

علیرضا محمد صالحی

# کاردستی‌های کاغذی

## هنر و دانش تازدن

بعضی قسمت‌های تاخوردۀ چروک و نازک شده و شاید حتی پاره هم شده باشند. یا تا حالا گردشگران را در حال استفاده از یک نقشه بزرگ دیده‌اید؟ البته امروزه، با توجه به رایج شدن برنامه‌های مجازی مسیریابی روی تلفن همراه و نقشه‌های اینترنتی، معمولاً کمتر کسی برای مسیریابی از نقشه‌های کاغذی استفاده می‌کند. اما جالب است بدانید که چند دهه پیش، تا کردن و باز کردن نقشه‌ها برای گردشگران و مسافرانی که به شهر یا منطقه‌ای ناآشنا وارد می‌شدند، یا کسانی که سر و کارشان با نقشه‌های بزرگ بود، واقعاً یک مشکل به حساب می‌آمد. شاید شما هم در نگهداری دفترک (بروشور) یا راهنماهای بازی و وسایل، و ... که روی برگه‌های با ابعاد بالا با تاهای زیاد چاپ و ارائه می‌شوند، این مشکل را تجربه کرده باشید. بیشتر وقت‌ها برگه‌ها بر اثر تاهای زیادی که روی هم زده می‌شوند، پاره می‌شوند یا ضخامت زیاد برگه‌های تا شده باعث آسیب دیدن کاغذ یا نوشته‌ها و جزئیات چاپ‌شده روی برگه می‌شود.



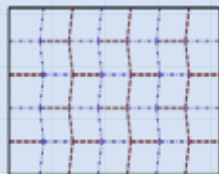
**اشاره**  
احتمالاً تا حالا قایق، قورباغه یا فالگیر کاغذی ساخته‌اید. از سال‌های دور، اوریگامی در ژاپن به‌عنوان هنری سنتی شناخته شده بود و طرح‌های ساده و جالبی توسط مردم ساخته می‌شد. اما در کمتر از ۱۰۰ سال گذشته، با استفاده از اصول ریاضی، اوریگامی به یک علم و صنعت تبدیل شد و در شکل هنری خود نیز تفاوت بسیار زیادی با اوریگامی سنتی پیدا کرد. در آخرین دقیقه‌های کلاس یکی از بچه‌ها پرسید: «آقا! آیا راست می‌گویند که اگر یک برگه را ۲۰ بار روی خودش تا بزنیم، ارتفاع آن اندازه یک ساختمان ۵۰ طبقه می‌شود؟!» معلم لبخندی زد و گفت: «کاملاً درست است، البته به شرطی که بتوانید!» همه تعجب کرده بودند و به حرف او شک داشتند که ناگهان معلم با یک جمله دیگر ما را کاملاً به هم ریخت: «شما هیچ وقت نمی‌توانید یک کاغذ معمولی را بیشتر از هفت بار روی خودش تا بزنید!» تقریباً همه ما از دفترمان یک برگه کندیم و شروع کردیم به تا زدن تا به معلم ثابت کنیم که اشتباه می‌گوید. (شما هم امتحان کنید!) می‌دانستیم منظور معلم این نبود که کاغذ را بادبزی تا بزنیم. تلاش‌مان را کردیم که روی تاهای قبلی تا کنیم، ولی تمام بچه‌ها در ششمین مرحله متوقف شدند! بعضی‌ها با زور و فشار زیاد و با پاره کردن کاغذ، سعی کردند هفتمین تا را بزنند، ولی ناموفق بودند و همه انگشتانشان درد گرفته بود.



تای بادبزی یا آکاردئونی

کاغذ ۶ بار تا خورده  
روی تاهای قبلی

در دهه ۱۹۷۰ میلادی، نقشه‌هایی با خط‌های تای جدید در شهر کیوتوی ژاپن به گردشگران فروخته می‌شد که تنها با یک حرکت جمع و با یک حرکت باز می‌شدند. این نقشه‌ها خط‌های تایی شبیه این داشتند:



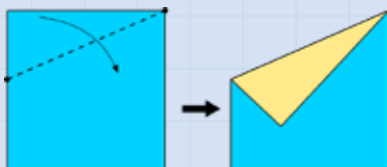
الگوی تای میورا

برای دیدن چگونگی تا شدن صفحه با الگوی میورا رمزبندۀ بالا را پویش کنید.

من گفتم: «کاغذهای ما کوچک است. باید با کاغذهای بزرگ‌تر امتحان کنیم.»  
معلم گفت: «اگر کاغذی به اندازه کف این کلاس هم داشته باشی فایده‌ای ندارد.»

...  
تا مدتی ذهنم با این موضوع درگیر بود. کم‌کم به یک پرسش مهم‌تر رسیدم: «اگر نخواهیم تاهایی که می‌زنیم روی هم بیفتند و کاغذمان زیادی ضخیم نشود چه؟»

تا حالا شده برای جادادن یک اسکناس یا یک برگه در جیبتان به مشکل برخوردید؟ احتمالاً سعی کرده‌اید با چندین بار تا زدن آن را فشرده کنید تا در جیب جا شود. همچنین احتمالاً بعد از بیرون آوردن آن دیده‌اید که



قوانین مشخصی پیش برویم تا شکل‌ها و اشیای متفاوتی بسازیم و خاصیت‌های آن‌ها را کشف کنیم. مثلاً همان‌طور که می‌دانید، در هندسه‌ای که می‌شناسیم از دو نقطه فقط یک خط می‌گذرد. در اوریگامی هم اگر دو نقطه داشته باشیم می‌توانیم یک خط تا از آن‌ها عبور دهیم.

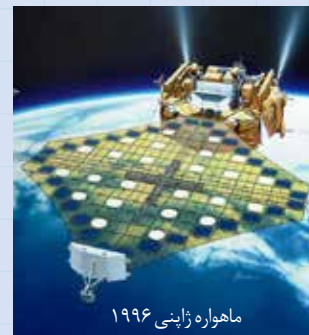
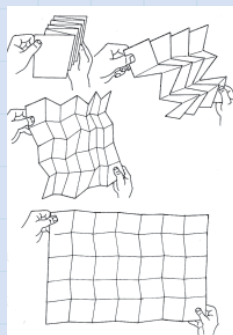
می‌توانید حدس بزنید با دو نقطه چه تاهای دیگری می‌شود ایجاد کرد؟ با دو خط چطور؟ اگر از ترکیب نقطه‌ها و خط‌ها استفاده کنیم چه؟ در آینده به این پرسش‌ها پاسخ‌هایی خواهیم داد که در واقع همان اصول اوریگامی هستند. شکل روبه‌رو مرحله‌های باز و بسته‌شدن طرح میورا را نشان می‌دهد.

این طرح را می‌توانید با برگه  $A_4$  و با تقسیم‌بندی طول و عرض صفحه به نسبت هفت و پنج براساس الگوی داده‌شده بسازید و نحوه کاهش حجم صفحه‌های خورشیدی در موشک‌های فضایی را از نزدیک مشاهده کنید! دقت کنید که این نسبت و اندازه گفته‌شده صرفاً به خاطر در دسترس بودن کاغذ  $A_4$  است و اینکه نسبت اضلاع کاغذ  $A_4$  تقریباً هفت به پنج است. بنابراین چندان مهم نیست که از چه کاغذ و چه ابعادی استفاده می‌کنید و چطور تقسیم‌بندی می‌کنید، فقط باید حواستان باشد که صفحه را با متوازی‌الاضلاع‌های هم‌اندازه بپوشانید.

پی‌نوشت

1. Koryo Miura

اما این روش فقط برای نقشه‌ها به کار نرفته بود. پیش از آن اخترفیزیکدان ژاپنی، کوریو میورا، در جست‌وجوی الگویی برای فشرده‌سازی صفحه‌های خورشیدی که انرژی موشک‌های (راکت‌های) فضایی را تأمین می‌کنند، چنین طرحی را یافته بود. در واقع چون صفحه‌های خورشیدی مناسب برای این کار سطح وسیعی دارند، جادادن آن‌ها در راکت‌های فضایی مسئله‌ای اساسی بود. الگوی تای میورا باعث شد این صفحه‌ها حجم بسیار کمتری اشغال کنند و به این ترتیب برای انتقال به خارج از جو زمین آماده شوند. او این الگو را با الهام از طبیعت و همچنین برخی طرح‌های قدیمی و سنتی کاغذتایی (اریگامی) در ژاپن، برای تازدن و باز کردن صفحه‌های خورشیدی پیشنهاد کرد. در واقع میلیون‌ها سال است که چنین طرحی در بال‌های حشراتی مثل سنجاکک به کار رفته و باز و بسته شدن بال‌های حشرات بر اساس این الگوست. چین خوردگی‌های پوست ما هم تاهای مشابهی را ایجاد می‌کنند.



امروزه از این طرح تا استفاده‌های فراوانی در صنایع می‌شود. همان‌طور که در تصویر الگوی تای میورا با رنگ‌های قرمز و آبی نشان داده شده، این الگوی تافقط بر اساس دو نوع تای اصلی است:

تای دره‌ای یا (فرورفته) - - - - - و تای قلّه‌ای (یا برآمده) - - - - -

در کاغذتا انواع تا و فنون متفاوت تازدن کاغذ وجود دارد که همه آن‌ها بر اساس همین دو نوع تای بیان‌شده هستند. در آینده با تاهای مهم در کاغذتا، زیبایی‌های هنری و اصول ریاضیاتی آن آشنا خواهیم شد. همان‌طور که در هندسه برای رسم شکل‌ها از خط‌کش و پرگار استفاده می‌کنیم، در کاغذتا با تازدن، شکل‌های متفاوتی می‌سازیم. همان‌طور که در هندسه با خط و نقطه سر و کار داریم و با آن‌ها انواع قضیه‌ها را ثابت می‌کنیم، در کاغذتا با نقطه‌ها و خط‌ها روی صفحه (مثلاً گوشه‌ها و ضلع‌های کاغذ) و خط‌های تا سر و کار داریم. به این ترتیب باید مثل هندسه، در اینجا هم بر اساس اصول و