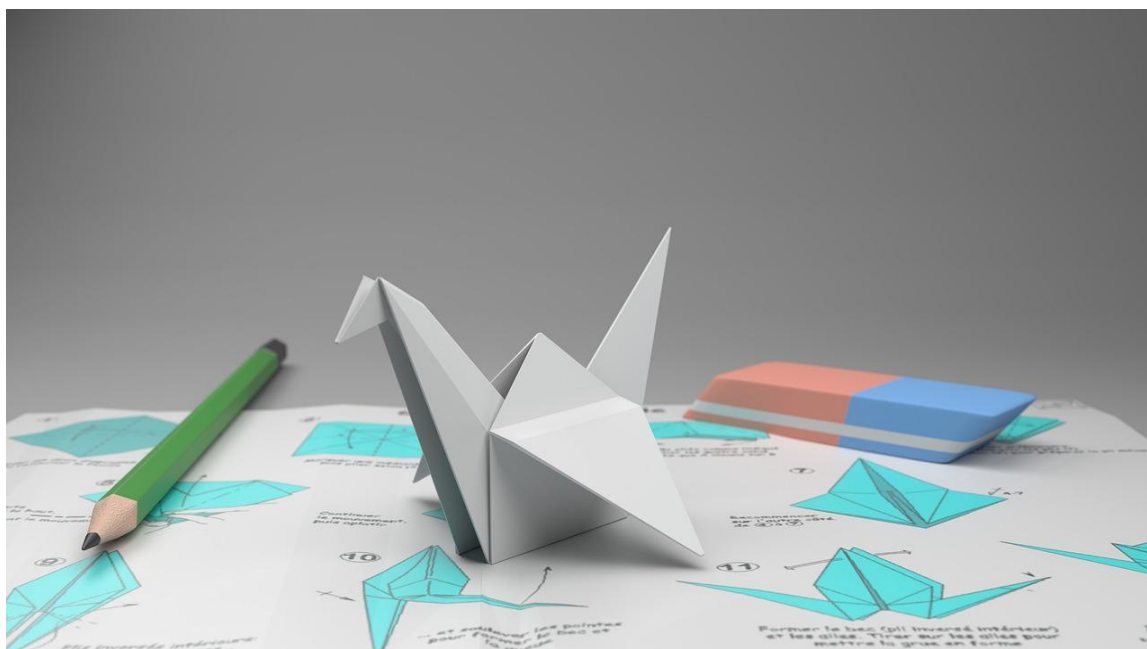


Η ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ORIGAMI

Η τέχνη του διπλώματος χαρτιού έχει νέες απρόσμενες εφαρμογές στη διαστημική, την αρχιτεκτονική, ακόμη και το ανθρώπινο σώμα. Η **Maya Wei-Haas** σε άρθρο της στο **National Geographic** περιέγραψε τις εκπληκτικές δυνατότητες που προσφέρονται πλέον για τη χειραγώγηση του σχήματος, της κίνησης και των ιδιοτήτων όλων των ειδών των υλικών: φίλτρα μάσκας προσώπου, το πλαστικό των καγιάκ, ακόμη και ζωντανά κύτταρα.

Η τέχνη του **οριγκάμι** υπάρχει στην Ιαπωνία τουλάχιστον από τον 17ο αιώνα, αλλά με ενδείξεις ότι το δίπλωμα του χαρτιού υπήρχε πολύ νωρίτερα. Αρχικά, τα μοντέλα ήταν απλά και επειδή το χαρτί ήταν ακριβό, χρησιμοποιούνταν κυρίως για τελετουργικούς σκοπούς, όπως οι αρσενικές και θηλυκές χάρτινες πεταλούδες, γνωστές ως Ocho και Mecho, που στολίζουν τα μπουκάλια σάκε στους γάμους του Σίντο. Καθώς οι τιμές του χαρτιού έπεφταν, οι χρήσεις του origami εξαπλώθηκαν σε περιτυλίγματα δώρων, παιχνίδια, ακόμη και σε μαθήματα γεωμετρίας για παιδιά.

Στη συνέχεια, στα μέσα του 20ου αιώνα, ο δάσκαλος του οριγκάμι **Akira Yoshizawa** βοήθησε να αναδειχθεί το δίπλωμα χαρτιού σε υψηλή τέχνη. Έδωσε ζωή και προσωπικότητα σε κάθε πλάσμα που σχεδίασε, από έναν γορίλα με αυστηρό πρόσωπο που αγκριοκοιτάζει μέσα από βυθισμένα μάτια μέχρι ένα μωρό ελέφαντα που κουνάει χαρούμενα τον κορμό του. Με τη δημοσίευση του πρώτου του βιβλίου origami το 1954, ο Yoshizawa έκανε επίσης τη μορφή τέχνης πιο προσιτή, καθιερώνοντας μια εύκολα κατανοητή γλώσσα από διακεκομμένες γραμμές, παύλες και βέλη που συνέβαλε στα συστήματα που χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα.



Στα τέλη της δεκαετίας του 1950, οι λεπτεπίλεπτες φόρμες του Yoshizawa ενέπνευσαν **την Tomoko Fuse**, μια από τις σημαντικότερες καλλιτέχνιδες origami στην Ιαπωνία. Ο πατέρας της, της έδωσε το δεύτερο βιβλίο origami του Yoshizawa όταν ανάρρωνε από διφθερίτιδα στην παιδική της ηλικία. Η Fuse κατασκεύαζε μεθοδικά κάθε μοντέλο και από τότε έχει ενθουσιαστεί με το origami. Μεταξύ των πολλών επιτευγμάτων της, η Fuse είναι διάσημη για τις προόδους της στο αρθρωτό origami, το οποίο χρησιμοποιεί αλληλοσυνδεόμενες μονάδες για τη δημιουργία μοντέλων με μεγαλύτερη ευελιξία και πιθανή πολυπλοκότητα. Αλλά θεωρεί ότι η δουλειά της δεν έχει να κάνει τόσο με τη δημιουργία όσο με την ανακάλυψη κάτι "σαν κυνηγός θησαυρών", όπως λέει.

Πράγματι, το οριγκάμι αξιοποιεί τα μοτίβα που αντηχούν σε όλο το σύμπαν, τα οποία παρατηρούνται σε φυσικές μορφές, όπως τα φύλλα που αναδύονται από ένα μπουμπούκι ή τα έντομα που σφίγγουν τα φτερά τους. Ωστόσο, για να γίνουν επιστημονικά χρήσιμες αυτές οι εξαιρετικές πτυχές, οι ερευνητές πρέπει όχι μόνο να ανακαλύψουν τα μοτίβα αλλά και να κατανοήσουν τον τρόπο λειτουργίας τους. Και αυτό απαιτεί μαθηματικά. Η τοποθέτηση αριθμών στα ενδιαφέροντα μοτίβα του οριγκάμι έχει από καιρό καθοδηγήσει το έργο του **Thomas Hull**, μαθηματικού στο Πανεπιστήμιο Western New England στο Springfield της Μασαχουσέτης. Το τμήμα μαθηματικών του σχολείου του είναι μοναδικό στον χώρο. Η πόρτα στο τέλος του διαδρόμου είναι μισάνοιχτη, αποκαλύπτοντας έντονα χρωματιστά χαρτιά διπλωμένα σε κάθε είδους

γεωμετρικά σχήματα. Τα μοντέλα γεμίζουν κάθε γωνιά του μικρού δωματίου - κρέμονται από το ταβάνι, κοσμούν τα ράφια με τα βιβλία και περιβάλλουν τον επιτραπέζιο υπολογιστή. Ο ίδιος ο Hull είναι μια πανδαισία χρωμάτων και σχεδίων, μαύρες και λευκές σπείρες χορεύουν στα παπούτσια του, τα οποία είναι δεμένα με μωβ κορδόνια. Τον γοητεύουν εδώ και καιρό τα σχέδια και θυμάται ακόμα να ξεδιπλώνει έναν χάρτινο γερανό σε ηλικία 10 ετών και να θαυμάζει τις διατεταγμένες τσακίσεις στο επίπεδο φύλλο. Υπάρχουν κανόνες που επιτρέπουν να λειτουργήσει αυτό. Ο Hull και άλλοι έχουν περάσει δεκαετίες προσπαθώντας να κατανοήσουν τα μαθηματικά που διέπουν τον κόσμο του οριγκάμι.

Καθώς συζητούν ο Hull βγάζει μια σειρά από μοντέλα που είναι διπλωμένα σε ενδιαφέροντα σχήματα ή κινούνται με απροσδόκητους τρόπους. Το ένα είναι ένα απίθανο φύλλο διπλωμένο με κορυφογραμμές ομόκεντρων τετραγώνων, οι οποίες αναγκάζουν το χαρτί να συστρέφεται σε μια κομψή στροφή γνωστή ως υπερβολικό παραβολοειδές. Ένα άλλο είναι ένα φύλλο διπλωμένο σε μια σειρά από βουνά και κοιλάδες που ονομάζεται **μοτίβο Miura-ori**, το οποίο καταρρέει ή ανοίγει με ένα μόνο τράβηγμα. Το μοτίβο αυτό, που επινοήθηκε από τον αστροφυσικό Koryo Miura τη δεκαετία του 1970, χρησιμοποιήθηκε για τη συμπίκνωση των ηλιακών συλλεκτών της ιαπωνικής μονάδας Space Flyer, η οποία εκτοξεύτηκε το 1995.

Στα χρόνια που ακολούθησαν, το οριγκάμι έχει εφαρμοστεί σε πολλούς διαφορετικούς τύπους υλικών, συμπεριλαμβανομένων μικροσκοπικών φύλλων κυττάρων. Αυτό το ασυνήθιστο μέσο επικαλύπτει την αυτοπυρσόμενη δομή που δημιούργησε η **Kaori Kuribayashi-Shigetomi** στο Πανεπιστήμιο Hokkaido. Όταν εξετάζονται, τα κύτταρα συστέλλονται, μετατρέποντας επίπεδες δομές σε κυτταρικά "τουβλάκια Lego", όπως λέει, που θα μπορούσαν μια μέρα να βοηθήσουν στην ανάπτυξη οργάνων.

Παρά τη σημερινή δημοτικότητα του οριγκάμι στην επιστήμη και την τεχνολογία, οι πρώτες προσπάθειες των ερευνητών για αναδίπλωση συνάντησαν αντίσταση. Ο Hull θυμάται ακόμη μια συζήτηση που είχε το 1997 με έναν υπεύθυνο προγράμματος του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών (**NSF**), ενός κυβερνητικού οργανισμού των ΗΠΑ που υποστηρίζει την έρευνα και την εκπαίδευση. Ο Hull περιέγραφε ένα πιθανό έργο, όταν ο υπεύθυνος του προγράμματος τον διέκοψε για να του πει ότι το NSF δεν θα χρηματοδοτούσε ποτέ "μια ερευνητική πρόταση με origami στον τίτλο".

Αυτός ο σκεπτικισμός δεν περιοριζόταν μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι άνθρωποι στην Ιαπωνία συχνά θεωρούν το οριγκάμι παιδικό παιχνίδι. Όμως αυτή η αντίληψη έχει αλλάξει τις τελευταίες δύο δεκαετίες, με το NSF να πρωτοστατεί σε μεγάλο βαθμό στην αλλαγή αυτή. Το 2011 το NSF εξέδωσε την πρώτη από τις δύο προσκλήσεις για υποβολή προτάσεων που συνδυάζουν το οριγκάμι με την επιστήμη, και ομάδες ερευνητών συνέρρευσαν για να υποβάλουν ιδέες. Η κίνηση αυτή έδωσε νομιμότητα στον αναπτυσσόμενο τομέα και η χρήση του οριγκάμι στην επιστήμη άνθισε.

Το οριγκάμι ξεπερνά πλέον τα όρια του τι οι επιστήμονες θεωρούν εφικτό, ιδιαίτερα στις πιο μικρές κλίμακες. Ο **Marc Miskin**, ηλεκτρολόγος μηχανικός στο Πανεπιστήμιο της Πενσυλβάνια, μέσα στον ευάερο προθάλαμο του Κέντρου Νανοτεχνολογίας Singh της UPenn, κοιτάζει μέσα από έναν φωτεινό πορτοκαλί γυάλινο τοίχο σε μια σειρά από δωμάτια όπου άνθρωποι κάθονται σε μικροσκοπία ή εργάζονται κάτω από απορροφητήρες. Ο Miskin και οι φοιτητές του χρησιμοποιούν το καθαρό δωμάτιο για να δημιουργήσουν έναν στρατό από ρομπότ που δεν είναι μεγαλύτερα από ένα κόκκο σκόνης. Τέτοια μικροσκοπικά ρομπότ απαιτούν μεγάλη δημιουργικότητα. Τα γρανάζια και οι περισσότεροι άλλοι μηχανισμοί με κινούμενα μέρη λειτουργούν καλύτερα στον κόσμο του ανθρώπινου μεγέθους, όπου κυριαρχούν η ορμή και η αδράνεια, εξηγεί ο Miskin. Αλλά αυτό δεν ισχύει σε μικροσκοπικές κλίμακες, όπου οι δυνάμεις όπως η τριβή είναι τεράστιες και προκαλούν την προσκόλληση των πάντων. Τα γρανάζια δε γυρίζουν. Οι τροχοί δεν περιστρέφονται. Οι ιμάντες δεν τρέχουν.

Εδώ έρχεται το οριγκάμι. Τα μοτίβα διπλώματος θα λυγίζουν και θα κινούνται με τον ίδιο τρόπο σε οποιοδήποτε μέγεθος, τουλάχιστον θεωρητικά. Τα ρομπότ του Miskin, που δημιουργήθηκαν με τις ίδιες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τσιπ υπολογιστών, μοιάζουν με χοντρές νιφάδες με χέρια και πόδια. Όταν εκτίθενται σε ένα ερέθισμα, όπως η τάση, τα άκρα τους λυγίζουν, βοηθώντας τα να περπατήσουν μέσα από μια σταγόνα σε μια γυάλινη διαφάνεια ή να χαιρετήσουν μια περαστική αμοιβάδα. Ο Miskin βλέπει έναν κόσμο πιθανών τρόπων με τους οποίους θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα μικροσκοπικά ρομπότ, από την κατασκευή μέχρι την ιατρική. Προς το παρόν, όμως, η υπέρβαση των ορίων είναι το πιο σημαντικό γι' αυτόν. "*Αν κυνηγήσετε δύσκολα προβλήματα*", λέει, "*θα ανταμειφθείτε με ενδιαφέρουσα τεχνολογία*".

Το οριγκάμι υπόσχεται πολλά για τη βιοϊατρική. Για παράδειγμα, μια ομάδα με επικεφαλής την Daniela Rus, διευθύντρια του Εργαστηρίου Επιστήμης Υπολογιστών και Τεχνητής Νοημοσύνης του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης, ανέπτυξε ένα ρομπότ που μπορεί να διπλώνει για να χωράει σε μια κάψουλα χαπιού. Μετά την κατάποση της κάψουλας, το ρομπότ ξεδιπλώνεται και μπορεί να κατευθυνθεί

γύρω από το πεπτικό σύστημα χρησιμοποιώντας προγραμματιζόμενα μαγνητικά πεδία. Μια αρχική δοκιμή έδειξε μια πιθανή χρήση: την αφαίρεση μπαταριών από το στομάχι, μια δυνητικά θανατηφόρα κατάσταση που αντιμετωπίζουν χιλιάδες παιδιά κάθε χρόνο. *"Φανταστείτε την ενσωμάτωση φαρμάκων ή τη χρήση του για να επιδιορθώσετε μια πληγή", λέει ο Rus. "Φανταστείτε ένα μέλλον με χειρουργικές επεμβάσεις χωρίς τομές, χωρίς πόνο και χωρίς κίνδυνο μόλυνσης".*

Αυτού του είδους τα μεγάλα όνειρα είναι εκεί που το οριγκάμι φαίνεται να βοηθά στην άνθηση της επιστήμης. Η σεβάσμια μορφή τέχνης έχει προσφέρει μια νέα εργαλειοθήκη για να πυροδοτήσει τη φαντασία και να δημιουργήσει τεχνολογίες που κάποτε θεωρούνταν αδύνατες, όπως ένα καγιάκ που διπλώνει, αρκετά μικρό για να χωρέσει στο πορτμπαγκάζ ενός αυτοκινήτου. Προς το παρόν, το οριγκάμι θα συνεχίσει να προκαλεί θαυμασμό και ενθουσιασμό καθώς ωθεί την επιστήμη, την ιατρική και την τεχνολογία στο μέλλον.

ΠΗΓΕΣ: <https://www.apeiro.gr/epistimi/mathimatika/origami-fernei-epanastasi-se-tehnologia-iatriki-kai-diastrima>

<https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/origami-driving-futuristic-technologies-feature>