



**ORIMAN**  
Origami Pro Center

مرکز تخصصی اوریگامی اوریمان

## مسئله تا کردن کاغذ



مسئله تا کردن کاغذ

آیا می‌دانید یک کاغذ را چند بار می‌شود تا کرد؟

شاید این سوال برای شما هم پیش آمده باشد، پیشنهاد می‌کنیم برای رسیدن به جواب با ما همراه شوید.

یک برگه کاغذ A4 بردارید و آن را از وسط تا کنید و دوباره آن را از وسط تا کنید و برای بار سوم تقریباً به ضخامت ناخن انگشتان خواهد شد. اگر می‌توانید به تا کردن ادامه دهید خواهید دید در هفتمین تا، کاغذ به ضخامت یک دفترچه درخواهد آمد. اگر شما قادر باشید که تا ده بار کاغذ را تا کنید به ضخامت دست شما خواهد رسید.

متأسفانه ممکن نیست که بتوان بیش از تقریباً ۱۲ بار تا کردن را ادامه داد. می‌توانید امتحان کنید. در تای هفدهم ضخامت آن نزدیک به یک خانه‌ی دو طبقه می‌شود. سه تای دیگر ضخامت را به یک چهارم یک برج ۴۴۰ متری می‌رساند. با ۱۰ تای دیگر از اتمسفر خارج می‌شود. در شصتمین تا، قطر منظومه شمسی را خواهد داشت و در صدمین تا، شعاع کل جهان را خواهد داشت. شاید این موضوع نامعقول به نظر برسد.

موضوع تا کردن کاغذ بیش از هفت یا هشت بار به نحوی که می‌توان از کاغذی به هر شکل یا اندازه استفاده کرد یک چالش مشهور بود که برای سالها مورد بحث افراد گوناگون از جمله ریاضی‌دانان قرار داشت.

بالاخره Britney Gallivan توانست مسئله تا کردن کاغذ را حل کند.

او این موضوع را مطرح کرده بود که می‌توان به تا زدن (ازوسط) را تا ۱۲ بار انجام داد. بعد از انجام آزمایش‌های گسترده او یک ورقه‌ی طلا را ۱۲ بار تا زد و رکورد را شکست. وی برای این کار از روش تا زدن جهت جایگزین (alternate directions) استفاده کرد. اما این چالش دوباره برای تا زدن یک قطعه کاغذ مطرح شد.

او مسئله را مطالعه کرد و اولین نفری بود که توانست علت اصلی محدودیت‌ها را بفهمد. او سپس معادله محدودیت تا زدن را برای هر اندازه‌ی داده شده استخراج کرد.

معادله‌های محدودیت برای تا زدن در یک جهت یا در جهت جایگزین بدست آمده بود که از یک نوار بلند کاغذ استفاده می‌شد. امتیازات هر دو رویکرد در تا زدن بحث شده اما برای تعداد زیاد تا، تا زدن در یک جهت کاغذ کمتری می‌خواهد. محدودیت تا کردن در یک جهت، بر اساس اثرهای محدود کننده جمع شونده، که ناشی از هر تا در فرآیند تا زدن است ایجاد می‌شود.

برای تا زدن در یک جهت معادله دقیق محدودیت به صورت زیر تعریف می شود:

$$L = \frac{\pi \cdot t}{6} \cdot (2^n + 4)(2^n - 1)$$

که  $L$  مینیمم طول ممکن،  $t$  ضخامت و  $n$  تعداد تاها می باشد.  $L$  و  $t$  باید از یک جنس باشند.

قوانین و تعاریف دقیق توسط Britney برای فرآیند تا زدن تعریف شده اند. یک قانون این است که: برای کاغذی که قرار است  $n$  دفعه تا زده شود، باید به طور دقیق مستند و به طور مستقل تأیید شود که  $2n$  لایه منحصر به فرد در یک خط مستقیم قرار گرفتند. بخش هایی که با این معیار مطابقت ندارند به عنوان بخش های تا شده محسوب نمی شوند.

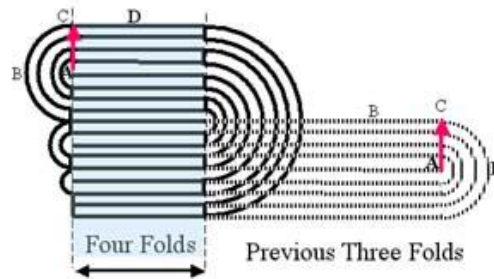


Diagram showing part of a rotational sliding folding sequence

معادله محدودیت تا زدن جهت جایگزین:

$$W = \pi t 2^{3(n-1)/2}$$

معادله بالا پهنای "W" یک قطعه مربعی را می دهد که ایجاب میکند یک قطعه کاغذ  $n$  دفعه به صورت تا زدن در جهت جایگزین، تا شود. معادله واقعی برای تا زدن جایگزین پیچیده تر از این معادله است. اما فرمول بالا نسبتاً فرمول ساده ایست که محدودیتی بدست می دهد که از آن نمی توان تخطی کرد و بسیار نزدیک به محدودیت حقیقی است.