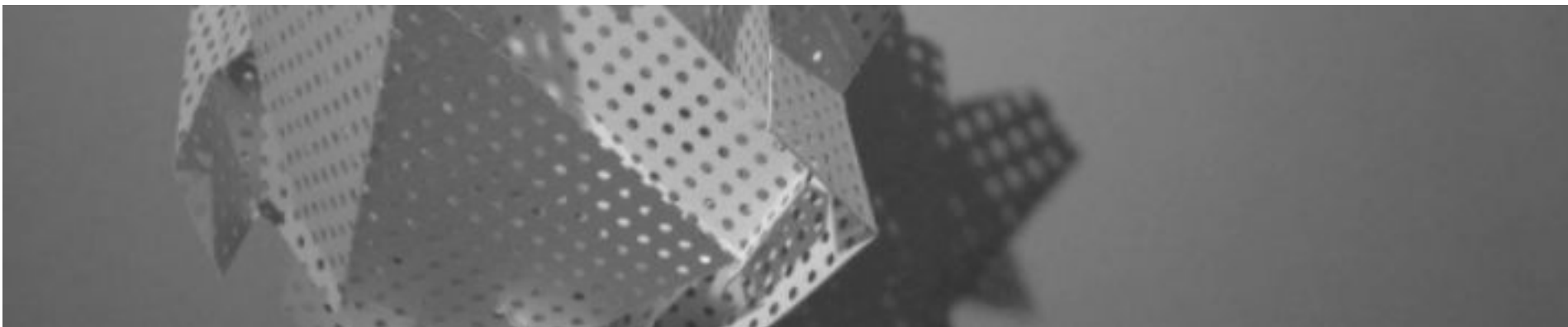


Trifold / Hajtogató-tömörítő algoritmus

Ábrahám Bálint Máté, Boros Anna Eszter, 2018 BME Építészmérnöki Kar TDK Képzőművészet Szekció
Konzulens: Üveges Gábor PhD, egyetemi docens, Rajzi és Formaismereti Tanszék

I / Koncepció

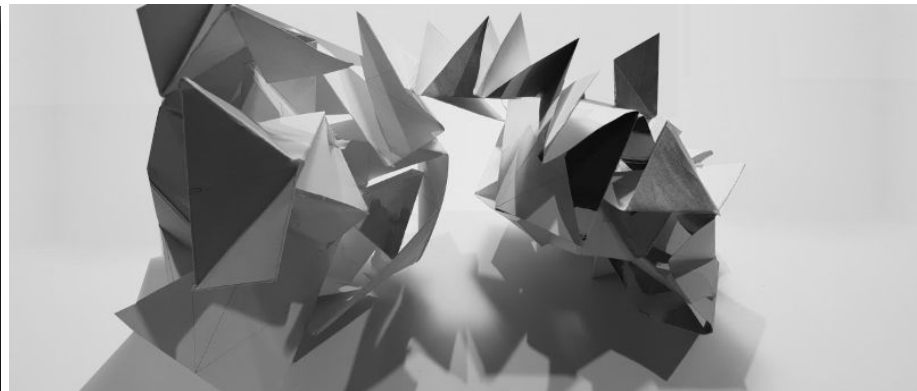


Jelen pályamunkánk koncepciója egy, az egyetemi tanulmányaink keretében tavasszal megoldott iskolai feladat, a *'folding'* tantárgy féléves modelljének alapötletéből származik. Ennek a modellnek a készítése során egy adott (a féléves modell esetében A/2-es méretű) felületet igyekeztünk léptékében kisebb méretű térbeli alakzatba hajtogatni úgy, hogy közben egy előre kiszerkesztett minta mentén vágtuk fel azt. Ez a minta különböző arányú szabálytalan négyszögekből állt, amik sorokba voltak rendezve. Az egyes sorok között egy 'megmaradó' szakasz kivételével minden négyzet mentén végig kellett vágni a felületet. A megmaradó szakasz biztosította a sorok közti folytonosságot.

A négyszögek sorait ezek után három szabályt követve hajtogattuk egymásra: egyrészt a térbeli modell különböző nézeteinek kellőképpen változatosnak kellett lenniük - azaz a kis négyszögek közelében mindig kellett nagyobb négyszögeknek lenniük, és fordítva; másrészt a modellnek tömörnnek kellett lennie, azaz az eredeti felület léptékénél kisebb léptékkel kellett bírnia. A harmadik szabály annyiban állt, hogy a modell lehetőleg csak él vagy pont mentén érintkezzen az alatta lévő felülettel - azaz meg kellett tudnia állni a 'lábain'. Ezeket a szabályokat a megérzésünk révén érvényesítettük: a modellt lassú és gondos munkával, az észlelt szabálytalanságot folyamatosan korrigálva hajtogattuk ki. Mivel ezek a szabályok pontos geometriai viszonyokkal nem írhatóak le, ez a modell egy 'kiismerhetetlen rendszer' benyomását keltette bennünk.

A kiismerhetetlen rendszer fogalmából érdekes kérdések következtek: *'Vajon reprodukálható-e a megalkotott modell, és ha igen, akkor milyen módon?'* A következő kérdés az volt: *'Vajon megfogalmazhatóak-e pontosan azok a reprodukáláshoz szükséges szabályok, amik a folding modellünk lényegét adják?'* . Az ilyen problémafelvetések végsősoron mind az alábbi nagy alapkérdésre vezethetőek vissza: *'Vajon hogyan kell káoszt tervezni?'* . A *trifold* algoritmus koncepciója erre az alapkérdésre szánt válasz. Minden *trifold* makett tulajdonképpen az évközi *folding* makett 'kiismerhetetlen rendszerét' fogalmazza újra olyan egzakt szabályok segítségével, amik által az eredeti maketten túlmutató formák is létrejöhetnek.

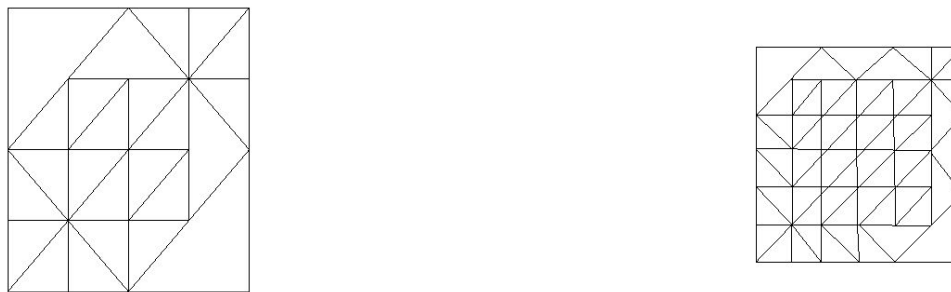
II / Inspiráció



Hogy megtaláljuk a készítendő maketthez megfelelő alapmodulokat, a tervezés korai szakaszában különböző sokszöghálókkal kísérleteztünk, amelyek közül végül a háromszögeket tartottuk a feladatra legalkalmasabbaknak. Ez volt a kézenfekvő megoldás is, hiszen a háromszögháló a legegyszerűbb, és talán a legáttekinthetőbb síkbeli háló is. Ebben a tervezési szakaszban fogalmazódott meg először a *trifold* definíciója is: a *trifold* olyan térbeli formává hajtogatott síkbeli háromszögháló, aminek alkotó háromszögei változatos méretűek, befoglaló formája a kiindulási felületénél kisebb léptékű, és az alatta lévő felülettel pont vagy él mentén érintkezik, tehát lábakon áll. Ez a definíció követelményként fogalmazza meg az összes olyan szabályt, amit az előképként használt *folding* makettnél még csak érzésre alkalmaztunk.

A fenti definíció azonban még nem adott egyértelmű irányt a tervezésnek: a háromszöghalók végtelenül sokféle módon szerkeszthetőek, arányaikban, méreteikben különböznek, a vágási és hajtogatási módszerekből pedig beláthatatlanul sokféle létezhet. Rájöttünk arra, hogy ahhoz hogy a *trifold* egy jól kezelhető rendszer lehessen, szükséges egy ‘recept’, ami a benne lévő elemek végső térbeli helyét valamilyen paraméter alapján - pl. méret, helyzet, sorrend - egyértelműen ki tudja majd jelölni: más szavakkal fogalmazva szükségünk volt egy algoritmusra.

A megfelelő algoritmust keresve találtunk rá a *trifold* makettünk meghatározó természeti előképeire, a kronoszómákra. Ezek a különleges óriásmolekulák a biológiai *folding* egy szélsőséges példáját valósítják meg. Különleges szerkezetüknek köszönhetően a tömörítendő DNS-lánc - aminek eredeti hosszúsága 1,8 m lenne - pár μm -esre zsugorítható. Ennek a különleges szerkezetnek a vázát a hisztonoknak nevezett fehérjék adják, amik egymáshoz kapcsolódva a vékony DNS-szakaszt feltekert állapotban tartó stabil struktúrát hoznak létre. Nyolc összekapcsolódó hiszton a rájuk tekert láncsal együtt már nukleoszómának neveznek, a kromoszóma pedig a sorba kapcsolt nukleoszómák összességéből áll össze. Az volt az ötletünk, hogy amennyiben egy kellőképpen sokféle háromszöget tartalmazó hálót fel tudunk rajzolni, a legnagyobb elemekre úgy lehetne feltekerni a legkisebb elemekből képzett láncot, mint ahogy a hisztonokra a DNS-t.



Az elemi *trifold* végleges formája tulajdonképpen két hiszton és a közöttük lévő DNS-lánc kapcsolatát modellezi: a meghajtogatandó felület széleire szerkesztett nagyméretű háromszögekhez (amik a tartóelemek funkcióját látják el) kisméretű háromszögekből álló lánc kapcsolódik, ami lefedi a felület maradék részét. Ez a lánc három szakaszból áll: ezek közül kettőt a hozzá legközelebbi tartóelemre kell feltekerni, a harmadik, középen lévő szakasz pedig a tartóelemek közötti kapcsolatot adja, és viszonylag szabadon mozgatható, így a makett formáját alapvetően befolyásolja. A kígyózó háromszöglánc egyes kanyarainál előfordulnak kiugró elemek is: ezek, mivel szabadon mozgathatóak és nem képezik részét a hozzájuk kapcsolódó láncnak, a hajtogatás során a különböző elemek egymáshoz rögzítésében játszanak majd szerepet.

Azoknak a háromszöghálóknak a szerkesztése, amikből a *trifoldok* kerülnek majd kihajtogatásra, három paramétertől függ: egyrészt a meghajtogatandó négyszög átlójának hosszától és dőlésszögétől, másrészt pedig egy szabadon megválasztható modulmérettől, ami a kis és nagy háromszögek méretét egyaránt megadja. Mivel a szerkesztés 'fővonala' mindig az adott négyszög átlója, ez pedig a különböző oldalárányú négyszögeknél mindig különbözik, azt is lehet mondani hogy az elemi *trifold* tetszőleges arányú felületből meghajtogatható. A szabadon megválasztható modulméret révén pedig - mivel ezeken múlik a háromszögek oldalmérete - egy adott felületre tetszőlegesen aprólékos háló szerkeszthető. Ezáltal kisebb modulmérettel több, nagyobb modulmérettel pedig kevesebb háromszöget fog tartalmazni az adott felületből hajtogatott *trifold*.

A fentiekben leírtak pontosan bemutatták a *trifold* makettek háromszöghálójának belső rendszerét, ami a szabályok követésével algoritmikusan megszerkeszthető. Ennek a mintának a megszerkesztésében merül ki a hajtogató-tömörítő algoritmusunk első és legfontosabb része. A minta felszerkesztésével már a makett meghajtogatása előtt változatossá válik a kiindulási felület, mivel egyaránt megtalálhatóak lesznek rajta a nagyobb és a kisebb háromszögek is. Ennek a résznek a végrehajtásával a *trifold* definíciójában lévő három követelményből egy - a változatosság - teljesül. A maradék kettőt a hajtogató-tömörítő algoritmus második szakaszában, a tényleges hajtogatás folyamata során kell elérni. Ennek menete során a háromszöglánc első két szakaszát körbe kell tekerni a tartóháromszögeken, és minden kiugró elemet rögzíteni kell valahova. Ezután a háromszög középső szakaszát szükséges térben elrendezni: ennek kézenfekvő megvalósítása volt, amikor a felcsavart láncú tartóháromszögeket egymással ellentétes irányban kezdtük el forgatni, egészen addig amíg a köztük lévő lánc be nem csavarodott. A fenti lépések végrehajtása után - mivel nagy valószínűséggel már a tömörség követelménye is teljesült - a 'lábakra' állítás van csak hátra: a makett két fő lábát az egymáshoz egy ponton rögzítendő nagy tartóháromszögek, a harmadikat pedig az összekötő háromszöglánc sarokháromszögei adják majd.

IV / Jelentés



Úgy érezzük, hogy az eredeti egyetemi *'folding'* makettet az új *trifoldok* mellé állítva - annak ellenére hogy az egyik egy nagyon intuitív, a másik pedig egy pontos szabályokra épülő algoritmus alapján készült - nem két ellentétes, hanem két hasonló alkotást láthatunk. A pályamunka kidolgozása során tett kísérletek a káoszt próbálták tervezetté és tervezhetővé tenni - és ezek a kísérletek a bemutatott munkák alapján részben sikerrel végződtek: a bemutatott *trifold*, habár emberi kéz alkotása, kiszámíthatatlansága mégis egy olyan szigorú, algoritmikus rendszerből származik, amik inkább a számítógépes szerkesztéseket idézik, mint az érzésre tervezett *'folding'* szabásmintákat. Számunkra azonban ez az ellentét nem disszonáns: úgy érezzük, pontosan ebben mutatkozik meg a kísérleteink sikere: olyan, mint hogyha a megérzéseink egy kis részét sikerült volna megfejteni, ezáltal pedig szabállyá formálni.