چهار نقطه مشخص می‌گردد و نقاط روی منحنی به دو روش بازگشتی و صریح محاسبه می‌شوند. اگر چهار نقطهٔ مورد نظر را $z_i = (x_i, y_i)$ (برای i از ۱ تا ۴) بگیریم، منحنی بزیهٔ زیر حاصل می‌شود:

$$\mathcal{Z}(t) = (1-t)^3 z_1 + 3t(1-t)^2 z_2 + 3t^2(1-t) z_3 + t^3 z_4 \qquad 0 \le t \le 1$$

که در آن z_1 و z_4 نقاط ابتدا و انتهای منحنی و z_2 و z_3 نقاط کنترلی منحنی می‌باشند. گرچه t در فرمول فوق بین ۰ و ۱ تعریف می‌شود ولی اگر مقدار آن را از این حدود فراتر ببریم، منحنی به رفتار خود ادامه می‌دهد. بنابراین می‌توان منحنی را منبسط نمود و یا قطعه‌ای از منحنی را انتخاب کرد و یک منحنیِ بزیهٔ جدید (هرچند غیر استاندارد) به دست آورد. منحنی‌هایی که با این ترتیب به دست می‌آیند را می‌توان با تبدیل‌های ریاضیِ مناسب به منحنی دیگری با همان رفتار ولی استاندارد شده (t بین ۰ و ۱) تبدیل نمود. با این ترتیب می‌توان یک منحنی بزیه را توسعه داد و یا آن را به چند منحنی دیگر تقسیم کرد.

«تشابه» منحنی‌های بزیه از مفاهیم مهم در این مقاله است. اگر دو منحنی بزیهٔ $\mathcal{B}_1$ و $\mathcal{B}_2$ به ترتیب با نقاط کنترلی z_{11}، z_{12}، z_{13} و z_{14} و نیز z_{21}، z_{22}، z_{23} و z_{24} باشند، $\mathcal{B}_1$ را می‌توان با انجام اعمال انتقال، مقیاس و دوران به منحنی $\mathcal{B}'_1$ تبدیل کرد به طوری که نقاط ابتدا و انتهای $\mathcal{B}'_1$ بر z_{21} و z_{24} منطبق شوند. تشابه $\mathcal{B}_1$ و $\mathcal{B}_2$ را با فرمول زیر محاسبه می‌کنیم

$$s = \frac{||z'_{12} - z_{22}|| + ||z'_{13} - z_{23}||}{\sqrt{L_1^2 + L_2^2}} \qquad (1)$$

شکل ۳: یک قطعه که با قلم متافونت ابجاد شده‌است.

که در آن z'_{12} و z'_{13} نقاط کنترلی جدید منحنی اول و L_1 و L_2 طول‌های اولیهٔ دو منحنی هستند. هر چه قدر مقدار s کمتر باشد،دو منحنی مشابه ترند.

در متافونت به روش‌های مختلف می‌توان یک منحنی بزیه را تولید کرد که ساده‌ترین آن‌ها مشخص کردن چهار نقطه کنترلی است. یکی از این روش‌ها که ما آن را در این جا به کار می‌بریم تعیین نقاط شروع و پایان و زاویه‌های ابتدا و انتها و نیز مقدار کششِ منحنی در ابتدا و انتها است. البته با داشتن این مقادیر می‌توان نقاط کنترلی را محاسبه کرد.

۳ پارامترها

در این مقاله فرض می‌کنیم که منحنی‌های بزیهٔ ورودی متعلق‌اند به حروفی که همگی با قلمِ متافونت قابل تعریف هستند. لذا برای هر قطعه از منحنی‌های ورودی، یک منحنی دیگر که به آن «هم‌قلم» منحنی اول می‌گوییم وجود دارد. این دو منحنی در واقع منحنی‌های حرکتِ دو انتهای قلم‌درشت در یک قسمت از حرف می‌باشند. و فرض دیگر، هرچند بدیهی، آن است که زاویهٔ ابتدایی یک منحنی با زاویهٔ انتهایی منحنی دیگر که به آن متصل است یکسان هستند. هر قلم در متافونت با چهار پارامتر مکان (مختصات x و y مرکز قلم)، پهنا و زاویهٔ آن مشخص می‌شوند. با توجه به این که قلم ابتدای یک منحنی همان قلم انتهایی برای یک منحنی متصل به آن است، تعداد کل پارامترها برای هر دو قطعهٔ هم‌قلم در مجموع ۸ عدد خواهد شد. بنابراین هدف اول تعیین و مقداریابی این پارامترها به صورت خودکار در منحنی‌های مربوط به شکل‌های مختلف یک حرف، و هدف دوم تعیین آن که کدامیک از این پارامترها به صورت یک متغیر و کدامیک مانند یک ثابت عمل می‌کنند. پارامترهای متغیر در مجموع به عنوان پارامترهای نهایی مساله عمل می‌کنند.

شکل ۳ به وسیلهٔ قلمی ایجاد شده است که در ابتدا از سمت چپ یا زاویهٔ ۳۰ درجه آغاز شده و در حال حرکت به تدریج کمی می‌چرخد تا این که نُک قلم در انتها به حالت عمودی در می‌آید. این شکل پس با یک دستورِ متافونت رسم شده است.

۴ روش کار

در این جا روشی که به کار برده‌ایم به طور خلاصه ذکر می‌شود. در ابتدا هر یک از مجموعه منحنی های بزیه که شکلی از حروف مورد نظر را تولید می‌کنند مورد بررسی قرار می‌گیرند و پارامترهای اصلی یعنی زاویه و کشش آنها مشخص می‌شوند. به علاوه، همسایگان هر قطعه منحنی (منحنی‌های قبلی و بعدی در مجموعه منحنی‌ها) هم مشخص می‌شوند. با توجه به به هماهنگی لازم بین منحنی‌های تولید شده در دو سر قلم می‌توان این قطعه‌منحنی‌ها و محل تقریبی قرار گرفتن «قلم» و جعبهٔ دور حرف را پیدا کرد. هم‌چنین، به علت این که قطعات هم‌قلم نسبت به دیگر منحنی‌ها به هم تشابه بیشتری دارند، می‌توان با استفاده از مفهوم تشابه قطعات هم‌قلم را پیدا کرد.

برای هماهنگ سازی اشکال، و کمک به پیدا کردن پارامترهای مشابه، امکان توسعهٔ هر منحنی در محل قلم‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. این کار با مقدار دهی t در خارج از محدودهٔ ۰ و ۱ و تطابق با منحنی‌های همسایه صورت می‌گیرد. بعد از این مراحل، جعبهٔ در بر گیرندهٔ حروف هم محاسبه می‌شود (box در متافونت) و سپس بخش اصلی کار به صورت زیر انجام می‌شود.

ابتدا با توجه به جعبه دربرگیرنده اشکال، ضرایبی برای یکسان کردن اندازه اشکال محاسبه می‌شود و قطعات پس از اعمال این ضرایب مورد بررسی قرار می‌گیرند. اگر قطعه‌ای دارای قطعهٔ هم‌قلم باشد، این دو با هم .در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به امکان توسعهٔ قطعات، بررسی می‌شود که آیا این قطعات نقطه اشتراک و یا دارای محدوده مشترک در ابتدا و انتهای قطعه هستند یا خیر. اگر پاسخ مثبت بود مرکز قلمی (مختصات x و y آن) که مربوط به این قطعات باشد محاسبه می‌گردد. اگر پاسخ منفی بود یکی از نقاط محدودهٔ توسعه (معمولاً نقطه ابتدایی یا انتهایی خود منحنی) به عنوان مرکز قلم انتخاب می‌شود. سپس با توجه به مرکز قلم و محدوده توسعه هر نقطه منحنی، به بررسی محدودهٔ زاویه و پهنای قلم پرداخته می‌شود. اگر محدوده مشترکی برای زاویهٔ قلم و یا پهنای قلم وجود داشت، مقداری در این محدوده (معمولاً مقدار متوسط) به عنوان زاویه و یا عرض قلم انتخاب شده و پارامتر دیگر محاسبه می‌گردد. اگر چنین محدوده‌ای برای هر دوی زاویه و پهنا وجود نداشت آن گاه نقطه‌ای در محدوده توسعه منحنی انتخاب شده و با توجه به مرکز قلم، پهنا و زاویه قلم محاسبه می‌شود. البته در این انتخاب سعی می‌شود که تا حد امکان نقطه‌ای انتخاب شود که زاویه منحنی در لبه قلم در همه قطعات یکسان باشد. پس از تعیین مرکز، زاویه و پهنای قلم، زاویه قطعه در دو سر قلم هم محاسبه می‌گردد.

کششِ ابتدا و انتهای قطعه هم در لیست پارامترها قرار داده می‌شود. این کاربرای همهٔ قطعات انجام می‌شود تا تمامی پارامترها مشخص گردند. پس از این مرحله، به بررسی لیست پارامترها می‌پردازیم. پارامترهای یکسان از لیست پارامترهای نهایی حذف شده و بقیه به عنوان پارامتر معرفی می‌گردند. سر انجام باتوجه به پارامترها، یک برنامه متافونت برای تولید همه اشکال تولید می‌گردد و بدین ترتیب کار تعیین پارامترها پایان می‌پذیرد.

نکته قابل ذکر این است که اغلب این مراحل دارای محاسبات سنگین می‌باشند چرا که معادلات و منحنی‌های بزیه به صورت پارامتردار مورد پردازش قرار می‌گیرند و روش‌های سریعی برای محاسبات لازم برای حل این گونه معادلات موجود نیست.

پس از اتمام این مراحل برنامه‌ای به زبان متافونت تولید می‌شود که بازای هر مجموعه مقادیر تعیین شده برای پارامترها، یکی از فونت‌های مورد نظر تولید می‌شود. شکل ۱ حاصل یکی از این برنامه‌هاست.

۵ نتیجه‌گیری

در این مقاله خلاصه‌ای از یک کار انجام شده در تعیین خودکار پارامترهای لازم در طراحی حروف هم‌خانواده توسط متافونت ارایه گردید. با توجه به این که متافونت از منحنی بزیه برای تولید حروف استفاده می‌کند، بخشی این کار به مطالعهٔ ویژگی‌ها این منحنی‌ها، از جمله مفهوم تشابه آن‌ها اختصاص یافت که خلاصه‌ای از آن در این مقاله آمد. حاصل این مقاله نرم افزاری است که با دریافت منحنی‌های بزیهٔ مربوط به شکل‌های مختلف یک حرف، یک برنامهٔ به زبان متافونت و تعدادی پارامتر و مقدار هر پارامتر برای هر شکل از حرف را به صورت خودکار تولید می‌کند. با اجرای این برنامه و مقداردهی مناسب به پارامترها می‌توان کلیهٔ شکل‌های ورودی را تولید کرد.

این کار به عنوان اولین قدم در تولید خودکار فونت‌های هم‌خانواده قطعاً قابل گسترش و تکمیل است. به عنوان مثال، این کار تنها به تشخیص پارامترها می‌پردازد و کاری به روابط بین آن‌ها ندارد. یکی از زمینه‌های گسترش آن کم کردن تعداد پارامترها با توجه به این روابط است. مطالعات انجام شده در خصوص تشابه بین منحنی‌های بزیه نیز می‌تواند در شناسایی حروف (OCR) مورد استفاده قرار گیرد.

مراجع

[۱] محمد قدسی، کیارش بازرگان، *تولید خودکار حروف خط نستعلیق*، اولین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، دی ۱۳۷۴، دانشگاه صنعتی شریف.

[۲] فرامرز سماواتی، نظام‌الدین مهدوی امیری *نمایش بی‌اسپلاین کانتورهای رقمی* اولین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، دی ۱۳۷۴، دانشگاه صنعتی شریف.

[3] D. E. Knuth, *The* METAFONT*book*, Addison-Wesley, 1985.

[4] D. E. Knuth, METAFONT*: The program*, Addison-Wesley, 1985.

[5] D. E. Knuth, *Computers and Typesetting,* Addison-Wesley, 1986.

[6] D. E. Knuth, The TEXbook, Addison-Wesley, 1984.

[7] R.C. Gonzalez, P. Wintz, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1987 2nd ed.