حروفچینی کامپیوتریِ متنهای ریاضی

علی پارسا*

انجمن ریاضی امریکا (AMS) ازسال ۱۹۸۶ به‌نویسندگان مقاله برای نشریات این انجمن توصیه می‌کند که مقالات خود را با استفاده از سیستم حروفچینی کامپیوتری تِك (TEX) تهیه‌کنند و به صورت ضبط شده روی‌نوار یا دیسکت کامپیوتری به‌انجمن بفرستند. بنا به‌تشخیص مسؤولان انجمن این‌کار به‌حدود ۹۰٪ کاهش در هزینهٔ تهیهٔ نسخهٔ آمادهٔ چاپ مقالات منجر می‌شود و موعد چاپ مقالاتی که به‌این‌ترتیب آماده می‌شوند نیز زودتر فرامی‌رسد.

سیستم تك را ریاضیدان برجستهٔ امریکایی دانلدکنوت استاد علم‌کامپیوتر دردانشگاه استنفرد امریکا تهیه‌کرده‌است. وی‌که بیشتر به‌خاطر اثر بزرگ خود، هنر برنامه‌نویسی کامپیوتر (که تا کنون سه جلد آن منتشر شده و بناست به‌هفت جلد برسد) ، شهرت دارد، از سال ۱۹۷۷ به تهیهٔ این سیستم و سیستم دیگری به‌نام متافونت (METAFONT) برای طراحی‌حروف پرداخت. حاصل نهایی کار او درسال ۱۹۸۶ به‌صورت پنج جلد کتاب به نام کامپیوتر و حروفچینی منتشرشد. دراین کتابها، دکتر کنوت علاوه‌بر توضیح نحوهٔ استفاده از تك (برای حروفچینی متنها باکیفیتی عالی) و متافونت (برای طراحی‌حروف چاپی) ، متن‌کامل برنامه‌های این‌سیستمها را نیز دراختیار عموم‌گذارده‌است.

نیاز به تِك

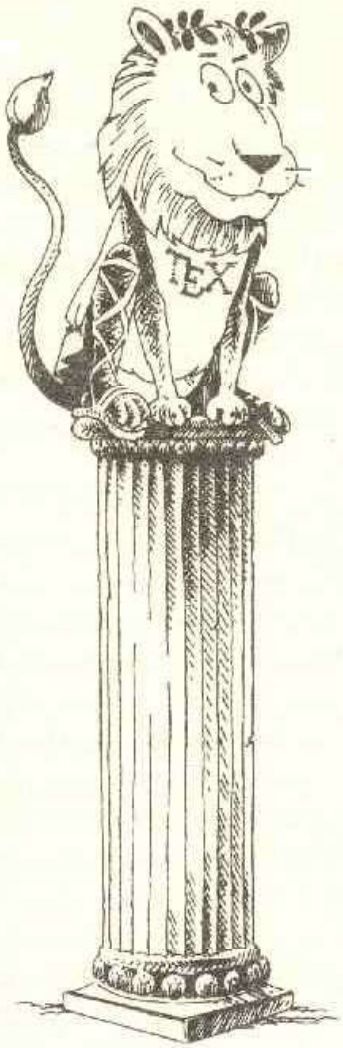
کسانی‌که متنی پر از فرمول را برای چاپ آماده می‌کنند می‌دانند که کار حروفچینی این‌نوع متنها تا چه اندازه مشکلتر از متنهای معمولی است و نتیجهٔ کار نیز معمولاً آن چیزی که انتظار می‌رود نیست و نویسنده مجبور است به‌گذشتهایی در مورد شکل ظاهری مقاله تن دردهد. این نازه مشکلاتی است که در راه تهیهٔ نسخهٔ چاپی و قابل انتشار مقاله‌های ریاضی پیش می‌آید و کیفیت صورت مقدماتی این نوع مقاله‌ها (مثلاً به‌صورت تایپ شده) از این‌هم بدتر است. در این موارد متن مقاله تایپ می‌شود و فرمولها را معمولاً درجاهایی‌که برای آنها خالی گذارده‌شده بادست می‌نویسند. دراین موقع اغلب پیش می‌آیدکه نویسنده لزوم تغییراتی را حس می‌کند و لازم می‌داند چند قسمت از مقاله حذف شود و چندنکتهٔ تازه به‌آن اضافه شود یا قسمتهایی ازمقاله را جابه‌جا می‌کند. پس دوباره باید مقاله تایپ شود و روز از نو روزی از نو. اگر مقاله به‌حدکافی مهم باشد ممکن‌است قبل‌از انتشار به‌صورت حروفچینی شده، مدتها به‌همان صورت تایپی با فرمولهای دستنویس در میان خوانندگان که معمولاً همکاران نویسنده یا علاقه‌مندان به‌موضوع (درواقع‌مخاطبهای اصلی نویسنده) هستند دست به‌دست شود. یعنی خوانندگان اصلی مقاله مجبور خواهند بود ظاهر نامطلوب مقاله را بپذیرند و برای‌نسخهٔ بهتر تا روز انتشارنسخهٔ زیباتر و آراسته‌تر حروفچینی شده انتظار بکشند.

دکتر کنوت که خود ریاضیدان است به‌خوبی با این مشکل آشناست. خود او درمصاحبه‌ای با مجلهٔ دیسکاوِر درسال ۱۹۸۴ در مورد اولین برخوردش با فرمهای چاپخانه‌ای جلد دوم کتاب هنر برنامه‌نویسی کامپیوتری‌گوید: "...*نمونه‌های‌چاپخانه به‌قدری بدنما بود که‌دلم‌می‌خواست آنهارا پاره‌کنم.*" زیرا فاصله‌های بین کلمات و حروف و به‌خصوص فرمولها اصلاً مطابق خواست و سلیقهٔ او نبود. تهیهٔ سیستم تك در واقع پاسخ کنوت برای رفع این مشکل است.

تك چیست؟

کنوت در اولین بخش جلد اول کتاب تك (TEX Book) ضمن توضیح وجه تسمیهٔ این سیستم، زمینهٔ اصلی کاربرد آن را نیز مطرح می‌کند. وی می‌گوید:

"بعضی از کلمات انگلیسی مثل تکنولوژی از یك ریشهٔ یونانی مشتق می‌شوند که دارای حروف τεχ... است؛ و این کلمهٔ یونانی هم معنی هنر می‌دهد و هم معنی فن. نام TEX هم ازهمین‌جا آمده است و با حروف بزرگ همان τεχ را نشان می‌دهد."



در مورد نحوهٔ تلفظ این اسم کنوت می‌گوید حرف X در انتهای TEX همان "خی" یونانی‌است و آن را نبایدمثل x بلکه باید مثل "ch" درانتهای کلمهٔ اسکاتلندی "$loch$" یا کلمهٔ آلمانی "ach" یا مثل تلفظ اسپانیایی "j" یا تلفظ روسی "kh" تلفظ کرد. خلاصه چیزی است بین "ك" و "خ"ی خودمان.

نکتهٔ دیگر درموردنام تك (TEX) خارج از ردیف بودن حرف E است. کنوت می‌گوید بااین‌کار می‌خواهد یادآوری کندکه تك سیستمی برای حروفچینی است.

بدین ترتیب، تك یك سیستم کامپیوتری برای تولید متنهای فنی با کیفیتی درحد اعلاست.

البته قبل از ابداع تك سیستمهای دیگری برای تهیهٔ متنهای چاپی به‌کمك کامپیوتروجود داشت ولی اغلب‌این سیستمها صرفاً برای تهیهٔ متنهای معمولی بودند و در آنها جنبه‌های ظریف مربوط به‌درهم‌آمیزی فرمولها و متنها درنظرگرفته نشده بود. این نوع سیستمها که اغلب به‌نام کلی کلمه‌پرداز[1] خوانده می‌شوند برای نویسندگان وسائلی‌بسیار دلپذیرند و اغلب‌نویسندگان پرکار امروز جهان از این‌نوع سیستمها استفاده می‌کنند. با این سیستمها می‌توان متنی را از طریق صفحه‌کلیدها به‌کامپیوتر منتقل کرد و سپس هرنوع دستکاری در متن مثل حذف کلمه و پاراگراف یا جابه‌جایی آنهارا به‌سهولت انجام داد. یك‌کامپیوترخانگی یا شخصی و یك چاپگر معمولی کامپیوتری به‌همراه برنامهٔ کامپیوتری کلمه‌پرداز برای این منظور کفایت می‌کند. درصورتی‌که نویسنده بخواهد کیفیت متن خروجی درحد متنهای تایپ شده باشد باید چاپگرهایی با کیفیت بالاترمعروف به‌چاپگرهای با کیفیت نامه‌ای[2] یا چاپگرهای چرخ مینا[3] را به‌کارگیرد و برای دسترسی به‌کیفیتی بازهم بهتر باید از چاپگر لیزری استفاده‌کند. ولی اشکال کار در اینجاست که هرچند چنین سیستمهایی در امر تهیهٔ متنهای معمولی بسیارمفیدند ولی‌برای متنهای فنی همان اشکال متنهای تایپ شده را دارند یعنی فرمولها را باید جداگانه در آنها وارد کرد یا با دست نوشت. خلاصه رمان‌نویسها از این‌نوع سیستمها بسیار راضی‌اند ولی ریاضیدانها نمی‌توانند راضی باشند.

نکتهٔ دیگراینکه درکلمه‌پردازهای معمولی استفاده‌کننده بیشتر وقتها با مجموعهٔ محدود و ثابتی ازحروف و علائم سروکار دارد، درحالی که در سیستم تك مجموعهٔ علامتها و حرفهایی‌که به‌طور همزمان در دسترس‌است عملاً نامحدوداست. به‌علاوه‌استفاده‌کنندهٔ تك می‌تواند با بهره‌گیری از سیستم متافونت، خود به‌طرح حرفها و علامتها بپردازد و ازحاصل این‌کار در تهیهٔ متن‌خود استفاده‌کند. این ویژگی برای متنهای ریاضی‌که معمولاً شامل حروف مختلف الفبای لاتین (ایتالیك، سیاه،...)، الفبای یونانی و عبری، علائم ریاضی متداول و علامتهای غیرمتعارف است بسیار مفید است. فرمول زیر با استفاده ازسیستم تك تهیه شده‌است

$$x_i = \prod_{j=1}^{\max(k,i)} e^{2\pi jr\alpha^2} \cos(ij) \quad (i = q, \ldots, n)$$

دراین فرمول نه‌تنها ازعلامتها و حروف مختلف استفاده شده بلکه اندازه‌ها نیز با توجه به‌محل علامتها مناسب انتخاب‌شده ودرنتیجه حاصل کار به‌چشم‌خوشایند است. البته برای اینکه متن خروجی تك دارای این کیفیت‌باشد حتماً باید ازچاپگرهایی با کیفیت بسیاربالا مثل چاپگرهای لیزری استفاده شودکه گرانتر ازچاپگرهای‌معمولی کامپیوتری است ولی به‌نتیجهٔ بسیارعالی‌آن می‌ارزد. به‌علاوه تمام این‌کارها را خود نویسندهٔ مقاله می‌تواند انجام دهد. یعنی نسخه‌ای که او به‌عنوان پیش‌نویس آماده می‌کند دارای چنان کیفیتی خواهد بودکه مستقیماً قابل عکس‌برداری و چاپ است.

زیبایی و بد نمایی متنها

یکی از ویژگیهای بسیار مفید و در عین حال منحصر به‌فرد تك، بهینه سازی کیفیت یك خط یا یك پاراگراف است. تك با درنظر گرفتن معیارهایی یك عدد را به‌عنوان میزان "بدنمایی" یك خط

1. Word - processor 2. Letter Quality 3. Daisy Wheel

یا یك پاراگراف در نظر می‌گیرد و با استفاده از الگوریتمهایی سعی درکم کردن این عدد و در نتیجه "زیباتر" کردن آن خط یا پاراگراف می‌کند. این کار با افزودن یاکاستن فاصلهٔ بین حروف وکلمات انجام می‌شود. اگر میزان بدنمایی صفر باشد معنای آن این است که خط یا پاراگراف به‌بهترین صورت ممکن‌چیده شده است. بدنمایی صد زیاد دلپذیر نیست و بدنمایی هزار باعث آبروریزی است. معمولاً تك‌بدنمایی‌هایی درحد دویست‌راتحمل می‌کند یعنی سعی داردکه بدنمایی از دویست بیشتر نشود ولی مواردی هست که‌کلمات متن را نمی‌توان طوری کنارهم گذاشت که این حد از بدنمایی رعایت شود. در این موارد تك با پیامی عذرخواهانه و با ذکرمیزان بدنمایی از نویسنده می‌خواهدکه با تغییراتی در متن به‌زیباترکردن آن کمك کند.

چگونه با تِك کار کنیم؟

ازنظر تقسیم‌بندی برنامه‌های کاربردی کامپیوتر، تك یك نوع زبان صفحه‌بندی[1] است. یعنی این‌سیستم دستوراتی‌را دراختیار استفاده‌کننده می‌گذاردکه با آنها نحوهٔ قرارگرفتن حروف و علائم وعنتها و فرمولها درصفحه به‌کامپیوتر داده‌می‌شود. این دستورها را باید با استفاده ازیك برنامهٔ ویراستار متن[2]، که درهر کامپیوتری دردسترس قراردارد، به‌کامپیوتر واردکرد. حاصل‌کار ویراستار متن (که یك پروندهٔ کامپیوتری یـا فایل است) به‌عنوان ورودی به‌سیستم تك داده می‌شود و تك با تعبیرکردن دستوراتی که در پروندهٔ‌کامپیوتری وجود دارد دستورهای‌لازم‌را به‌دستگاه چاپگرمی‌دهد تا صفحهٔ تهیه شده مطابق خواسته‌های نویسندهٔ مقاله تنظیم‌شود و حروف وعلامتها درجای مناسب قرارگیرند.

دستورهای تك با یك علامت \ آغازمی‌شود. مثلاً برای‌اینکه چـاپـگر پنج سانتیمتر از صفحه را خـالی بـگذارد از دستور \vskip 5 cm استفاده‌می‌کنیم یا برای‌رسم‌یك‌خط نازك‌افقی در عرض صفحه دستور \hrule را وارد می‌کنیم.

فرمولهای ریاضی را باید بین‌دوعلامت $ محصور کنیم. مثلاً برای نوشتن متنی مثل "Suppose $\Sigma x_i \geqslant 0$" باید بنویسیم

```
Suppose $ \SUM x_1 \ge 0 $
```

وجود دوعلامت $ درابتدا و انتهای‌فرمول‌باعث می‌شود که‌حروف ظاهرشده درفرمول مطابق قراردادی‌که درفرمولهای ریاضی‌رعایت می‌شود به‌صورت ایتالیك نوشته شود، هرچندکه ما درهنگام وارد کردن این‌فرمول به‌خاطر محدودیتهای پایانه‌های‌کامپیوتری‌ازحروف معمولی (غیرایتالیك) استفاده‌کرده باشیم.

تابلوی پایین‌صفحه یك برنامهٔ‌تك وخروجی‌آن‌را نشان‌می‌دهد.

دستورهای درشت

علاوه‌بردستورهای پایه‌ای که درتك‌وجود دارد، امکان تعریف کردن دستورهای‌مرکب‌یادرشت‌درتك نیزهست. دستورهای‌درشت[1] ازچند دستور پایه تشکیل می‌شوند به‌نحوی که هربار نام دستور درشت‌را به‌کامپیوترمی‌دهیم دستورهای پایه‌ای مربوط به‌آن اجرا می‌شود. بودن این‌نوع دستورها قدرت زیادی به تك می‌دهد و استفاده از آن را راحت‌تر می‌کند، زیرا استفاده‌کننده دیگر مجبور نیست به جزئیات بپردازد. نمونهٔ زیر تا حدی فـایدهٔ استفاده از دستورات درشت را نشان می‌دهد. فرض‌کنیم شما می‌خواهید برای یك‌مقاله یك سطر عنوان بگذارید. قبل ازسطرعنوان می‌خواهید ۲ سانتیمتر کاغذ سفید باشد و عنوان دروسط صفحه قرارگیرد (یعنی فاصله‌اش از دولبهٔ راست و چپ کاغذ به‌یك اندازه باشد) و با حروف سیاه زده شود وبعدازآن هم ۲ سانتیمتر دیگرصفحه سفید باشد. دراینجا می‌توانید تمام‌این‌کارها را هربار به‌صورت جداگانه با دستورهایی ازقبیل \vskip 2 cm انجام دهید. ولی‌راحت‌تر آن است که یك دستور درشت‌مثلاً با نام \title تعریف کنیم که شامل دستورات

یك برنامهٔ تِك و خروجی آن

برنامه

```
\item{1.} This is the first of several cases that are being
enumerated, with hanging indentation applied to entire paragraphs.
\itemitem{a)} This is the first subcase.
\itemitem{b)} And this is the second subcase. Notice
that subcases have twice as much hanging indentation.
\item{2.} The second case is similar.
```

خروجی

1. This is the first of several cases that are being enumerated, with hanging indentation applied to entire paragraphs.
   a) This is the first subcase.
   b) And this is the second subcase. Notice that subcases have twice as much hanging indentation.
2. The second case is similar.

1. Macros

1. Page Formatter 2. Text Editor

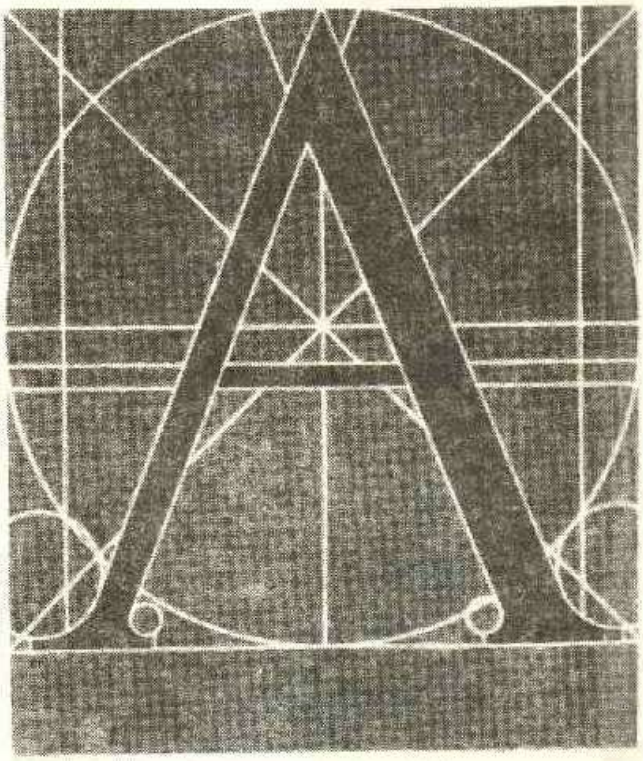
زیر باشد:

```
\vskip 2 cm
\centerline {\bf A NEW DISCOVERY}
\vskip 2 cm
```

از این به‌بعد هرگاه دستور \title را به تك بدهید، سیستم با بسط‌دادن این‌دستور، دستورهای‌جزیی آن را اجرا می‌کند. درخود سیستم تك مجموعهٔ نسبتاً کوچکی ازدستورهای درشت وجود دارد که برای‌مصارف متداول‌کارهای‌تهیهٔ مقالات‌مفیداست. علاوه‌براین انجمن‌ریاضی امریکا نیز مجموعهٔ وسیعی ازدستورات‌درشت‌را با نام AMS-TEX عرضه می‌کند کـه اختصاصاً برای تهیهٔ مقالات ریاضی طرح شده است.

طراحی حروف

آلبرشت دورر[1] هنرمند بزرگ آلمانی ازجمله نخستین‌کسانی بود کـه در دورهٔ رنسانس به‌کار طراحی حروف چاپی با استفاده از روشهای ریاضی پرداخت. ولی نتایج‌کار او و دیگرهنرمندان آن دوره به‌تولید شکلهای‌دلپذیری ازحروف نیانجامید. ریزه‌کاریهایی که درطراحی حروف چاپی موجود است با روشهایی که هنرمندان رنسانس به‌کارمی‌بردند وکار خود را محدود به‌روشهای معروف به "خط‌کش و پرگار" می‌کردند، قابل‌دسترسی‌نبود. درقرنهای‌شانزده و هفده نیز کوششهای زیادی دراین زمینه به‌عمل آمد ولی بالاخره



نمونه‌ای از طراحی هندسی حروف

1. Albrecht Durer

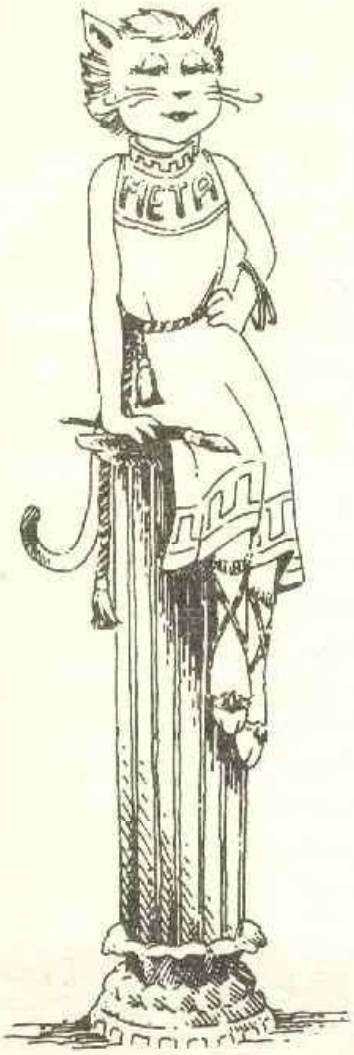
درقرن هیجدهم شور و شوق ریـاضیدانان و هنرمندان برای ارائهٔ اصول ریاضی طراحی‌حروف‌چاپی فروکش‌کرد. و اکنون، درقرن بیستم، به خاطر وجود روشهای ریاضی کاراتر برای رسم خمهای دلپذیر و پیدایش‌کامپیوترهایی‌که قـادر به‌انجام سریع محاسبات لازم‌برای این‌کار هستند، و نیز به‌خاطر در دسترس‌بودن دستگاههای چاپگری‌که به‌آسانی‌حروف طرح‌شده را روی‌کاغذ منتقل می‌کنند، کار طراحی‌حروف چاپی با استفاده از ریاضیات به‌مرحلهٔ جدیدی وارد شده است. حروف چاپی را امروز می‌توان بدون استفاده از چوب و فلز ونقط با مشخص‌کردن مجموعه‌ای‌ازصفر ویك‌مشخص کرد و ازطریق دستگاه چاپگر نقاط تیره و روشن‌را طوری روی کاغذ ترکیب‌کردکه حاصل تفاوتی با کار بهترین طراحان حروف نداشته باشد. البته همان‌طورکه گفتیم چاپگر باید ازکیفیت خوبی برخوردار باشد.

چاپگرها

چاپگرهـای کامپیوتری به‌صورتها و بـا تکنیکهای مختلفی ساخته می‌شوند. ازنظرنحوهٔ ثبت‌کردن حروف روی کاغذ می‌توانیم آنها را به‌دودسته تقسیم‌کنیم: چاپگرهایی‌که حروف ریخته‌شده ازجنس فلز یا پلاستیك را روی‌کاغذ "می‌کوبند". و چاپگرهایی‌که حروف را بـا کنارهم چیدن تعدادی نقاط سیاه روی کاغذ می‌سازند. از چاپگرهای دستهٔ اول می‌توان از اغلب‌چاپگرهای خطی‌که درکنار کامپیوترهای بزرگ استفاده می‌شوند یا از چاپگرهای معروف به چرخ مینا که بـرای تهیهٔ نامه‌های اداری با کامپیوترهای کوچك به‌کار می‌روند یادکرد. اما آنچه‌کـه برای طراحی حروف چاپی به‌کمك‌کامپیوتر به‌کارمی‌آید دستهٔ دوم چاپگرهـاست. دراین دسته چاپگرهای معروف به‌ماتریس نقطه‌ای، چاپگرهای الکتروواستاتیك وچاپگرهای‌لیزری‌قراردارند. برخی‌از انواع ماشینهای‌حروفچینی نوری مثل لاینوترون نیز از لحاظ نحوهٔ تشکیل‌دادن حروف روی کاغذ از این دسته‌اند.

دراین نوع چاپگرها یك‌کامپیوترکنترل‌کننده براساس شکلی کـه قبلاً برای حروف تعریف شده است تعدادی صفر و یك را به‌چاپگرمی‌فرستد وچاپگر با تیره‌کردن نقاطی که یك‌هستند و روشن نگاه‌داشتن نقاطی‌که صفرهستند حرف را روی‌قسمتی ازکاغذ ظاهر می‌کند. هرچه تعداد نقاطی‌که بدین‌ترتیب قابل سیاه‌شدن باشد در واحد سطح بیشتر باشد، می‌گوییم چـاپگر دارای تفکیك‌پذیری[1] بیشتری است. برای کار کـردن بـا سیستم METAFONT بـاید دسترسی به‌چاپگری با تفکیك‌پذیری بالا (درحدود ۳۰۰ نقطه یـا بیشتر در اینچ) داشته بـاشیم. چاپگرهـای لیزری ایـن حد از تفکیك‌پذیری را دارند و از اجزاء اصلی هـر سیستم حروفچینی کامپیوتری‌اند. دستگاههای حروفچینی‌نوری مثل لاینوترون دارای تفکیك‌پذیری بسیار بیشتری (درحدود ۱۰۰۰ نقطه یا بیشتردراینچ) هستند و برای‌اینکه‌کیفیت حروف چاپی بسیارخوب باشد، می‌توان از آنها نیز استفاده‌کـرد. البته این دستگاهها نیاز به‌کاغذ حـاس مخصوص دارند درحالی‌که در چاپگرهای لیزری از کاغذمعمولی استفاده می‌شود.

1. resolution



متافونت چیست؟

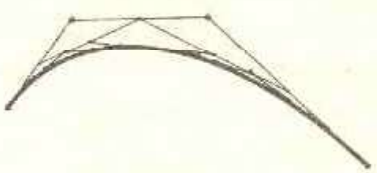
اگر کار تك این است که حروف متن‌را به نحو مناسب در صفحه جای دهد، کار متافونت این است که شکل این‌حروف‌را معین کند.

از زمانی‌که امکان تشکیل حروف‌چاپی به‌کمك کامپیوتر به‌وجودآمده‌است برنامه‌های‌زیادی برای کمك به‌کارطراحی حروف ساخته شده‌اند. این برنامه‌ها که معمولاً با نام عمومی ویراستار حروف[1] نامیده می‌شوند، با ظاهر کردن یك ماتریس از نقاط روی صفحهٔ پایانه به‌طراح امکان می‌دهند که نقاطی را که باید سیاه شود تعیین کند و درنتیجه یك حرف از مجموعهٔ حروف را به‌صورت نقاط تاریك و روشن ماتریس تعریف کند. این روش برای طراحی حروف در چاپگرهایی با تفکیك‌پذیری پایین مفید و کافی است‌ولی اگر منظورطراحی حروف چاپی برای استفاده در تهیهٔ کتابها و متنهایی با کیفیت بالا باشد دیگر به این‌روش نمی‌توان کارکرد. متافونت در واقع یك زبان طراحی حروف است که در آن به‌کمك دستورهایی ضوابط حاکم بر طرح خانواده‌هایی از حروف را به کامپیوتر می‌دهیم و کامپیوتر خود نقاط تیره و روشن ماتریس را تعیین می‌کند. کلمهٔ METAFONT از دو جزء META و FONT درست شده است. FONT نشان می‌دهد که این سیستم برای طراحی حروف است و META نشان می‌دهد که موضوع آن تعیین ضوابطی عمومی برای خانواده‌هایی از حروف است. به گفتهٔ کنوت فرق متافونت با ویراستارهای حروف معمولی فرق جبرمقدماتی با حساب است. به‌جای اینکه از اعداد استفاده کنیم از متغیرهایی که به‌جای اعداد به‌کارمی‌روند استفاده می‌کنیم و در واقع خانواده‌ای از محاسبات را نشان می‌دهیم که در اصول با هم مشترك‌اند.

درمتافونت برای توصیف شکل حروف از یك سیستم مختصات دکارتی استفاده می‌شود. طراح حروف نقاط اصلی یك شکل را روی این سیستم مختصات معین می‌کند و با استفاده از دستورهایی آنها را به‌هم وصل می‌کند. بدین‌ترتیب نقاط واقع دربین نقاطی که طراح معین کرده است توسط کامپیوتر "سیاه" می‌شود و برخلاف ویراستارهای حروف لازم نیست که طراح تك‌تك نقاط‌را سیاه کند.

خمها

واضح است که حروف را نمی‌توان فقط با خطهای راست کشید و به‌خم نیز نیاز است. درسیستم متافونت از خمهایی‌معروف به‌خمهای بزیه[2] استفاده می‌شود. حالت عمومی این‌خمها را قبلاً برنشتین در نظریهٔ تقریب در ۱۹۱۲ ارائه داده است. خمهای بزیه حالت درجهٔ سهٔ خمهای برنشتین است و اول‌بار توسط پیربزیه برای توصیف خمها درطراحی به‌کمك کامپیوتر (CAD) به‌کاررفته‌است. یکی‌ازویژگیهای مناسب این‌خمها امکان کنترل‌میزان خمیدگی آنها با جابه‌جایی نقاطی در خارج آنهاست. این نقاط را نقاط کنترل می‌نامند. درسیستم متافونت هرخم دارای چهار نقطهٔ کنترل است وطراح با تغییردادن مختصات‌نقاط کنترل می‌تواند شکلهای‌متفاوتی از حروف را برای کامپیوتر مشخص کند. شکل زیر یك خم بزیه و چهار نقطهٔ کنترل را نشان می‌دهد.



قلمها

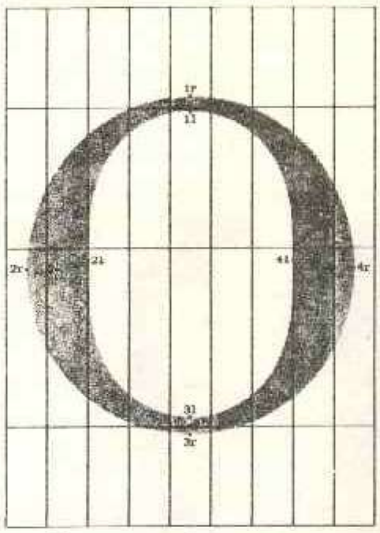
یکی از ویژگیهای بسیار جالب توجه سیستم متافونت در اختیار گذاردن "قلم"های متفاوت برای طراحی شکل‌حروف است. چون متافونت یك سیستم کامپیوتری است، طبیعی است که قلمهای این سیستم‌نیز با قلمهای معمولی‌متفاوت باشد. درواقع‌قلم دراین‌سیستم با پهنای خطوطی که برای رسم شکلها به‌کارمی‌روند مشخص می‌شود. همان‌گونه‌که درموقع‌نوشتن‌معمولی‌حاصل کار باخودنویس تفاوت زیادی با حاصل‌کار با قلم‌درشت دارد، درمتافونت‌نیز امکان ایجاد این تفاوتها وجود دارد، فقط در این سیستم عملاً قلمی را به‌دست نمی‌گیریم بلکه با مشخص‌کردن پهنای نوك قلم و مسیری که باید درنوشتن حرفی طی شود حرف را با آن "قلم" می‌نویسیم وخودسیستم،نقاطی‌راکه‌باید،تیره‌می‌کند وروی‌چاپگر چاپ‌می‌کند.

علاوه‌براین، درمتافونت این امکان هست که پهنای "نوك" قلم را درمسیری که برای رسم‌کردن یك حرف می‌پیماید تغییربدهیم. این‌کار را خطاطان با کم و زیادکردن فشار قلم یا با بلندکردن یك گوشهٔ قلم‌انجام می‌دهند. بدین‌ترتیب "حرکت قلم" درمتافونت تا حد زیادی به‌حرکت قلم خطاط درروی کاغذ نزدیك می‌شود و می‌تواند شکلهای دلپذیری را ایجادکند.

نمونهٔ زیرنحوهٔ معرفی‌حرف O را درزبان مخصوص‌متافونت نشان می‌دهد. این حرف بخشی از مجموعهٔ حروف معروف به

1. Font Editor 2. Bézier

```
cmchar "The letter o";
beginchar("o", 9u#, x_height#, 0);
italcorr .7x_height# + stem;
adjust_fit(if monospace: .5u#, .5u# else: 0, 0 fi);
penpos1(vair, 90); penpos3(vair', −90);
penpos2(curve, 180); penpos4(curve', 0);
x2r = hround max(.5u, 1.25u − .5curve);
x1r = w − x2r; x4 = x3 = .5w, y1r = h + vround 1.5ou; y3r = −oo;
y2 = y4 = .5h − vair_corr; y2r := y4r := .52h;
penstroke pulled_arc1(1, 2) & pulled_arc2(2, 3)
  & pulled_arc3(3, 4) & pulled_arc4(4, 1) & cycle;
penlabels(1, 2, 3, 4); endchar;
```



Computer Modern است که کنوت خود آن را طرح کرده و در تهیهٔ کتابهای خود از این حروف استفاده می‌کند.

حروفچینی کامپیوتری متنهای فارسی

اگرچه تهیهٔ متنهای فارسی با وسائلی مثل کلمه‌پرداز و نرم‌افزارهای حروفچینی مشکلاتی دارد ولی به نظر نمی‌رسد این نوع مشکلات در امر استفاده از سیستمی مانند تك ومتافونت مانعی ایجاد کند. در طراحی سیستم تك دکتر کنوت امکاناتی را برای خطوطی که از راست به چپ نوشته می‌شود در نظر گرفته است. و سایر مسائل از قبیل مخلوط کردن متنهای فارسی ولاتین یا نحوهٔ واردکردن اعداد (ازچپ به‌راست) درمتن فارسی که از راست به‌چپ نوشته می‌شود نیز با تغییراتی درسیستم تك قابل حل است.

امکاناتی که تك و متافونت در اختیار حروفچینی فارسی می‌گذارد بسیار بیشتر ازچیزی است که درحال حاضر با استفاده ازماشینهای حروفچینی مثل لاینوترون دردسترس است. امکان طراحی حروف جدیدکه با ویژگیهای خطهای مختلف فارسی‌مثل نستعلیق وشکسته متناسب باشد، استفاده از تمام‌علائم و حروف‌لازم برای فرمولهای ریاضی، امکان استفاده ازسیستم روی‌کامپیوترهای همه منظورهٔ‌معمولی‌واستفاده ازکاغذ معمولی برای گرفتن‌خروجیهای سیستم از جمله امکاناتی است که در دستگاههای حروفچینی فعلی وجود ندارد و تك و متافونت آنها را در اختیار استفاده‌کننده می‌گذارد. نگارنده اطلاع داردکه هم‌اکنون عده‌ای ازکارشناسان کامپیوتر و خوشنویسی ایران درکار افزودن تغییرات لازم برای استفاده از این دو سیستم در امر نشر فارسی هستند و با توجه به در دسترس بودن متن‌برنامه‌های این دوسیستم می‌توان انتظارداشت که کوششهای دیگری نیز دراین زمینه صورت گیرد.

در اینجا فرمولی را که به سه روش حروفچینی شده می‌بینید. (۱) به کمك تك و با استفاده از ماشینی شبیه لاینوترون [از کتاب تك کنوت برداشته شده‌است]. (۲) به‌کمك تك و با استفاده ازیك چاپگر معمولی کامپیوتری [در ایران]. (۳) با حروفچینی دستی [در ایران].

$$\left(\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2}\,dx\right)^2 = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{-(x^2+y^2)}\,dx\,dy$$
$$= \int_0^{2\pi}\int_0^{\infty} e^{-r^2} r\,dr\,d\theta \qquad (۱)$$
$$= \int_0^{2\pi}\left(-\frac{e^{-r^2}}{2}\Big|_{r=0}^{r=\infty}\right)d\theta$$
$$= \pi.$$

$$\left(\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2}\,dx\right)^2 = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{-(x^2+y^2)}\,dx\,dy$$
$$= \int_0^{2\pi}\int_0^{\infty} e^{-r^2} r\,dr\,d\theta \qquad (۲)$$
$$= \int_0^{2\pi}\left(-\frac{e^{-r^2}}{2}\Big|_{r=0}^{r=\infty}\right)d\theta$$
$$= \pi.$$

$$\left(\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2}dx\right)^2 = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{-(x^2+y^2)}dxdy$$
$$= \int_0^{2\pi}\int_0^{\infty} e^{-r^2} r\,dr\,d\theta \qquad (۳)$$
$$= \int_0^{2\pi}\left(-\frac{e^{-r^2}}{2}\Big|_{r=0}^{r=\infty}\right)d\theta$$
$$= \pi.$$

مراجع

1. W., Abikoff, "TEX-the ease and the art of text processing," *Abacus*, (4) 5 (1988).
2. Lincoln K. Durst, "AMS electronic manuscript program," *Notices of the AMS*, (2) 33 (1986).
3. Donald E. Knuth, *The Art of Computer Programming*, Vol. 1, *Fundamental Algorithms*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1969a.
4. ——, ——, Vol. 2, *Seminumerical Algorithms*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1969 b.
5. ——, ——, Vol. 3, *Sorting and Searching*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1973.
6. Richard S. Palais, "An introduction to TEX and AMS-TEX," *Notices of the AMS*, (2) 33 (1986).
7. Bruce Schechter, "The maestro of algorithm," *Discover*, (9) 5 (1984).
8. Hal R. Varian, "PC TEX and micro TEX," *Byte*, (4) 11 (1986).
9. Michael Vose, Gregg Williams, "Computer science considerations," *Byte*, (2) 11 (1986).
10. Herbert S. Wilf, "TEX: a none-review," *Amer. Math. Monthly* (4) 93 (1986) 309-315.

• علی پارسا، انجمن انفرماتیك ایران