پرنده های کاغذی، راهگشایان کامپیوترهای نوری، رابرت لانگ، *دانشمند*، سال ۲۸، شمارهٔ ۶، شهریور ۱۳۶۹، ص ۸۸-۹۵.

پرنده‌های کاغذی، راهگشایان کامپیوترهای نوری

نوشتهٔ رابرت لانگ
ترجمهٔ مهندس محمد باقری

اُریگامی (هنر کاغذ و تا) چون یک هنر ابتدایی در ژاپن عهد باستان پدیدار شد. دوستداران امروزی اریگامی، آن را به سطح هنری تخصصی رسانده‌اند که هیچ حد و مرزی نمی‌شناسد

کاغذ ابزار دست اهل علم است. دفترچه‌های آزمایشگاهی از کاغذ ساخته شده. بر روی میز کار دانشمندان صفحات کاغذی انباشته شده و بالاخره از خروجی کامپیوترها دسته‌دسته کاغذ بیرون می‌ریزد. به سراغ هر آزمایشگاه یا موسسهٔ علمی که بروید با انواع و اقسام کاربردهای کاغذ روبه‌رو می‌شوید. اما گاهی هم ممکن است ببینید که کاغذ را برای منظوری دقیقا غیر علمی به کار برده‌اند: آن را با تا کردن، به شکل پرنده، ماهی، آدم و چیزهای مختلف درآورده‌اند. این شکلهای کاغذی نمونه‌هایی از هنر اریگامی هستند. اریگامی واژه‌ای ژاپنی به معنی "کاغذ تا شده" است (در زبان فارسی این هنر را "کاغذ و تا" نامیده‌اند ــ م.). اعضای جامعهٔ دانشمندان جزو طرفداران پروپاقرص این هنر باستانی شده‌اند. هنری که از صورت ابتدایی ژاپنی خود بسیار فراتر رفته و در کشورهای غربی نیز رواج و اهمیت چشمگیری یافته است. تعداد قابل توجهی از دانشمندان، مهندسان، معماران و امثال آنها، شیفتهٔ چیزی شده‌اندکه به طور عادی سرگرمی کودکان قلمداد می‌شود. آنها به طرحهای قدیمی اکتفا نکرده و طی سالهای اخیر تغییرات عمده‌ای در مسیر این هنر پدید آورده‌اند. کاغذ تاکن‌های متخصص امروزی، با استفاده از اصول ریاضی و هندسی در طرحهای اریگامی، این هنر را به سطوح غیرقابل تصوری از پیچیدگی و واقعی‌نمایی رسانده‌اند.

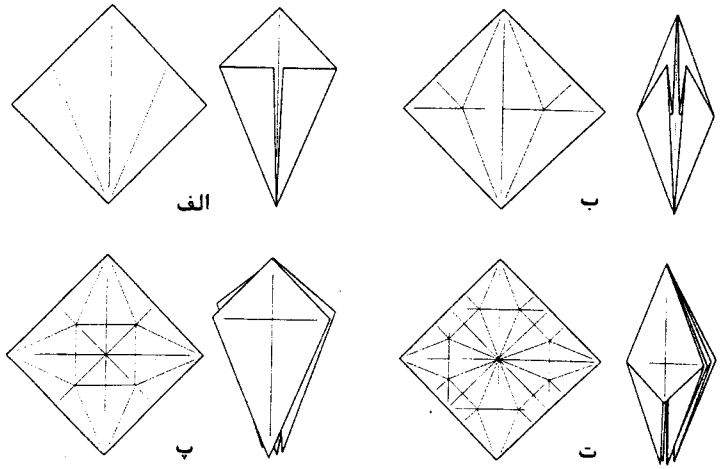
قوانین اریگامی ــ استفاده از یک صفحه کاغذ، بدون هیچ عمل برش ــ ظاهرا بسیار محدودکننده است. ابتدا به نظر می‌رسد که با رعایت این قوانین، تنها شکلهای خیلی ساده و انتزاعی را می‌توان ساخت. اما در طول صدها سال، دویست الی سیصد طرح مختلف به روش آزمون و خطا پدید آمده است. اغلب این طرحها ساده‌اند و شیوه‌های محدودی در ساخت آنها به کار گرفته شده است. پیچیدگی و واقعی‌نمایی در اریگامی ــ مثلا ساختن حشراتی دارای پا و بال و شاخک ــ تنها با پیدایش روشهای طراحی تخصصی در اواخر قرن حاضر امکانپذیر شد.

طراحی هر نمونهٔ اریگامی شامل دو مرحله

است: تا کردن "مبنا" و تا کردن "ریزه‌کاری‌ها". هر "مبنا" عبارت است از یک شکل هندسی که ساختمانی مشابه شی مورد نظر دارد، گرچه به ظاهر چندان شبیه به آن نیست. از طرف دیگر، تاهای ریزه‌کاری، تاهایی هستند که شکل ظاهری مبنا را به نمونهٔ نهایی مورد نظر تبدیل می‌کنند. در طراحی مبنا، تمامی برگهٔ کاغذ باید در نظر گرفته شود، زیرا همهٔ بخشهای مبنا به یکدیگر مرتبط‌اند و هرگونه تغییری در یک جزء بر سایر اجزای کاغذ نیز الزاما اثر می‌گذارد. تاهای ریزه‌کاری معمولا بر بخش کوچکی از کاغذ اعمال می‌شوند و مثلا لبه‌ای را به یک پا یا بال، یا سر تبدیل می‌کنند. برای آنکه مبنا به شکل حیوان مورد نظر درآورده شود، تفکر مقطعی (تاکتیکی) لازم است، طراحی مبنایی که کار باید با آن آغاز شود نیازمند دورنگری (استراتژی) است.

در سالهای میانی دههٔ ۱۹۶۰، اریگامی در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته بود و عمدتا چهار نوع مبنا به کار گرفته می‌شد (شکل ۱)، این مبناها را به نامهای مبنای بادبادک، مبنای ماهی، مبنای پرنده و مبنای قورباغه می‌نامند. (علاوه بر اینها، دو شکل دیگر هم هست که عموما مبنا خوانده می‌شود ــ تای ابتدایی و مبنای از در ــ که حالتهای کامل نشده دومبنای پرنده و قورباغه هستند.) گرچه این چهارمبنا بیش از صد سال قبل از آنکه اریگامی در غرب رواج یابد، در ژاپن شناخته شده بودند، بخش اعظم صدها طرح جدیدی که تا آن زمان ساخته شده بود بر اساس همین چهار شکل بود و این امر حاکی از انعطاف‌پذیری "مبناهای سنتی" چهارگانه است.

با این حال، مبناهای سنتی اشکالات خاصی هم دارند. زبانه‌های اصلی مبنا، به اجزای اصلی نمونهٔ نهایی تبدیل می‌شوند. اگر موضوع مورد نظر چهار پا و یک سر و یک دم داشته باشد، برای ساختن آن، مبنایی با شش زبانهٔ اصلی لازم است. مبناهای بادبادک، ماهی، پرنده و قورباغه، به ترتیب، یک، دو، چهار و پنج زبانهٔ بزرگ و یک، دو، یک و چهار زبانهٔ کوچکتر دارند. ماهی ساده دو زبانهٔ بزرگ (سر و دم) و دو زبانهٔ کوچک (باله‌های سینه) دارد و به همین علت مبنای ماهی برای آن مناسب است و علت نامگذاری این مبنا هم همین است. مهره‌دارانی که در خشکی زندگی می‌کنند عموما پنج زبانهٔ اصلی دارند (چهار پا و یک سر) که طبعا بیش از هر چیز با مبنای قورباغه وفق می‌دهد که البته در اینجا وجود دم نادیده گرفته شده است. اما زبانه‌ای که در مبنای قورباغه در موقعیت تبدیل شدن به سر قرار گرفته. قطور است و دستکاری کردنش راحت نیست. این کار را با یکی از چهار زبانهٔ مبنای پرنده، آسانتر می‌توان انجام داد.

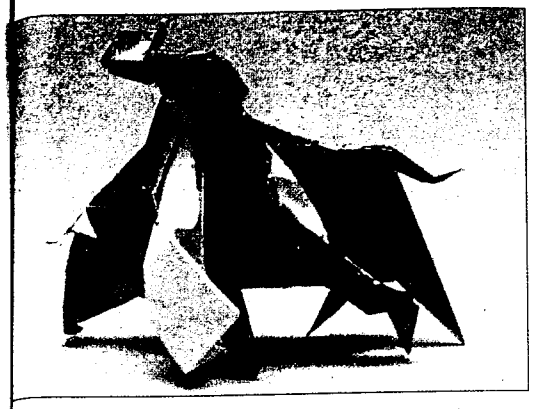


شکل ۱. مبناهای "سنتی" اریگامی به همراه نقش تازنی آنها، عبارتند از (الف) مبنای بادبادک، (ب) مبنای ماهی، (پ) مبنای پرنده، و (ت) مبنای قورباغه. (شکلها در یک مقیاس نیستند)

ولی اگر از مبنای پرنده برای ساختن یک جانور چهارپای کاغذی استفاده کنیم، ناچار خواهیم شد دو تا از پاها (معمولا پاهای عقبی) را با یک زبانه بسازیم. در سالهای دههٔ ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ انواع و اقسام جانورهای سه‌پای اریگامی، اینجا و آنجا می‌لولیدند.

نخستین شیوهٔ طراحی منظم و حساب شده، در دههٔ ۱۹۶۰ با ابداع روش تا زدنی به نام "تازنی قوطی‌وار" پدیدار شد. علت این نامگذاری آن است که در این روش، کار با تا زدن کاغذ شروع می‌شود و مرحله‌های میانی به یک رشته قوطی شباهت دارند. تازنی قوطی‌وار منجر به ایجاد برخی از عجیب‌ترین شکلهایی شده که تا کنون در اریگامی عرضه شده‌اند. یکی از نخستین نمونه‌های آنها، به نام "لحظه حقیقت لوپیو" اثر نیل الیاس است که در آن گاو و گاوباز و شنل، همگی از تا زدن یک برگ کاغذ ساخته شده‌اند. یکی از پیچیده‌ترین نمونه‌های حاصل از تازنی قوطی‌وار، "سیاه کوکوی جنگل سیاه" است. که خودم طرح کرده‌ام. در این طرح ۲۰۰ متر تا در نمونه‌ای به ارتفاع ۱۴۰ سانتیمتر وجود دارد و ساختن آن، چهار تا شش ساعت وقت می‌گیرد. در هر دوی این طرحها، مثل اغلب طرحهای دیگر تازنی قوطی‌وار، به جای مربع سنتی از مستطیلهایی با نسبت ابعاد به‌ترتیب ۳ به ۱ و ۱۰ به ۱ استفاده شده است.

شیوهٔ تازنی قوطی‌وار، طرحهای پیچیده را بر مستطیل مبتنی کرد، در حالی که روی مربع ــ یعنی شکل اولیهٔ سنتی ــ چندان کار نشد و تنها تعداد انگشت‌شماری طرح پیچیده براساس آن ساخته شد. این وضع در دههٔ ۱۹۷۰ تغییر کرد. در این سالها سه امریکایی و یک ژاپنی که مستقل از یکدیگر کار می‌کردند موفق به یافتن مجموعه‌ای از روشها و تقارنها شدند که در ایجاد نمونه‌های پیچیده بر اساس مربع به کار می‌رفت. این چهار تن عبارت بودند از: جان مونترول، مهندس و مدرس ریاضیات، پیتر انگل، نویسندهٔ مقالات علمی و معمار[1]، جون مائه گاوا دانشمند فیزیک هسته‌ای، و خودم که در رشتهٔ فیزیک لیزر کار می‌کنم. روشهایی که ما ابداع کردیم به نام



جادوی ماتادور: "لحظهٔ حقیقت لوپیو" ساخته شده از یک مستطیل ۳:۱

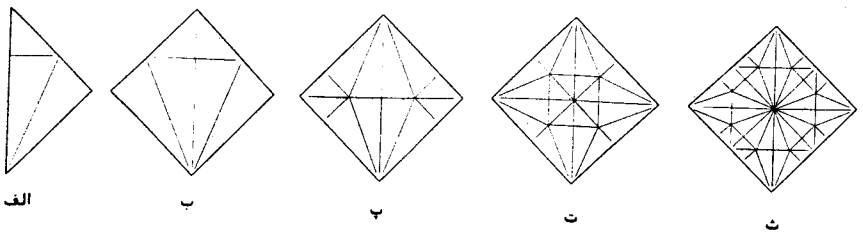
تا زنی "فنی" خوانده شده است چرا که درواقع نوعی از اریگامی است که در آن به میزان مساوی هنر و مهندسی به کار رفته است. اصول اساسی کار ما بسیار ساده بود. در چهار مبنای سنتی، نقش یکسانی در مضربهای دو، چهار، هشت و شانزده ظاهر می‌شود. در اریگامی تخصصی از گسترش همین الگو استفاده می‌شود.

این نقش تکرار شونده، مثلث قائم‌الزاویهٔ متساوی‌الساقینی است که دو تا خوردگی روی آن وجود دارد. همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود این نقش در هر یک از مبناها با ابعاد پی در پی کوچکتری ظاهر می‌شود. از کنار هم گذاشتن دو تا از این مثلثهای اساسی، یک مربع به وجود می‌آید که مبنای بادبادک را پدید می‌آورد. از چهارتای آنها مبنای ماهی درست می‌شود. از هشت‌تا، مبنای پرنده به وجود می‌آید و بالاخره با کنارهم چیدن شانزده تا می‌توان مبنای قورباغه درست کرد. این الگو کاملا ساده و روشن است. برای رسیدن به ۳۲ مثلث کافی بود چهار گوشهٔ مربع را به مرکز تا کنیم و روی شکل حاصل یک مبنای قورباغه بسازیم. در این حالت نتیجهٔ کار چیزی است که "مبنای قورباغه با تای درون‌بر" خوانده می‌شود و در چند طرح پیچیده به کار گرفته شده است.

نقش تاخوردگی‌های کاغذ، در حکم نقشهٔ راهنمایی است که نشان می‌دهد برای ساختن یک مبنا، کاغذ را چطور باید روی خودش تا کرد. در مورد مبناهای حاصل از تازنی قوطی‌وار، مبنا را می‌توان از مربع دارای تاخوردگی و با تازدن یک در میان در هر جهت، به‌وجود آورد. هر یک از مبداهای تاخوردگی‌های شعاعی روی مربع، بعدا به زبانه‌ای از مبنا تبدیل می‌شود، بنابراین برای داشتن اجزای فرعی بیشتر باید خوشه‌های شعاعی بیشتری از تاخوردگی‌ها ایجاد کرد. مبنای پرنده با تای درون بر، نه زبانهٔ اصلی دارد که خیلی بیشتر از تعدادی است که قبلا مقدور بود. نقش تاخوردگی‌ها برای طرح "خارپشت دریایی" من، که از ۱۲۸ مثلث اساسی همانند تشکیل می‌شود، شامل ۲۵ زبانه با طول مساوی است.

البته درواقع این مثلث، اساسی‌ترین واحد نیست و به نوبهٔ خود از سه مثلث کوچکتر تشکیل شده است: دو مثلث قائم‌الزاویه مختلف‌الاضلاع همانند (که نسبت اضلاع مجاور به قائمه‌شان ۱ به $\sqrt{2}+1$ است) و یک مثلث قائم‌الزاویهٔ متساوی‌الساقین (با نسبت اضلاع مجاور به قائمه ۱:۱) که متشابه با مثلث اولیه ولی کوچکتر از آن است. این دو نوع مثلث را بترتیب مثلثهای نوع **الف** و نوع **ب** می‌نامیم. این دو مثلث مکررا در اندازه‌های مختلف در سراسر نقشهای تاخوردگی

۱. ترجمهٔ مقاله‌ای به نام "اریگامی، هنر ویژهٔ ریاضیدانان" از پیتر انگل در *دانشمند*، شمارهٔ اول سال ۱۳۶۹ چاپ شده است.



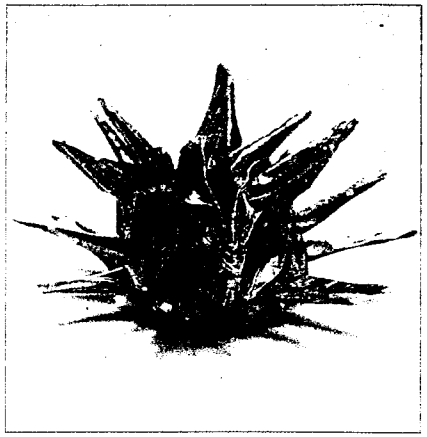
شکل ۲. مثلث (الف) با ابعاد متوالیا کوچکتری در نقشهای اساسی اریگامی تخصصی ظاهر می‌شود: در مبنای بادبادک (ب)، در مبنای ماهی (پ)، در مبنای پرنده (ت)، و در مبنای قورباغه (ث)

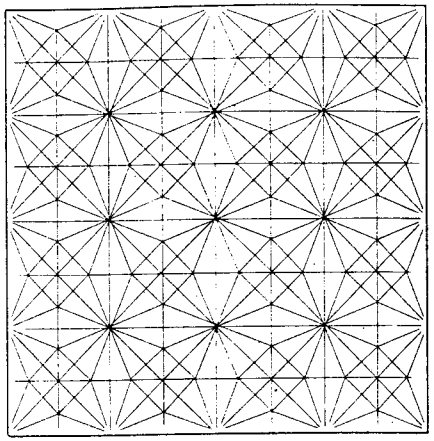
شکل ۲ و شکل ۳ ظاهر می‌شوند. این مثلثها، سنگ بنای واقعی اریگامی تخصصی هستند.

این دو مثلث برخی خواص جالب دارند. هر یک از آنها را می‌توان به دو یا چهار مثلث نظیر مثلث اولیه تجزیه کرد (شکل ۴)، بعلاوه هر مثلث را می‌توان به دو مثلث نوع الف و یک مثلث نوع ب تجزیه کرد. اگر این تقسیم‌بندی‌ها را به شیوهٔ مناسبی روی نقشهای سادهٔ تاخوردگی اعمال کنیم، زبانه‌های بیشتر و بیشتری حاصل می‌شود.

به جای تجزیه کردن مربع به مثلثهای کوچکتر وکوچکتر، می‌توانیم مثلثهای الف و ب را طوری کنارهم بچینیم که نقشهای هندسی بزرگتر و بزرگتری به دست آید. مثلا با کنار هم چیدن دو مثلث نوع الف و دو مثلث نوع ب می‌توان مستطیلی با نسبت اضلاع $1:\sqrt{7}$ ساخت. با کنار هم چیدن چهار تا از این مستطیلها می‌توان مستطیل دیگری با نسبت اضلاع $1:\sqrt{2}$ ساخت که دو محور تقارن داشته باشد (شکل ۵). از این راه می‌توانیم سنگ بناهای بزرگتری برای ساختن مبناها به‌وجود آوریم. از ترکیب مجموعه‌های بزرگتری از واحدهای اساسی می‌توانیم مبناهای پیچیده‌تری ایجاد کنیم که به نوبهٔ خود منجر به ساختن شکلهای کاغذی پیچیده‌تری خواهد شد. با یافتن ترکیبهای مختلف این مثلثها، می‌توانیم "کتابخانه‌ها"یی از نقشهای تاخوردگی با درجات بالاتر فراهم کنیم، که مثلا این کار را می‌توان

۲. در مورد "تازنی درون‌بر" نگاه کنید به *دانشمند*، شماره اول، سال ۱۳۶۹ مقالهٔ "اریگامی، هنر ویژهٔ ریاضیدانان"، صفحهٔ ۷۳.



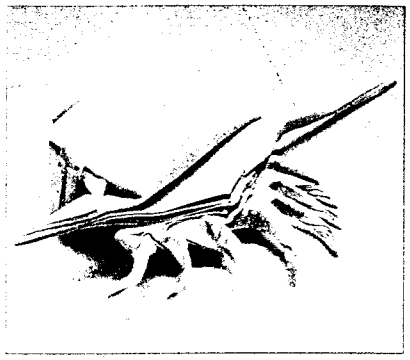


شکل۳. نقش تازنی که شکل "خارپشت دریایی" از آن پدید می‌آید شامل ۱۲۸ نمونهٔ مشابه از نقش اساسی است

برای مستطیل با نسبت اضلاع $\sqrt{3}:1$ انجام داد. به این ترتیب، مسئله طراحی مبنای اریگامی تبدیل می‌شود به مسئله "کاشیکاری" یک مربع با مثلثهای نوع الف و ب (یا ترکیبهای درجات بالاتر آنها) به طوری که برای هر یک از اجزای نمونهٔ کاغذی مطلوب، یک نقش تاخوردگی شعاعی داشته باشیم.

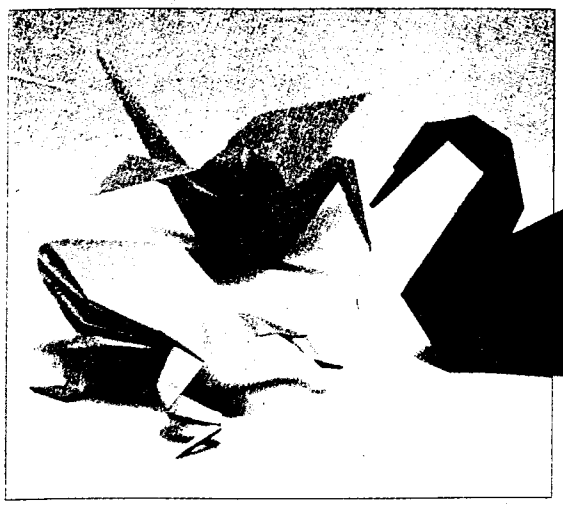
هر زبانه، یا به زبان دیگر، هر خوشهٔ شعاعی، بخشی از کاغذ مربع شکل را اشغال می‌کند که مقدارش به طول زبانه بستگی دارد. پس، مثلا با داشتن یک نقش تازنی دارای هشت خوشهٔ شعاعی هنوز معلوم نیست که حتما بتوانیم عنکبوت یا مبنای آن را بسازیم. زبانه‌هایی از مبنا که به منزلهٔ هشت‌پای عنکبوت هستند باید دارای طولی کم‌وبیش مساوی باشند و به جاهای مناسبی از تنه وصل باشند. (مثلا حالتی که در آن شش زبانه به تنه و دو زبانه به سر وصل باشند به درد نمی‌خورد.) قوانین دیگری وجود دارد که برای متساوی بودن طول زبانه‌ها و قرار گرفتن آنها در جای مناسب به کار می‌آیند.

بعضی از این قانونها بدیهی هستند. مثلا اینکه، خوشه‌ای که به سر تبدیل می‌شود و خوشه‌ای که تبدیل به دم خواهد شد، باید در دو کنارهٔ مقابل از کاغذ واقع باشند، پاهای جلو باید به سر نزدیکتر باشند تا به دم، الی آخر. به طور



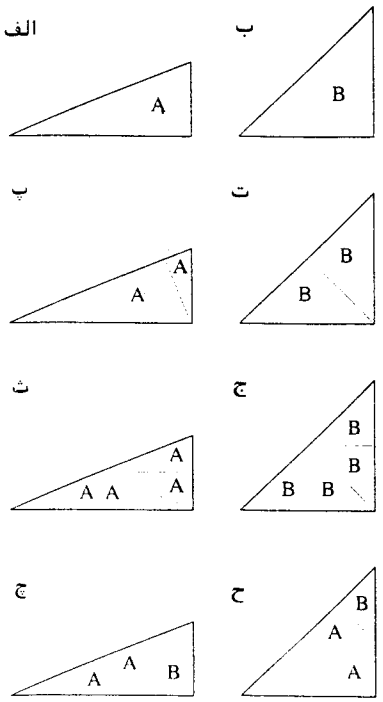
این هم نوعی جانور نرم‌تن با صدف خاردار

کلی، زبانه‌هایی که در مبنا به هم نزدیکاند، روی مربع هم باید به یکدیگرنزدیک باشند. محدودیتهای مربوط به طول، به این روشی نیست ولی در نظر گرفتن آنها آسان است. موضعی از مربع که در مبنا به صورت نوک زبانه‌ای به طول ۲ سانتیمتر در می‌آید، ناحیه‌ای به شعاع ۲ سانتیمتر دورادور خود را روی کاغذ مربع شکل اشغال می‌کند. به این ترتیب، دو خوشهٔ تازنی که قرار است زبانه‌هایی به طول دو سانتیمتر ایجاد کنند، نمی‌توانند فاصله‌ای کمتر از ۴ سانتیمتر (که مجموع طول دو زبانهٔ مذکور است) با هم



قورباغه، درنا و قو نمونه‌های قدیمی هنر اریگامی هستند

شکل۴. دو مثلث اساسی اریگامی تخصصی در (الف) و (ب) دیده می‌شوند. هر کدام از آنها را می‌توان به دو مثلث کوچکتر متشابه با خودشان تجزیه کرد (پ، ت)، یا به چهار مثلث کوچکتر متشابه با آنها (ث، ج)، یا به دو مثلث نوع "الف" و یک مثلث نوع "ب" (چ، ح)



داشته باشند. این خاصیت را به طور خلاصه چنین می‌توان بیان کرد که فاصلهٔ دو زبانه روی مربع نمی‌تواند کمتر باشد از طول کوتاهترین مسیر بین نوک آنها در مبنا.

بنابراین، در طراحی مبنا، باید ترکیبهایی از مثلثهای نوع الف و نوع ب را طوری روی مربع بچینیم که به ازای هر جزء از شکل مورد نظر، یک خوشه تازنی شعاعی داشته باشیم، و محل و فاصلهٔ نسبی این خوشه‌های تازنی با محل و طول اجزای شکل مورد نظر همخوانی داشته باشد. گرچه برای هر شکل نهایی خاص فقط یک نوع مبنا در نظر گرفته می‌شود، از هر مبنای خاص برای ساختن شکلهای متعدد و گوناگون می‌توان استفاده کرد. برای ساختن شکلی که شش عضو اصلی داشته باشد، دومستطیل $\sqrt{2}:1$ را می‌توان با دو مبنای پرنده ترکیب کرد تا نقش تازنی شکل ۶ به دست آید که براساس آن می‌توان تمساح، کوسه، کانگورو یا موش درست کرد.

با پیشرفتهایی که در فن طراحی اریگامی حاصل شده، قلمرو کار آن نیز گسترش یافته و به موارد ظریفتری کشانده شده است. همان‌طور که در علم هم اغلب پیش می‌آید. می‌بینیم که

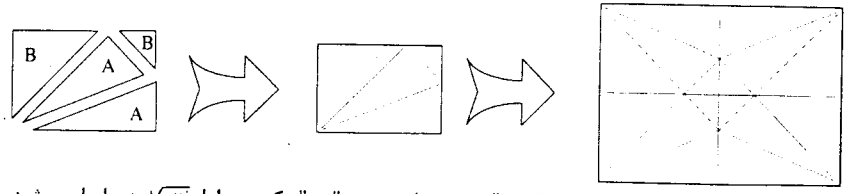
فنون به دست آمده ما را به جستجوی مسائلی برای حل کردن وامی‌دارد. توانایی به دست آمده در ساختن موجوداتی با زبانه‌های متعدد سبب می‌شود که موضوعهایی با تعداد اندامهای فرعی زیاد را برای ساختن با کاغذ انتخاب کنیم. مثلا ساختن حشرات که زمانی کاملا ناممکن تلقی می‌شد، امروزه در اریگامی امری پیش پا افتاده است. حالا دیگر برای آنکه نمونهٔ ساخته شده‌ای از جانور مفصل‌دار، واقعی جلوه کند، داشتن پا کافی نیست و مثلا باید آرواره هم داشته باشد. زمانی تصور می‌شد که آخرین حد بلندپروازی طراح اریگامی، ساختن یک خرچنگ دریایی با هشت پای دراز و نازک، دو چنگک دو شاخه، شاخکها و دم بندبند آن باشد. در سال ۱۹۷۰ خرچنگ دریایی محصول اریگامی وجود نداشت. در سال ۱۹۹۰ می‌توانید نوع دلخواه خودتان را انتخاب کنید.

به‌کارگیری شیوه‌های مهندسی در اریگامی، به این هنر در عصر حاضر اعتبار تازه‌ای بخشید. شاید این سوال مطرح شود که اریگامی در قلمرو علم چه حرفی برای گفتن دارد. اریگامی همیشه در ریاضیات تفننی مورد توجه بوده و در سال ۱۹۶۰ سهم عمده‌ای در ستون "بازیهای ریاضی" مجله *ساینتیفیک امریکن* که مارتین گاردنر تهیه کنندهٔ آن بود به خود اختصاص داد. اریگامی نخستین بار در سال ۱۹۶۹ به قلمرو مهندسی پای گذاشت. در این سال، دانشمندی به نام جن ماپر از آزمایشگاههای پژوهشی هیوز مقاله‌ای منتشر کرد که طی آن نشان داد از اریگامی می‌توان در مشابه‌سازی دستگاههای نوری استفاده کرد. همین یک سال پیش، آلن هوانگ، پژوهشگری از آزمایشگاههای شرکت مخابراتی بل (امریکا) روشی

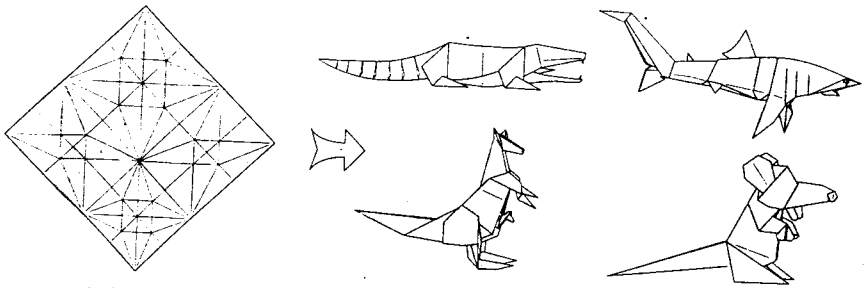
پرندهٔ عجیب: "ساعت کوکوی جنگل سیاه" ساخته شده از یک مستطیل ۱۰:۱۰

به نام "اریگامی محاسباتی" ابداع کرد که در طراحی کامپیوترهای نوری به کار گرفته می‌شود. پرداختن به بهره‌گیری در جهت عکس نیز جای تامل دارد. آیا می‌توان از کامپیوتر برای طراحی شکلهای اریگامی استفاده کرد؟

چنین انتظاری چندان بیجا نیست. اغلب روشهای طراحی به دست آمده را می‌توان به صورت آلگوریتم درآورد، مثلا برای داشتن N پا، این M مرحله را دنبال کنید. "سیستمهای خبرهٔ" کامپیوتری تاکنون در تشخیص بیماریها و مکانیابی حوزه‌های نفتی کارآمد بوده‌اند، بدون تردید، طراحی یک پرندهٔ کاغذی بال‌دار



شکل ۵. از ترکیب دو مثلث نوع "الف" و دو مثلث نوع "ب" یک مستطیل $\sqrt{2}:1$ حاصل می‌شود. چهار تا از این مستطیلها یک مستطیل $\sqrt{2}:1$ دیگر به وجود می‌آورند که می‌توان آن را با نقشهای تازنی دیگر ترکیب کرد و مبناهای پیچیده‌تری به دست آورد.



شکل ۶. از ترکیب دو مستطیل $\sqrt{2}:1$ و دو مبنای پرنده، نقش‌تازنی برای یک مبنای شش زبانه‌ای به‌وجود می‌آید که در ساختن تمساح، کوسه، کانگورو و موش به کار می‌رود.

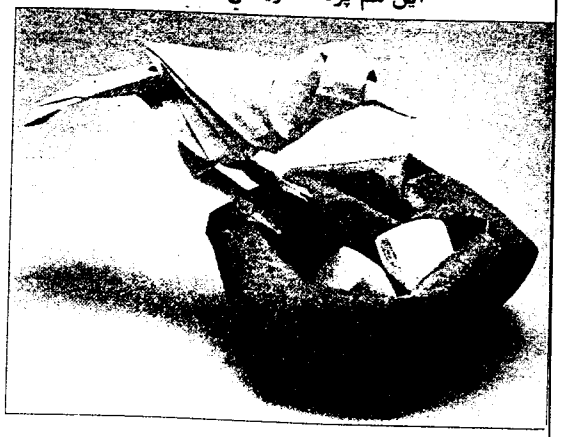
کار پیچیده‌تری نیست.

درواقع، این کار هم اکنون صورت گرفته است. در سال ۱۹۷۱، آرتور آپل، پژوهشگری از موسسهٔ آی. بی. ام، برنامه‌ای برای یکی از کامپیوترهای "سیستم ۳۶۰" تهیه کرد که شکلهای هندسی سادهٔ کاغذ تاشده را ترسیم کند. نوزده درصد موارد ناموفق منظور شد (البته باید دید که شکل هندسی به چه تعبیر "موفق" به حساب می‌آید)، ولی در اینجا سوال جالبی مطرح می‌شود: آیا ممکن است روزی کامپیوتر مدلی برتر از آنچه بشر طراحی می‌کند، طراحی کند؟ کسانی که در اریگامی تخصصی کار می‌کنند بخش عمده‌ای از روند طراحی را به صورت آلگوریتم درآورده‌اند که طبعا براحتی می‌توان آنها را در کامپیوتر به کار گرفت. البته باید گفت که کارشناسان اریگامی با این کار مقدمات کنار رفتن خود از صحنه را تدارک می‌بینند.

در هر صورت، گرچه کامپیوتر علی‌الاصول می‌تواند مبناهایی بمراتب پیچیده‌تر از آنچه از انسان بر می‌آید، طرح کند (مثلا نمونهٔ کاغذی مجسمهٔ *دروازهٔ جهنم*، اثر رودن) موضوع تا کردن کاغذ نیز به نوبهٔ خود مسئلهٔ دیگری است. کاغذ ضخامت محدودی دارد و براحتی پاره می‌شود. در پیشرفته‌ترین نمونه‌هایی که تاکنون در اریگامی تخصصی طرح شده، از آخرین حد مقاومت کاغذ در مقابل پارگی استفاده شده است. اگر ملاحظهٔ این محدودیتهای کاغذ نبود، ۲۵ زبانهٔ خارپشت دریایی را براحتی می‌شد به ۳۶ یا ۴۹ یا تعداد زبانه‌های بیشتری افزایش داد. کامپیوتر قاعدتا باید بتواند مجسمهٔ *دروازهٔ جهنم* را با تمام اجزا و جزئیاتش طراحی کند، ولی این مجسمهٔ کاغذی، مجال جلوه‌گری نخواهد یافت، زیرا در نیمه‌های راه، کاغذ جر خواهد خورد.

یک دلیل دیگر هم برای این ادعا وجود دارد که اریگامی احتمالا در قلمرو اختصاصی کار انسان باقی خواهد ماند. کامپیوتر را می‌توان طوری برنامه‌ریزی کرد که در کار طراحی کارآمد باشد، زیرا "کارایی" خصلتی است که می‌توان آن را در قالب کمیت بیان کرد. اما کیفیت "هنری" چنین نیست. شاید مهندسی کار را آسانتر کرده باشد، و شاید علم چشم‌اندازهای تازه‌ای گشوده باشد، اما اریگامی همچنان یک هنر است. در تمام مدت طراحی یک نمونه اریگامی تصمیمهای هنرمندانه‌ای باید گرفته شود و کسی که به این کار مشغول است، چه متخصص باشد و چه نباشد، با تمام وجود درگیر آن خواهد بود. □

این هم پرندهٔ اریگامی با لانهٔ تخمهایش



New Scientist, 23/30 Dec. 1989