

# Matematrix – A matematika és a textildizáj kapcsolata

Merényi Zita Bettina

Moholy-Nagy Művészeti Egyetem Doktori Iskola

**Kulcsszavak/Keywords:** Textiltervezés, Textildizáj, Moholy-Nagy Művészeti Egyetem,

A cikk írója a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem Doktori Iskolájának hallgatója. A cikk alapjául szolgáló tanulmány az egyetem keretei között, az Emberi Erőforrások Minisztériumának támogatásával, az Új Nemzeti Kiválóság Programban valósult meg. A tanulmány létrejöttéhez nélkülözhetetlen matematikai és 3D tervezőprogramokkal kapcsolatos tudás Dudás Martin okleveles építész mérnöknek köszönhető.

## Bevezetés

A matematika behálózza a minket körülvevő világot, törvényszerűségeket tár fel és fontos összefüggéseket ír le. A művészetekben – úgy mint a zene- és a képzőművészetben – számos művész használta a matematikát, különböző alkotói motivációkkal. A dizáj és az iparművészet területén, a textildizáj ágazatain belül azonban kevésbé körüljárt ez a téma. A világ objektív leírhatóságának és kiszámíthatóságának az eszköze a matematika. A dizáj, vagyis a tervezőművészet pedig – legyen szó tárgyak, öltözékek, épületek vagy folyamatok megtervezéséről – ugyanennek a világnak az élhetőbbé tételéért felelős. A különböző tudományterületek dizáj területekkel való ötvözése által képesek vagyunk olyan innovatív eredmények létrehozására, amelyek segítik a modern világban való boldogulásunkat és újfajta esztétikai és funkcionális tartalmakkal rendelkeznek.

A cikk több aspektusból tárja fel a matematika és a textildizáj kapcsolódási pontjait. A matematika inspirációs forrást adhat a textildizáj szerteágazó területeihez, valamint segédtudományként jelen lehet az alkotások létrejöttében. Valójában a textilipari technikákban és alkotási folyamatokban mélyen gyökerezik a matematika. Ennek tudatos alkalmazásával, valamint a modern technikai eszközökkel még intenzívebb betekintést nyerhetünk ebbe a végtelenül gazdag világba. Szárnyalhatunk az algoritmusok kialakította mintázatokon és formai megoldásokon, a fraktálok gyönyörű alakzatain, a geometriai formák végtelen variációin, vagy a parametrikus tervezés által létrehozott komplex rendszereken, melyek, ötvözve a textildizáj módszereivel és technikával, új utakat tárnak fel.

Felépítését tekintve a cikk a téma teoretikus oldaláról indulva, az egyéb dizájnterületekről vett példákon át jut el a textildizáj és a matematika közös eredményeinek elméleti és konkrét alkotásokban megvalósult bemutatásához.

A **matematrix** kifejezés e cikkben azokra a kortárs textildizáj projektekre használatos, amelyek valamely matematikai elvet építenek a tervezés és létrehozás folyamataiba.

## Matematikai és dizáj gondolkodás

A matematikai létrejöttével az ember elkezdte elemezni az őt körülvevő világ struktúráit és folyamatait, és észrevette, hogy számos dolog leírható és megfejthető a matematika által. Az ókori matematikusok feltárták a formák és arányok összefüggéseit és az azokban rejlő törvényszerűségeket. A természeti arányok tanulmányozása kezdetektől fogva segítette az embert a munkájában, hisz az év-



1. ábra

milliárdok alatt tökéletesített formák és megoldások át-emelhetők az ember által létrehozott tárgyak és folyamatok világába, így az alkotásokba.

A klasszikus művészet már a kezdetekkor is használta a matematikát, amikor felismerték a perspektívát vagy az arányok kérdését, és olyan jelentős alkotók alkalmazták, mint Leonardo da Vinci széleskörű munkásságában, Dürer a képzőművészetben, Escher a grafikáiban vagy Corbusier az építészetben.

A matematika és a művészetek összevetésével kapcsolatban egyik érdekes vizsgálódási irány, hogy ez a két terület hogyan és milyen szinten kapcsolódik egymáshoz. Számos kutató úgy tartja, hogy a tudomány és a művészet két egymást kiegészítő útja a világ felfedezésének, csak az egyik analitikus, a másik intuitív. Olyan elméleteket vetnek fel, amelyek szerint a matematika képzőművészet, absztrakt gondolkodás, kreativitás, alkotás, tiszta logika, s ezek a kifejezések kapcsolatba hozhatók a dizáj fogalmával is.

A matematikai gondolkodás logikus szabályokra épül és meghatározott metódus szerint jut el a problémától a megoldásig, egzakt tudomány, egyetlen, jól definiálható végeredménnyel. Egy tervezési folyamat is konkrét lépések és döntéssorozatok sokaságán megy keresztül, azonban többféle végeredmény születhet. A matematika önmagában is kettős természetű, egyszerre hordozza magában az absztrakt és kreatív gondolkodást és a szabályokat, amelyekkel képesek vagyunk kordában tartani a dizáj folyamatokat, így egy tervező a matematika eszközeit felhasználva és egyéni ízlésére formálva, eredményesen integrálhatja a tervezési metodikába.

## A matematika megjelenése a dizájban

A matematika kétféleképpen jelenhet meg a dizájban: egyfelől egy tárgy megtervezésének inspirációs forrását adhatja, másfelől az adott alkotás létrejöttében segédtudományként működhet közre.

Inspirációs forrásként való használatára példa Moreno Ratti márványból készített variálható formájú vázakollekciója, melyet a Hanoi-tornyai<sup>1</sup> matematikai-logikai játék mintájára tervezett. A vázákat, szembemenve a játék

<sup>1</sup> A hanoi-tornyai játékban három rudunk van, az egyik rúdon alulról felfelé csökkenő méretű korongokkal. A játék lényege, hogy az első rúdról a 3. rúdra minél kevesebb lépéssel pakoljuk át a tornyot úgy, hogy nagyobb korongot a kisebb korongra tilos mozgatni.

szabályával, többféleképpen lehet összeilleszteni, ezzel változatos formákat eredményezve (1. ábra<sup>2</sup>).



2. ábra

A matematika segítség lehet az esztétikus formai arányok megalkotásában is. Az Objects of Common Interest dizájn stúdió olyan márvány asztalokat, színes üveg vázákat és kelyheket tervezett, melyek a klasszikus euklideszi geometrián alapulnak, vagyis a szerkesztéshez kizárólag számozás nélküli vonalzó és körzőt használtak, mellőzve a szögmérőt és egyéb segédeszközöket (2. ábra). A munka azt hivatott bemutatni, hogy a kimódolt geometriai formák és szerkesztési módszerek átültetése a tárgytervezésbe, a formák klasszikus szépségét és arányát sugallják, ami az emberi szem számára kifinomultnak hat.<sup>3</sup>

A matematikai eszközök által meghatározott arányok és esztétikus formák kifejlesztése a grafikai tervezésben is megjelenik, például egyes ikonok, logók megalkotásakor. Jó példa erre az iOS ikonjainak formája, melyek alapja egy meglehetősen bonyolult egyenletekkel leírható, lekerekített sarkú négyzet, a *squircle*<sup>4</sup>, amelynek kialakításához a görbületi folytonosság elvét alkalmazták (3. ábra). Ezt a formát a termékeik külső megjelenítésében is használják, amelynek hatására a fény nem alkot éles határvonalat, hanem puhán halad át a görbületen. Természetesen lehet vitatkozni azzal, hogy ettől esztétikusabbak-e az Apple termékei, azonban azt nem lehet elvitatni, hogy jó példa arra, amikor egy matematikai egyenletet és metódust hívnak segítségül a formatervezés rendszerébe, hogy megtalálják a legtokéletesebb forma és arányrendszert.

Amellett, hogy az építészet matematikai számításokon alapul, a matematika más aspektusban is megjelenhet benne. A számítástechnika fejlődésével a legkülönlegesebb és legegyszerűbb geometriai formák kialakítása sem képez többé akadályt. Minél inkább ismerik az építészek a geometriát, a mechanikát és a matematikát, annál jobban tudják manipulálni épületeiket a parametrikus tervezési eszközökkel. A Hamburg Elbphilharmonie's Auditorium tervezésekor a *Herzog & de Maaron* tervezőiroda magas

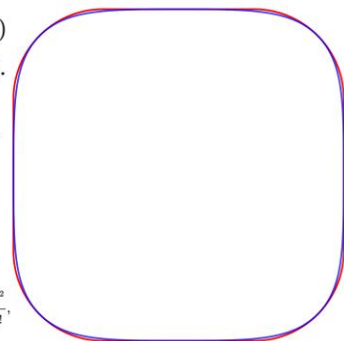
$$x(\theta) = |\cos \theta|^{\frac{1}{2}} \cdot a \cdot \text{sgn}(\cos \theta)$$

$$y(\theta) = |\sin \theta|^{\frac{1}{2}} \cdot b \cdot \text{sgn}(\sin \theta)$$

$$(x-a)^4 + (y-b)^4 = r^4$$

$$\left| \frac{x-a}{r_a} \right|^n + \left| \frac{y-b}{r_b} \right|^n = 1,$$

$$\text{Area} = 4r^2 \frac{\left( \Gamma\left(1 + \frac{1}{n}\right) \right)^2}{\Gamma\left(1 + \frac{2}{n}\right)} = \frac{8r^2 \left( \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) \right)^2}{\sqrt{\pi}} = 4r^2 \frac{1}{2} \frac{1}{2},$$



3. ábra

Vast-stacks-tower-of-matru-puzzle/

<sup>3</sup> <https://www.dezeen.com/2017/10/20/new-reflections-homeware-objects-of-common-interest-matter-new-york-exhibition/>

<sup>4</sup> A szó az angol négyzet (square) és kör (circle) szavak összevonásából keletkezett szakkifejezés, amely a két említett forma közti matematikai átmenetet jelenti.

szinten használja a parametrikus tervezést<sup>5</sup>. Az épület központi auditoriumának rendkívül jó az akusztikája a



4. ábra

belső tér felületeinek és a formáinak kialakítása révén. A csarnok burkolata tízezer egyedi akusztikus panelből áll, amelyek bevonják a falakat, a mennyezetet és a korlátokat. Minden egyes elem egymillió különböző méretű „sejt-ből” tevődik össze, amelyek a hang elnyeléséért felelnek. A panelek kialakítása egy – a híres akusztikai mérnök, *Yasuhisa Toyota* közreműködésével létrehozott – algoritmuson alapul (4. ábra<sup>6</sup>).

A parametrikus tervezés előnyei megjelennek a formatervezés területén is. A *Jake Evill* tervezte „Cortex” nevet viselő, 3D eljárásal nyomtatott tárgy egy olyan helyettesítője lenne a gipszeknek, ami kényelmesebb, jobban szellőzik, alatta a bőr jobban tisztítható, esztétikusabb, de ugyanúgy megfelel az eredeti funkciójának (5. ábra<sup>7</sup>). A tárgy létrehozásához röntgensugarakkal felméri a páciens csontjainak helyzetét, majd a végtagról 3D szkennelés készül, ez alapján a szoftver a parametrikus tervezés és különböző matematikai algoritmusok által olyan formai és strukturális külsőt hoz létre, ami pontosan a felhasználóra illeszkedik és fixálni lehet vele a törött végtagot.



5. ábra

## A matematika és textildizájn<sup>8</sup> kapcsolata

A matematikai megfigyelések és elvek kezdetektől fogva benne rejtettek azokban a technológiákban és

<sup>5</sup> A parametrikus tervezésben a geometriát különböző számok vezérik. Egyetlen paramétert megváltoztatva a teljes test megváltozik, annak minden komponensével együtt. Ha létrehoztuk a különböző paraméterekből, szabályrendszerekből álló, dinamikus változó modellünket, egy flexibilis eszközhöz jutunk, amellyel rengeteg verziót lehet tesztelni rövid idő alatt.

<sup>6</sup> <https://www.archdaily.com/805567/the-parametric-process-behind-the-hamburg-elbphilharmonies-auditorium>

<sup>7</sup> <https://www.dezeen.com/2013/06/28/cortex-3d-printed-cast-for-bone-fractures-jake-evill/>

<sup>8</sup> A *textildizájn* mint átfogó fogalom használatos a cikkben és olyan projektre utal, melynek textília, vagy egyéb ahhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkező laptermék az alapanyaga, vagy olyan technológiával készül, mely a textildizájn területeiről származik. A textildizájn területeit két nagy csoportba lehet sorolni: alapanyag tervezés, melynek részei a mintatervezés, struktúra-tervezés és anyagtervezés, valamint formatervezés, mely öltözképzés, kiegészítő tervezés, tértexel és textil tárgyak csoportjaiból áll.

eszközökben, amelyekkel a textil alapanyagok, mintázatok, ruhadarabok megalkothatók. Mindezek megjelenhetnek a kelmealkotó folyamatokban – mint a szövés, fonatolás, horgolás, kötés stb. –, a mintatervezés során használt motívum-ismétlési rendszerekben, valamint a formák kialakításában a szerkesztés és a modellezés során. A matematika és a szövés korai kapcsolatára illusztris példa Jacquard lyukkártyás szövőgépe, hiszen ennek a gépnek a mintaképző elve vezetett el a számítógépeink születéséig.

A következőkben sorra vesszük azokat a textilhez kapcsolódó folyamatokat és alkotási metódusokat, melyben a matematika szerepet játszik.

### Arányrendszerek kialakítása

Egy terv létrehozásakor meg kell határoznunk annak arányait, a formán belüli kisebb egységek egymáshoz viszonyított méretét és alakját, a mintázatok esetében azok elhelyezkedését és mennyiségét, illetve egyes esetekben, a hordozó felület – fal, test stb. –, és az alkotás viszonyát. Tudnunk kell a léptékek között oda-vissza váltani. A matematika, az arányrendszerek és a geometria behatóbb ismeretével könnyebben kialakul az alkotóban a belső arányérzék.

### Geometriai transzformációk használata

#### • A mintatervezés szintjén

A minták kialakításában már a kezdetektől fogva használták a geometriai transzformációkat – tükrözést, eltolást stb. –, ami az egyes mintaelemek rapportálásának, vagyis ismétlésének eszköze lehet. Emellett szerepet játszik a szimmetria, az aszimmetria alkalmazása, vagy a léptékváltási módok (nagyítás, kicsinyítés) használata.

#### • A formatervezés szintjén

A geometriai transzformációkat a formatervezés során a különböző modellezési eszközökben – mint a tükrözés, nagyítás, elforgatás –, illetve a formaképzési eljárásokban, mint például a hajtások, behúzások kialakításában is használja a tervező.

### A síkból térbe történő transzformációk

Egy forma létrehozásakor – legyen az öltözők vagy kiegészítő –, a kétdimenziós anyag háromdimenziós formává alakítása történik. Ilyen transzformációs eszközök a szerkesztés, modellezés, struktúra dizájn, a 3D technológiák. A síkból térbe való változáshoz, elengedhetetlen a térbeli látás és a logikus gondolkodás.

### Számadatok készítése a kivitelezés számára

A gyártás előkészítése során olyan kérdésekre keressük a választ, mint: Hány méter az anyaghányad? Hogyan gazdaságos a szabásminták rendezése?

A fenti felsorolásból kitűnik tehát, hogy textildizájn alapjaiban kötődik a matematikához, azonban ezt a kapcsolatot lehet sokkal tudatosabban is használni, hiszen az alkalmazott matematikai elvek vagy algoritmusok további jelentésekkel, értelmezési rétegekkel és funkciókkal láthatják el az alkotásokat.

### Algoritmusok, parametria és a textildizájn

A matematika és a dizájn gondolkodás kapcsolata a szabályokon alapuló logikus építkezési folyamatokban rejlik, amely egy olyan fogalomban ölt testet, amit az ember már a kezdetek óta használ a cselekvések rend-

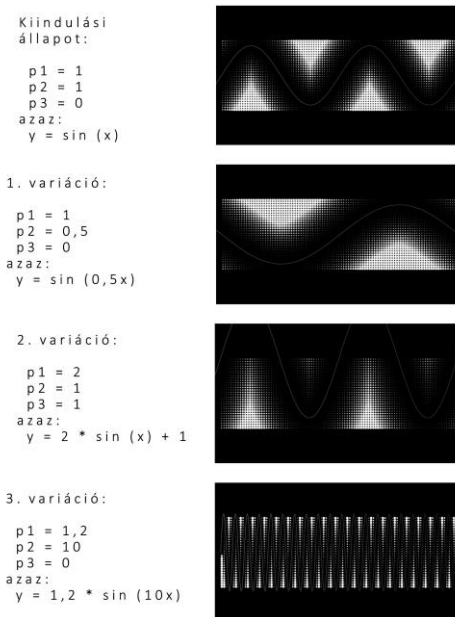
szerezésére vagy egyes folyamatok átgondolására. Ez az algoritmusok fogalma, hiszen általuk konkrét lépéseken és utasítássorozatokon keresztül jutunk el a megoldásig. A mindennapokban használt, egyszerűbb algoritmusokon túl (pl. főzünk egy ebédet, megtervezünk egy napunkat) képesek vagyunk bonyolult folyamatok elvégzésére alkalmas, matematikai struktúrák és algoritmusok megalkotására, úgy mint a Google keresőmotorja, a Page Rank, vagy az egyes arcfelismerő alkalmazások.

Az *algoritmus* azt a matematikán alapuló szabályrendszer és rendező elvet jelenti az alkotásokban, ami „együtt dolgozik” a dizájnnerrel, egy olyan tervezési eszköz, melynek segítségével jön létre a mintázat, alapanyag struktúra, szabásminta. A matematikai algoritmusok gyors, vizuális leképezése 3D tervezőprogramokban történik.

A *parametria*, mint tervezési elv által az egyes matematikai algoritmusokba olyan változókat építhetünk be, melyekkel dinamikus módon módosíthatóvá válik az alkotási folyamat, így a végeredmény is. Általa komplex és funkcionális formákat készíthetünk, gazdaságosabban ruhezhetünk, vagy akár teljesen egyediv formálhatjuk ruhadarabjainkat.

*Egy, a parametria használatával létrehozott matematext minta (6. ábra):*

A példában a mintázatot a sinus függvény paramétereinek a változtatása módosítja, általa szabályozhatjuk az amplitúdót, a hullámhosszt vagy éppen a minta függőleges pozícióját, ami által más és más vizuális végeredményt kapunk.



6. ábra

A függvény parametrikus képlete:

$$y = p1 \cdot \sin(p2 \cdot x) + p3$$

ahol  $p1$  az amplitúdó,  $p2$  a hullámhossz,  $p3$  a függőleges eltolás.

### Az algoritmusokhoz használható matematikai területek a matematext projektek vonatkozásában

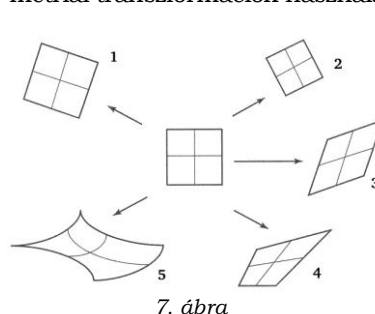
Az algoritmusok lépéssorozatainak előállításához különféle matematikai területek lehetnek segítségünkre,



ügymint a geometria, az algebra, a sorozatok, a logika, a valószínűségyszámítás és a halmazelmélet.

## Geometria

A geometria középpontjában az euklideszi geometria áll, amelynek alapvető fogalmai párhuzamosság, merőlegesség, egybevágóság és hasonlóság. A geometria területei közül a koordinátageometria alkalmas matematikai összefüggések, függvények vizuális megjelenítésére síkban és térben egyaránt, ami algebrai úton vizsgálja a sík- ill. tér-elemek relációit. A textildizájn területein a minták és formák megalkotásához a geometriai formák, valamint geometriai transzformációk használata igen elterjedt.

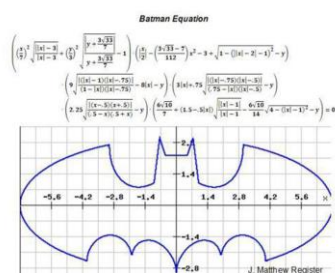


7. ábra

A transzformációkat illetően öt csoportot különböztetünk meg: 1) egybevágósági transzformáció<sup>9</sup>, 2) hasonlósági transzformáció<sup>10</sup>, 3) affin transzformáció<sup>11</sup>, 4) projektív transzformáció<sup>12</sup> és 5) topológikus transzformáció<sup>13</sup> (7. ábra). Ezek mindegyikét alkalmazhatjuk a matematikaprojektekben, például a mintatervezésben, a mintaelemek megalkotása és ismétlése során, valamint az öltözképzésben, a szabásminta szerkesztés és struktúradizájn folyamataiban.

## Algebra

Az algebra nélkülözhetetlen eleme a létrehozási folyamatoknak, általuk jöhetnek létre azok a számítások, és matematikai műveletek, melyek az algoritmus alapját adják. A kezdeti mintából vagy formából, különböző műveletek és számítások mentén konstruálhatóak meg a létrehozni kívánt struktúrák. Az algebra segítségével határozzuk meg az algoritmusunk változóit. Az algebrai egyenletek vizuális megjelenítésére legalkalmasabb eszköz a koordinátageometria<sup>14</sup>.



8. ábra

nátageometria<sup>14</sup>. Kétismeretlenes egyenlettel kétdimenziós formákat lehet leírni, három ismeretlen segítségével pedig, térbeli, háromdimenziós formákat – pl.  $R$  sugarú gömb – határozhatunk meg (8. ábra).

## Sorozatok

Különböző sorozatokat az egyes matematikai alkotások kialakítási és megformálási módszeraként használhatunk. Mindehhez alkalmazhatunk számtani<sup>15</sup>, mértani<sup>16</sup> és speciális<sup>17</sup> sorozatokat is. Az egyik leghíresebb speciális sorozat a Fibonacci-sorozat (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144 ...), amelyet előszeretettel használnak az építészetben és a matematikai alkotásokban.

## Matematikai logika

A matematikai logika két lehetséges kimenetelű ügynevezett „boolean” (igaz, hamis) művelet, amely a különböző állítások közötti relációt vizsgálja. Gyakorlati alkalmazása a tervezésben az algoritmusok egyes lépéseiként jelenhet meg, pl. ha többféle elem típus közül szeretnénk tulajdonságok alapján csoportosításokat végezni vagy szelektálni. A matematikai logika részei a konjunkció, diszjunkció, ekvivalencia, implikáció stb.

Egy, a matematikai logika használatával létrehozott matematikai minta:

A példában a következő logikai kapcsolatokat használjuk: konjunkció (ÉS kapcsolat), amely azt mondja, hogy a két állítás végeredménye akkor igaz, ha mindkettő igaz, diszjunkció (VAGY kapcsolat), ami kiköti, hogy a két végeredmény akkor igaz, ha legalább az egyik állítás igaz, és ekvivalencia, amely akkor teljesül, ha mindkét állítás igaz, vagy mindkét állítás hamis.

Legyen például adott két állítás:  $A$  és  $B$

ha $A$ igaz:	$A1$
ha $A$ hamis:	$A0$
ha $B$ igaz:	$B1$
ha $B$ hamis:	$B0$

A példában a mintázatunkat ennek a két eseménynek a logikai kapcsolata határozza meg. Amennyiben a reláció végkimenetele igaz, úgy azon mezőknek a középpontja legyen összekötve a sarkokkal. Ha ez több mezőre is igaz, akkor a lehetséges mezőkből véletlenszerűen választjuk meg az kijelölt elemet (9. ábra). A minták a különböző logikai kapcsolatok használatával jönnek létre (10. ábra).

## Valószínűségyszámítás

A valószínűségyszámítás – „a véletlen matematikája” – a matematika összetett tudománya. Általa a matematikaprojekt tervezés során használt algoritmusoknál az elemek gyakorisága, egyes tulajdonságok előfordu-

<sup>9</sup> Egybevágósági transzformáció: az alakzat mérete és formája nem változik. Pl: középpontos tükrözés, tengelyes tükrözés, elforgatás, eltolás.

<sup>10</sup> Hasonlósági transzformáció: az alakzat formája nem változik, de a mérete igen. Pl: nagyítás és kicsinyítés

<sup>11</sup> Affin transzformáció: a forma és a méret is változik, de a párhuzamosság megmarad.

<sup>12</sup> Projektív transzformáció: a forma, a méret és a párhuzamosság is megváltozik, de az egyenes vonalak ugyanúgy egyenesek maradnak.

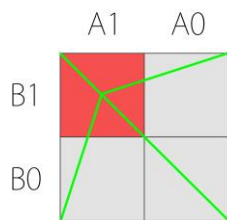
<sup>13</sup> Topológikus transzformáció: megváltoznak a szögek, a távolságok és nem marad meg a párhuzamosság, azonban a sorrendiség és a szomszédság megmarad.

<sup>14</sup> A koordinátageometria a geometriai fogalmaknak algebrai fogalmakat feleltet meg, azaz mind a síkbeli, mind a térbeli geometriai alakzatokhoz mennyiséget rendel.

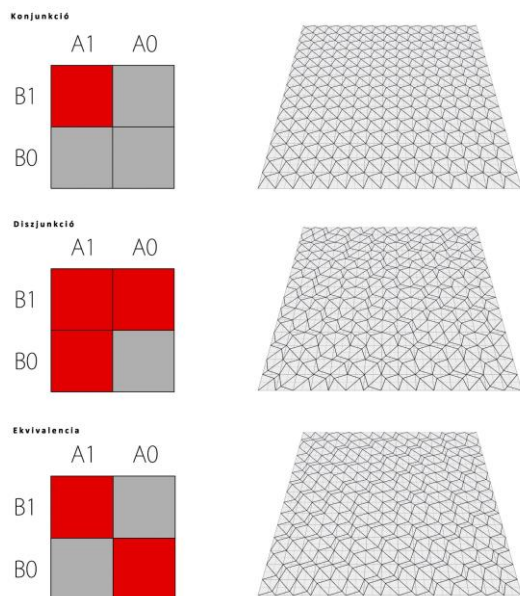
<sup>15</sup> Számtani sorozatnak nevezünk egy olyan, legalább 3 tagból álló végtelen vagy véges sorozatot, ahol a szomszédos tagok különbsége (d) a sorozatra jellemző állandó. Rekurzív képlete:  $a_{n+1} = a_n + d$ .

<sup>16</sup> Mértani sorozatnak nevezzük azokat a sorozatokat, amelyekben bármely tag és az azt megelőző tag hányadosa (q) állandó. Rekurzív képlete:  $a_{n+1} = a_n \cdot q$

<sup>17</sup> Speciális sorozatok, melyek nem illenek bele a számtani és mértani sorozatokba. Például a Fibonacci-sorozat Rekurzív képlete:  $a_n = a_{n-1} + a_{n-2}$  ( $a_1=1, a_2=1$ ), a prím számok (csak 1-gyel és önmagukkal oszthatók) sorozata, vagy a palindrom számok (számjegyei fordított sorrendben megegyeznek az eredeti számmal) sorozata.



9. ábra



10. ábra

lásának mértéke, vagy egyes lépések egymáshoz viszonyított mennyisége befolyásolható.

Egy, a valószínűség használatával létrehozott matematek minta:

A valószínűségszámítás használatát a példában egy dobókockával és néhány elemmel szemléltetem. Tegyük fel, hogy van egy  $10 \times 10$ -es mezőből álló négyzetem, amit 3 színnel (zöld, piros, kék) ki akarok színezni. Az első esetben mindhárom színnek ugyanakkora esélyt adok, amit például úgy tudok megtenni, hogy

- ha a dobás 1 vagy 2, akkor zöld színű lesz a mező,
- ha 3 vagy 4, akkor piros,
- ha 5 vagy 6, akkor kék.

Ekkor közel azonos mennyiségű lesz az egyes színek mennyisége.

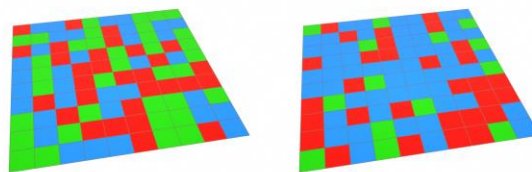
A második esetben legyenek eltérőek az esélyek, vagyis ha a dobás:

- 1 akkor zöld legyen a mező,
- ha 2 vagy 3, akkor piros,
- ha 4, 5 vagy 6, akkor kék.

Ebben az esetben kb. 3-szor annyi lesz a kék színű mező, mint a zöld. A kék az egész felület felét teszi ki, a piros a harmadát, míg a zöld kb. a hatodát (11. ábra).

### Halmazelmélet

A halmazelméletet elemek csoportosítására használhatjuk. Egy halmazban ugyanolyan tulajdonságokkal rendelkező elemek vannak. Ha van egy elemkészletünk, általa eldönthetjük, hogy a vizsgált elem tagja-e a

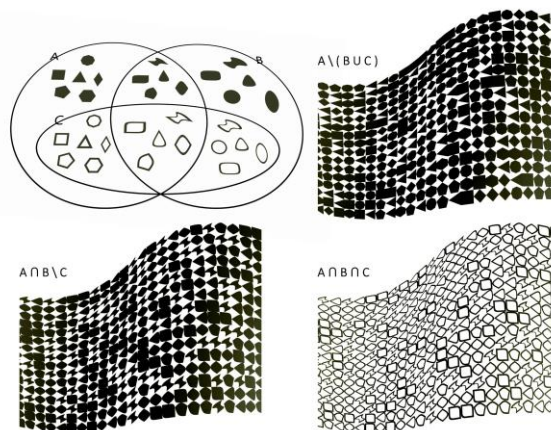


11. ábra

halmazunknak vagy sem. A logikai műveletekhez hasonló műveletek állnak rendelkezésre a halmazok esetén is, mint unió<sup>18</sup>, metszet<sup>19</sup>, különbség<sup>20</sup>. A csoport elemei viszont nem csak számok lehetnek, hanem akár geometriai formák vagy transzformációk.

Egy, a halmazelmélet használatával létrehozott matematek minta:

A példában az alaphalmaz az síkidomok halmaza. Ezekben belül három halmazt határozzunk meg: *A*: csak szöggel rendelkező alakzatok, *B*: csak ívvel rendelkező alakzatok, *C*: lyukas alakzatok. A metszeteikbe a két fő csoport tulajdonságainak ötvözéséből kialakult formák kerülnek, például az *A* és *B* halmaz metszetének tagjai íves és egyben szögletes formájúak. Ezek után a halmazok egyes metszeteinek kiválasztásával és a bennük található formák szétosztásával a felületen, különböző mintázatokat készítettünk (12. ábra).



12. ábra

### Matematek projektek

A matematek alkotások elemzése során négy fő témakör került meghatározásra: arányok és esztétika, a biomatematika, a fraktálgeometria és a geometriai algoritmusok.

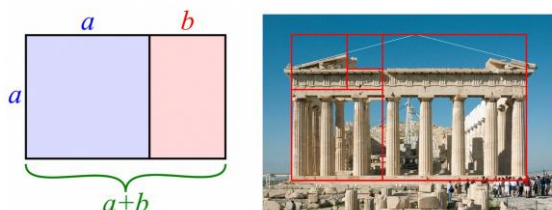
#### Arányok és esztétika

Az arányok megválasztása és az esztétika a textildizájn alkotásokban lényegi szerepet játszik, hiszen ezek hatással vannak a szemlélő és a viselő által keltett

<sup>18</sup> Két halmaz uniója vagy egyesítése mindazon elemek halmaza, amelyek legalább az egyik halmaznak elemei.

<sup>19</sup> Két halmaz metszete mindazon elemek halmaza, amelyek mindkét halmaznak elemei.

<sup>20</sup> Az *A* és *B* halmaz különbsége az *A* halmaz mindazon elemeinek halmaza, amelyek a *B* halmaznak nem elemei.



13. ábra

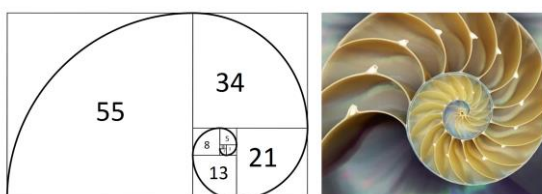
érzetekre. Egy jól megválasztott arány egyszerre esztétikus és funkcionális. A textildizájnr is hatottak azok az irányok, melyek az arányok és esztétika kérdésével foglalkoznak, úgy mint az aranymetszés és annak megjelenési formája a Fibonacci-sorozatban.

### Aranymetszés

Az aranymetszés<sup>21</sup> használata régóta jelen van az emberi alkotásokban és átültethető a textildizájnr szintereire is. Alkalmazásával már az ókorban foglalkoztak, olyan kérdéseket feszegetve, mint a „hogyan lehet egy szakaszt, a szemnek kellemes arányban felosztani, egy épületet ezen elvek alapján megépíteni, vagy egy festmény arányait úgy megalkotni, hogy az esztétikus összehatást keltsen?”. Az aranymetszés „bűvös” aránya az 1,618 szám (13. ábra).

### Fibonacci-sorozat

A Fibonacci-sorozat egy speciális sorozat, amelynek adott tagját az előtte lévő két tag összeadásával kapjuk meg (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 ...). A sorozat azért is különleges, mert ahogy haladunk a nagyobb sorszámú elemek felé, a szomszédos tagjainak a hányadosa egyre jobban közelít az aranymetszés arányához, vagyis az 1,618-hoz. Ez a számsorozat, megtalálható a természetben, számos növényi növekedési mintázatban, egyes virágok szirmoszámban, az ágak növekedésében, vagy akár az emberi testben is (14. ábra).



14. ábra

### Aranymetszés és Fibonacci-sorozat megjelenése a textildizájnr alkotásokban

Az aranymetszés és a Fibonacci-sorozat több módon testet ölthet a textildizájnr alkotásokban, legyen szó a formák vagy az alapanyag kialakításáról, melynek során a divattervezők az emberi arányok és az öltözékek kapcsolatát kutatják, keresve az objektív esztétikát.

<sup>21</sup> Aranymetszésről beszélünk, amikor egy mennyiséget, illetve egy adott szakaszt úgy osztunk két részre, hogy a kisebbik rész úgy aránylik a nagyobbikhoz, mint a nagyobbik rész az egészhez:  $(a+b):a = a:b$ . Amennyiben az arányt  $x$ -szel jelöljük ( $x=a/b$ ), aranymetszés egyenlete a következő lesz:  $x^2 - x - 1 = 0$ . Megoldva a másodfokú egyenletet és csak a pozitív gyököket véve figyelembe, az aranymetszés aránya:  $x=1,618$ .

D  
iana  
Eng  
„Fibo-  
nacci



15. ábra

scarf” névre keresztelt kötött sálát alkotott, amelyben ez a törvényszerűség érvényesül. A tervező a kötésmintázatot úgy alakította ki, hogy a lyukak és a szemek növekedése a Fibonacci-számsorozat tagjain alapuljon, arra keresve a választ, hogy ez a számsorozat valóban magán tudja-e hordozni az esztétika jegyeit. A munkájában továbbá kidomborította azt az álláspontját, hogy a kötés technológiája eleve matematikai jellemvonásokon alapul (15. ábra<sup>22</sup>).

Michael Schmidt és Francis Bitonti Dita von Teese számára tervezett egy olyan 3D eljárással nyomtatott ruhát, amelynek felépítéséhez az aranymetszés szolgált inspirációul. Az alkotás során az foglalkoztatta a tervezőket, hogy a természetben megjelenő arányok átültethetők-e egy olyan öltözködési formájába, amely teljes harmóniába kíván lépni az emberi testtel. Jelen példában a váll megoldás spiráljainak kialakítása, valamint az öltözködési szerkezetének alapját adó rombuszok átlói követik az aranymetszést. Michael Schmidt úgy vallja, hogy a projektben a szépség a matematikán keresztül valósul meg, vagyis az alkotásban egyszerre jelenik meg a tudomány és a művészet (16. ábra<sup>23</sup>).

### Biomatematika

Számos matematikust a kezdetektől fogva foglalkoztatja, hogy a biológiai és természeti megfigyelések, folyamatok és mintázatok hogyan írhatók le a matematika által. Mindezen biomatematikai felfedezések megje-



16. ábra

lenhetnek a matematikai alkotásokban. Ennek egyik oka, hogy a biológiai struktúrák matematikai megfogalmazása vizuálisan jól megragadható. Emellett a textildizájnr alapvetően szoros kapcsolatban áll a természeti formákkal, mint inspirációs forrással, legyen az egy állati mintázat átültetése az emberi ruházatba, egy sejt szerkezet felnagyítása struktúrává vagy egy növényi forma által ihletett szabásminta. Harmadsorban a modern textiliák létrehozásának egyik eszköze a bionika<sup>24</sup>,

<sup>22</sup> <http://www.dianaeng.com/shop/fibonacci-scarf/>

<sup>23</sup> <https://www.dezeen.com/2013/03/07/3d-printed-dress-dita-von-teese-michael-schmidt-francis-bitonti/>

<sup>24</sup> „Az egyik legjobb hőszigetelő anyagot a juhoktól, a tépőzárattól, a bogáncsos növényektől, az öntisztuló, vízlepergető ruhákat a lótyától, a leghatékonyabb úszódresszeket a cápaiktól, a leg-

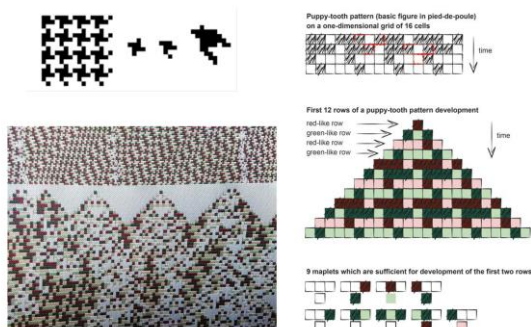


vagyis a természetből vett megfigyeléseket átültetik a tervezési és létrehozási folyamatokba.

### Sejtautomaták

Több textildizájn alkotásban is feltűnik a sejtautomaták használata, melyek egyszerű és összetett rendszerek leírására is alkalmasak. A sejtautomatákat egy rácsszerkezet és a benne elhelyezkedő sejtek alkotják, mely sejtek egymásra hatással vannak, így minden időpillanatban megváltoztatják a sejtstruktúrát. Több ilyen rendszer is ismert, például a Rule-típusúak vagy a Conway-féle életjáték, ami matematikailag modellez le számos biológiai öröklődési folyamatot.

A Marina Toeters és Loe Feijs tervezőpáros munkája a Cellular Automaton minikollekció, amelyben a szövetszerkezet kialakítását a sejtautomaták inspirálták. Az alkotók a tervezés során egy tyűkláb-mintából indultak ki, amit egy algoritmus segítségével átforgattak az egydimenziós sejtautomaták nyelvére. Mindezt úgy, hogy az eredeti mintát a sejtautomata egyik állapotának tekintették, amely a folyamat előrehaladtával alakul át további mintázatokká. Különböző színekkel jelölték az egyes sejteket, sejtcsoportokat, hogy a folyamatot és a mintázatok vizuálisan jobban értelmezhetővé tegyék, hiszen a szövet rácsszerkezetében a négyzetek színe befolyással van a mellette lévő színek kialakulására. Az alkotók célja az volt, hogy egyszerű matematikai szabályok és a véletlen faktor felhasználásával hozzanak létre mintákat (17. ábra<sup>25</sup>).



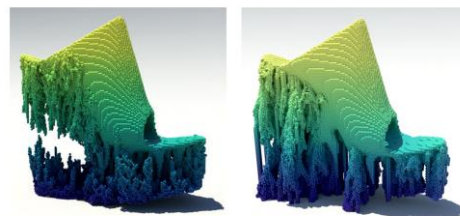
17. ábra

Egy másik munka a Rule 90 féle sejtautomatákkal foglalkozik, és azok elvét ülteti át a kötött anyagok rendszerébe. Ezek a sejtautomaták, szintén egyszerű szabályok felhasználásával képeznek komplex mintázatokot. A gépi kötésű merinógyapjúból készült sál mintázata a lentebb tárgyalt Sierpinski-háromszög fraktál-rendszereire emlékeztet (18. ábra).

A sejtautomaták használata megjelenik a kiegészítő tervezésben is. Francis Bitonti Molecule nevű, 3D eljárással nyomtatott cipőinek matematikai algoritmusát a Conway-féle életjáték<sup>26</sup> sejtautomaták térbeli struktúrája határozta



18. ábra



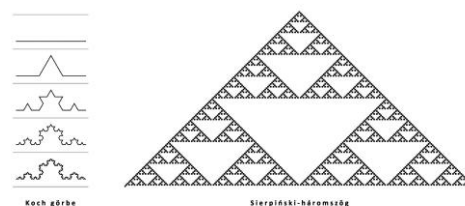
19. ábra

meg. A cipők talpának struktúrája az algoritmus változtatásával számos formát ölthet (19. ábra<sup>27</sup>).

### Fraktálgeometria

A matematikában sok helyütt feltűnik a fraktál mintázatok használata, részint azok vizuális komplexitása miatt, valamint az inspiratív strukturális felépítésük okán.

A fraktál-rendszerek<sup>28</sup> megtalálhatók a természetben, a kaotikus struktúrák leírására alkalmasak és képesek azok vizuális megragadására. A fraktálok pontos definíciója nehezen meghatározható egy tömör mondatban, de jellemvonásai mégis összeállíthatók a változatos tulajdonságaiból. A fraktálok nagyon bonyolult geometriájú alakzatok, melyek nem írhatók le az euklideszi geometria segítségével, önismétlőek. Egy fraktálkép, amit látunk, sohasem az egész kép, mert a művelet a végtelenségig elvégezhető. Bonyolultsági fókuszát tekintve a fraktálok különbözőek: a legegyszerűbb fraktálsorozat a Lindernmeyer-fraktálok, például a Sierpinski-háromszög vagy a Koch-görbe; ezek esetében a geometriai elemek (egyenes szakaszok és hajlásszögek) tagolódásáról vagy összeadásáról beszélhetünk (20. ábra). A fraktálok más fajtái pedig rendkívül bonyolult



20. ábra

újabb páncélokat pedig a csigáktól, halaktól és pókoktól lestük el.” – Dr. Kokasné Dr. Palicska Livia

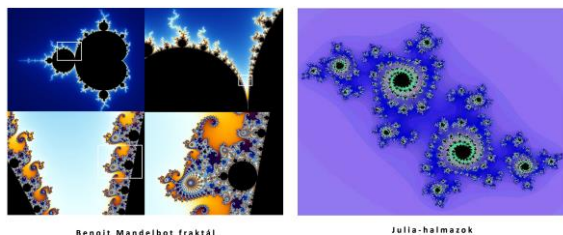
<sup>25</sup> <http://archive.bridgesmathart.org/2017/bridges2017-403.pdf>

<sup>26</sup> A Conway-féle sejtautomata szabályai zseniálisan egyszerűek. Az élettér egy négyzetháló. (...) Az alakzatok viselkedése nagyon hasonlít élő szervezetek változásaihoz (szaporodás, kihalás, fejlődés, visszafejlődés, stb), ezért megilleti a "szimulációs játék" elismerő jelző - egy játék, amely utánozza a valós életfolyamatokat.

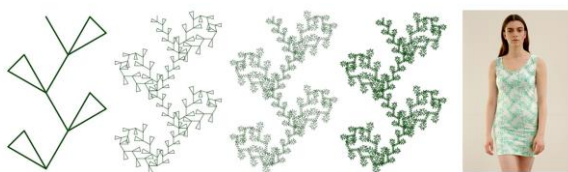
<sup>27</sup> <https://www.dezeen.com/2014/09/26/francis-bitonti-3d-printed-molecule-shoes-adobe-stratasys/>

<sup>28</sup> A fraktálok tört dimenziójú kaotikus attraktorok, nem egész dimenziójú matematikai struktúrát vagy görbét jelölnek. Tulajdonságuk, hogy önismétlőek, struktúra-ismétlőek. Ez azt jelenti, hogy bármely apró részletük ugyanolyan felépítésű, mint az egész rendszer. A fraktálok adják a káosz építőköveit, blokkjait.

számításokkal mutathatók csak be, mint például a fraktál fogalom megalkotója *Benoit Mandelbot* által létreho-



21. ábra



22. ábra

zott fraktálok vagy a Julia-halmazok (21. ábra).

### Fraktálmintázatok

A fraktálok matematikai projektekben való megjelenése többféleképpen történhet. A szövet felépítésének és mintázatának kialakítása alapulhat fraktálgeometriai rendszereken, valamint az iterációs<sup>29</sup> felépítésük inspirációját szolgálhatja a modulokból felépülő önhasonló struktúrák kialakításában.

A Bridges konferencián<sup>30</sup> bemutatott munkák között több, fraktálokra épülő textildizájn alkotás is talál-



23. ábra

ható. *Leonie Tenthof van Noorden*, *Loe Feijs*, *Marina Toeters*, *Jun Hu* és *Jihong Liu* közös, *Warp Knit Fractal* („láncrendszerű kötésű fraktál”) nevű alkotásában a mintázat fraktál-rendszeren alapul, ami a láncrendszerű kötések ismétlődő, rekurzív<sup>31</sup> szerkezetéből és az arra kerülő nyomott fraktál-mintázatból áll össze. A munkában használt egyszerű geometrikus fraktálok, az is-

<sup>29</sup> Iteráció: ismétlési szerkezet, ciklus.

<sup>30</sup> A Bridges, vagyis Hidak elnevezésű nemzetközi konferencia, kapcsolódási pontokat keres különféle művészeti ágak és a matematika között, a konferencián olyan alkotók mutatkoznak be, akik a matematikát a létrehozott mű, vagy tárgy központjába állították. Egyes művek konkrét matematikai függvényekre épülnek, míg máshol matematikai szimbólumok és mintázatok jelennek meg.

<sup>31</sup> Ismétlődő lépésekből álló műveletsorozaton alapuló.

métlődésből adódóan, lekerekített és organikus formájúvá válnak, így utalva a természetben megjelenő fraktálokra (22. ábra<sup>32</sup>).

A *Fractal Pied de Poule* című *Marina Toeters* és *Loe Feijs* által készített kollekcióban szintén a fraktálok határozzák meg a szövet-mintázat kialakításának rendszerét. Algoritmus, új anyagok, digitális modellezés, mozaikok és a fraktálok – ezekkel a címszavakkal írják le a tervezők a munkájukat. Korábban is alkalmazták már a fraktálmintázatok és a tyűkláb minták használatát (*Warp Knit Fractal*, *Cellular Automaton*), azonban ennél ötvözték a két rendszert, továbbá a munkában az motíválta a tervezőket, hogy hogyan tudnak létrehozni fraktálmintát egyetlen folytonos vonallal, melyek soha sem keresztezik egymást (23. ábra<sup>33</sup>).

### Moduláris fraktálok

A fraktálok egyik érdekes jellemvonása, hogy önis-métlő szerkezetet hoznak létre, melyek végtelenek, vagyis mindig lejjebb és lejjebb utazhatnánk geometriájukban. Ez a felépítés számos tervezőt inspirált moduláris struktúráik megalkotásakor. Ezekben az alkotásokban a modulok egymáshoz kapcsolódva öntartó szerkezetet hoznak létre, valamint a felület minden irányba tovább építhető, így végtelen számú formát lehet belőlük alkotni.

*Fioen van Balgooi* és *Berber Soepboer* közös alkotásukban különböző geometriai formákból építenek moduláris szerkezeteket. A modulok színének variálásával, változatos geometrikus alakzatokat hoznak létre. A tervezőket a természetben fellelhető növekedési minták inspirálták, valamint a szimmetria, a mozaikrendszerek, a geometrikus struktúrák és a fraktálok. Ezeket a moduláris darabokat a felhasználó egyéni ízlése szerint



24. ábra



25. ábra

tudja kombinálni, vagy szétválasztani (24. ábra<sup>34</sup>).

*Matija Cop* szerkezeteiben a modulok kialakításában megjelenik a léptékváltás használata is, amely az

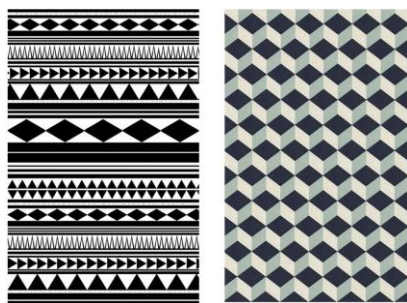
<sup>32</sup> <http://gallery.bridgesmathart.org/exhibitions/2014-bridges-conference/feijs>

<sup>33</sup> <http://gallery.bridgesmathart.org/exhibitions/2015-bridges-conference/feijs>

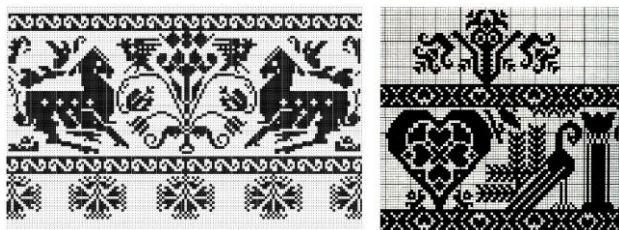
<sup>34</sup> <http://momath.org/home/math-monday-03-14-11/>



öltözékek megalkotásakor összetett formai és plasztikai játékra képes, valamint szintén fraktál-jellemvonás (25. ábra<sup>35</sup>).



26. ábra



27. ábra

### Geometriai algoritmusok

A geometriai formák és transzformációk jelenlétére a textildizájnban számos példa hozható, már a kezdetektől fogva, de a kortárs tervezők is használják ezeket a geometrikus megoldásokat. Ezek a geometriai eszközök és létrehozási elvek lehetnek „hagyományosak”, de ötvözhetik őket a tervezők a modern technológiákkal és az algoritmusok használatával. A geometriai transzformációk használata megjelenhet a mintatervezés és a formatervezés szintjén is.

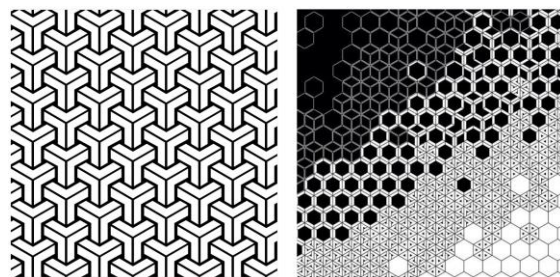
### Mintatervezés

Az emberi kultúra az első tárgyak, textilek és öltözékek megszületésétől fogva használ mintákat azok díszítésére, vagy szimbolikus tartalmakkal való felruházására. A Matemetext projektek aspektusából a mintázatok létrejöttének szerkezeti okai és a létrehozási elvei vizsgálhatók, amiben azt tanulmányozzuk, hogy azok milyen matematikai törvényszerűségek és elvek mentén képződnek. A mintázatok létrejöttét elemezhetjük a motívum formájának irányából, valamint a motívum elhelyezésének metódusa felől.

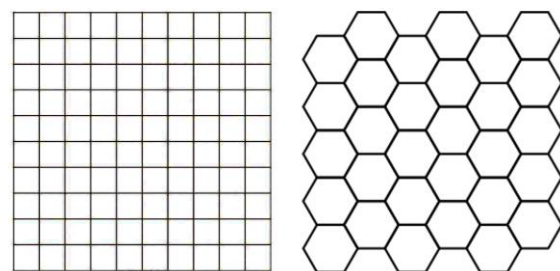
**A motívum formáját** képezhetik absztrakt és figurális minták. Mindkét motívumfajta megragadható a geometria felől. A geometrikus formájú minták (26. ábra) – vonalak, körök, háromszögek, négyzetek, téglalapok, pöttyök –, használatán túl, a motívumok nagy csoportját alkotják a figurális motívumok stilizált és geometrizált változatai (27. ábra). Ez a fajta átdolgozás egyfelől alapulhat esztétikai döntésen, de számos esetben a kelme létrehozásának technológia sajátosságai – mint a szövés, vagy a kötés –, eredményezik, tehát a technológia visszahat az adott minta jellegére és kialakítására.

**A motívum elhelyezésének metódusait** az határozza meg, hogy azokat milyen elvek mentén ismétéljük a felületen, mert ezek a szabályrendszerek átültethetők

az algoritmusok és a parametrikus tervezés világába. A riportálás, vagyis a mintaelemek ismétlése több módon történhet, de egyik alapvető jellemvonásuk, hogy megjelennek bennük a geometriai transzformációk, mint a tükrözés, a fogatás, nagyítás, illetve a szimmetria használata.



28. ábra



29. ábra

### Minta és struktúráképzés lépései algoritmusok használatával

A 3D programok mintaképző elvei meghatározott lépésekre oszthatók a sík mintaképzéstől haladva azok térbeli használata felé.

Az első körben történik a **mintaelem létrehozása**, amely egy vagy több elemből állhat egy felületen belül (28. ábra).

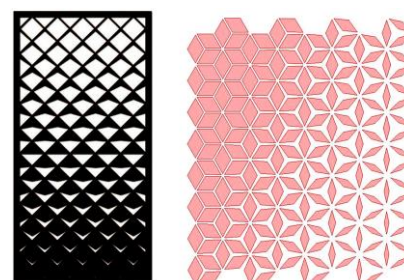
Ezután következik annak a **hálórendszernek a megalkotása**, amely az ismétlési algoritmus alapjául szolgál, tehát ez adja a „vázát” a mintáink későbbi elhelyezésének. Ezek mentén alkalmazhatjuk a különféle ismétlési algoritmusokat. Ez a háló lehet a hagyományos négyszög (négyzet, téglalap) felosztású, de más, speciálisabb hálórendszereket is alkothatunk, mint például a háromszög, vagy a hatszög rendszerek. Ezek lényege, hogy teljesen lefedje a síkot, így rajtuk elhelyezve a mintaelemeket, azok tökéletesen kapcsolódhatnak egymáshoz (29. ábra).

A hálórendszer létrehozása után történik az **ismétlési algoritmus** kiválasztása, aminek alapján létrejön a mintázott felület. Egy mintaelem felületen való kiosztása lehet statikus, speciális vagy random.

A mintaelemek kiosztása



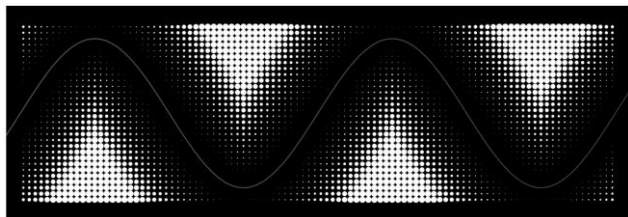
30. ábra



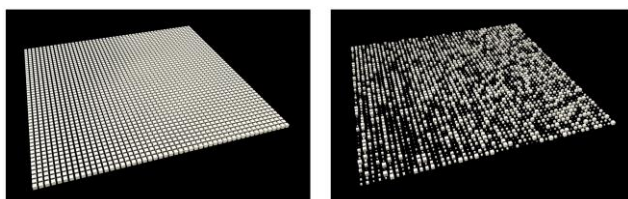
31. ábra

<sup>35</sup> <http://tphernandezinicial.blogspot.hu/2014/05/thread-fashion-and-costume-matija-cop.html>

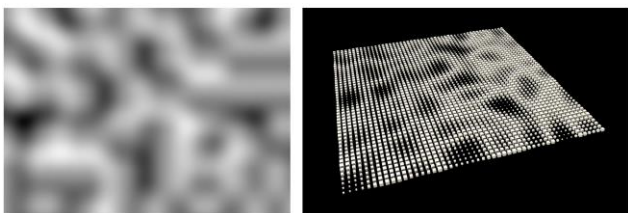
**statikus**, ha nem változik a mintaelem formája – csak eltoljuk, elfogatjuk, tükrözzük –, vagyis amikor egybevágósági transzformációkat alkalmazunk (30. ábra). **Speciális**, ha az ismétlési algoritmus hatására a minta formája maga is megváltozik valamilyen szabály szerint (31. ábra) – például a négyzet átalakul paralelog-



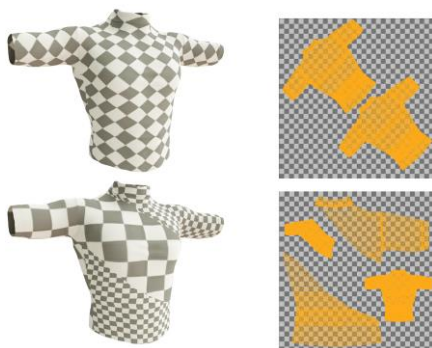
32. ábra



33. ábra



34. ábra



35. ábra

rammává –, vagy ha valamely matematikai egyenlet, függvény, számsorozat stb. határozza meg a mintázat kialakulását (32. ábra). **Random** pedig, ha a véletlen alapján történik a kiosztás (33., 34. ábra).

Végezetül – ha az adott alkotás szempontjából ez releváns – a tervező dönthet, a kétdimenziós minta háromdimenziós **felületre vetítése** (UV map) mellett. Ennek során, ha a sík hálórendszeren változtatja a háromdimenziós modell kiterített „szabásmintáját” – például forgatja, kicsinyíti vagy növeli – a hálórendszer iránya és mérete annak megfelelően módosul (35. ábra). Lehetőség van felosztani a mintát, például szabásvonalakat helyezhetünk el rajta. Erre a hálórendszerre kerül rá az ismétlési algoritmus által alkotott minta vagy struktúra, ami utólag is módosítható. (36. ábra) Létezhet olyan eset, amikor a mintát vagy struktúrát, egy meghatározott formájú felületre szeretnénk torzítani, például egy adott szabásminta formájára. Ekkor a mintaelemek kö-

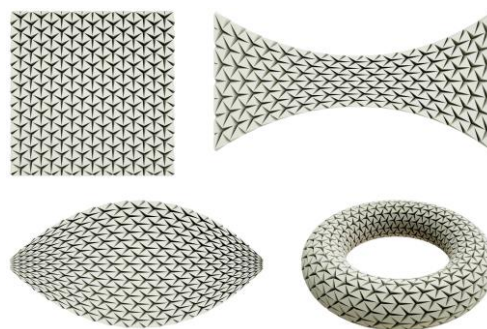
vethetik az adott alakzat formáját, a méretük nőhet vagy csökkenhet annak függvényében (37. ábra).

### Geometria algoritmusok megjelenése a textildizájn alkotásokban

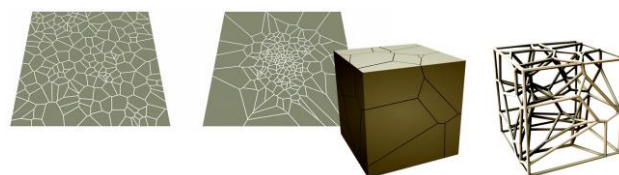
Leonie Tenthof van Noorden, Loe Feijs, Marina Toeters, Jun Hu és Jihong Liu alkotók Fits Me című alkotásukban a körpakolás elvét ötvözték a Voronoi-cella<sup>36</sup> rendszerrel, melyet átvittettek a ruha lézervágott mintázatának kialakítására. A körpakolás elve azon alapul, hogy hogyan lehet minél jobban lefedni körökkel a síkot, vagy gömbökkel a teret, miközben azok érinthetik, de nem fedhetik egymást. A Voronoi-cella pedig egy olyan cellaképző algoritmus, mellyel sejtyszerű szerkezetek készíthetők, síkban és térben egyaránt (38. ábra). A tervezők víziója az volt, hogy olyan generatív algoritmust hoztak létre, ami a körpakolás elvégzése után, a különböző méretű körök középpontjait úgy tekinti, mint egy Voronoi-rendszer középpontjait, és e mentén alakítják át a köröket organikus formákká. Ezt a mintázatot a szabásminta formájával összhangban alakí-



36. ábra



37. ábra



38. ábra

tották ki. Céljuk, hogy a felhasználó a paraméterek állításával egyéni ízlésére formálhassa a végleges mintázatot (39. ábra).<sup>37</sup>

<sup>36</sup> A Voronoi-cella létrehozásához kezdő lépésként leteszünk pontokat a térbe, majd a Delanay-féle háromszögelési algoritmust használjuk, melynek segítségével a legoptimálisabb módon összekötjük a pontokat és létrejönnek háromszögek. Ezután megkeressük a háromszögek oldalfelző merőlegeseit, melyek egy pontban metszik egymást, ezeket a pontokat összekötve létrejön a Voronoi-cella, mely sokszögekből áll.

<sup>37</sup> <http://gallery.bridgesmathart.org/exhibitions/2014-bridges-conference/feijs>





39. ábra



40. ábra



41. ábra



42. ábra



43. ábra

## Geometria használata a formák kialakításában

Az öltözetek és kiegészítők megalkotásakor a geometriai formák használata széleskörűen alkalmazott. Ezen formák ismétlődéséből épülhet fel egy háromdimenziós struktúra.

A geometria megjelenhet azokban a hajtásrendszerekben, amikor a kétdimenziós anyag háromdimenziós formát ölt, mint pl. a pliszé vagy az origami, valamint a szabásminta szerkesztés és modellezés alkalmával is, amikor tükrözzük, soroljuk vagy nagyítjuk az egyes szabásminta elemeket. A kortárs példák elemzésekor a hagyományos megoldásoktól haladunk a bonyolult, már matematikai algoritmusokat használó munkákig.

Számos tervező használja a geometriai formákat, mint a szabásminták kiinduló pontjait. Ezen formákból, mint a kör, négyzet, háromszög, téglalap különféle eszközökkel alakítják testre az öltözeteket. Erre egy példa *Valeska Jasso Collado* munkája. A tervezőnk kollekciójában a ruhadarabok szabásmintái tiszta geometriai formák, melyeket különböző bevágások és hajtogatások mentén alakít a test arányaira és formáira (40. ábra)<sup>38</sup>

A struktúrák létrejötte is alapulhat geometriai formákon, melyre jó példa *Rachel Poulter* kollekciója, amelyben a szabásminták és azok háromdimenziós felületeinek kialakítása során a tervező a geometriai formák transzformációit alkalmazza. A síkban kiterített anyagot különböző technológiai lépések segítségével – úgy mint az anyag merevítése és az elemek egymás mellé varrása – fordítja térbe (41. ábra).

Egy geometrikus forma tehát hatással lehet arra a felületre, melyet létrehoznak belőle, melyre jó példa *Issey Miyake* ikonikus Bao Bao táskáinak első generációja és annak újabb családja. Az eredeti táskáknál a tervező műanyag háromszögeket épít egy textil alapra, azokat egy bizonyos rendszer szerint egymás mellé helyezve lefedi a felületet, mellyel az flexibilissé válik, és képes felvenni számos alakzatot az elemek „megtörése” mentén. Az új kollekció táskáinak kialakításánál már elhagyja a háromszög-elemek egyeduralkodó használatát, egy felületen belül különféle geometriai formákat használ – kör, négyzet, rombusz, egyéb –, ami azt eredményezi, hogy a különböző alakzatok mentén máshogy fordul térbe az alapanyag, ezzel változatos formai játékot teremtve (42. ábra).<sup>39</sup>

*Junya Watanabe* 2015 őszi/téli kollekciójában hajtásokkal és az elemek meghatározott pontokon való összekapcsolásával éri el, hogy háromdimenziós formákat kapjanak öltözetek. A gyémánt alakú szerkezetek kialakítását az aranymetszés elve vezérli, ezzel erős plasztikus hatást elérve (43. ábra).<sup>40</sup>

*Efrat Tamara* táskakollekciójában a darázsolások<sup>41</sup> rendszere geometriai algoritmusokon alapul. A darázsolásban egy geometrikus hálórendszer alapján határozzák meg azokat a pontokat, melyeket himző öltésekkel összefognak, mindezzel háromdimenziós struktúrákat létrehozva. A munka kezdeti szakaszában a tervező a himzésmintákat matematikai elemzésnek vetette

<sup>38</sup> <https://www.dezeen.com/2014/06/09/valeska-jasso-collado-westminster-fashion-collection/>

<sup>39</sup> <https://www.dezeen.com/2016/09/22/issey-miyake-bao-bao-bag-fashion-dizajn-update/>

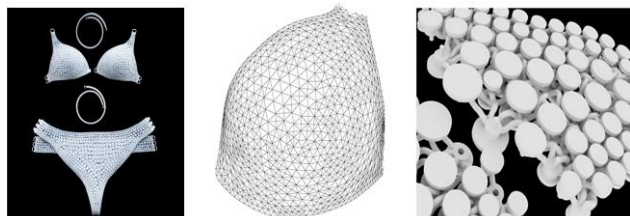
<sup>40</sup> <https://www.dezeen.com/2015/03/10/junya-watanabe-aw15-paris-fashion-week-pleats-folds-mathematical-patterns/>

<sup>41</sup> A darázsolás már a 18. században használt technika volt, melyet arra fejlesztettek, hogy rugalmasabbá tegyék az öltözeteket, később díszítési céllal használták ezt a himzés fajtát.





44. ábra



45. ábra



46. ábra

alá és meghatározta azokat a tulajdonságokat és funkciókat, amelyek ebből a szerkezetből adódnak. A táskakollekció kialakításához 8 algoritmust készített *Moran Mizrahi* és *Amit Zoran* segítségével. Munkájukkal alátámasztották, hogy a darázsolás technikája nagyon alkalmas arra, hogy ötvözni lehessen a matematikai algoritmusokkal, hiszen általuk komplexebb mintázatok hozhatók létre, valamint elérték, hogy a paraméterek változtatásával a végleges forma több tulajdonságát befolyásolni tudják – úgymint a rugalmasság, a tengelymozgás és a szerkezetből adódó szilárdság – a későbbi kiválasztott funkció relációjában (44. ábra).<sup>42</sup>

*Jenna Fizel* és *Mary Haung* dizájnerek N12 névre keresztelt bikini kollekciót alkottak a 3D nyomtatás és a parametrikus tervezés eszközeivel. A modell olyan egymással összekapcsolódó kör alakú elemekből áll, amelyek mérete összefügg a viselő testének idomaival, amit a test szkennelése során egyedileg határoznak meg. A körök mérete kisebb, ahol a testnek nagyobb a görbülete és nagyobb, ahol az laposabb. Az algoritmus először a nagyobb köröket osztja szét, és a közőket egyre kisebb körökkel tölti ki, megalkotva a vásárló testére pontosan illeszkedő ruhadarabot. A munka kapcsán az esztétika összeforr a szerkezettel és a funkcionalitással (45. ábra).<sup>43</sup> *Iris Van Herpen* divattervező munkássága is a modern technológiák használatára épül. 2014-es kollekciójában *Julia Körner* építésszel dolgozott együtt, melynek során munkájukkal arra szerették volna felhívni a figyelmet, hogy a digitális technológiák és az algoritmusok használata forradalmasítja a divatipart azál-

tal, hogy a testszkennelés és a 3D modellezés lehetővé teszi a ruhadarabok egységivé tételét és testre történő tökéletes illeszkedését, tehát az egyedi tömeggyártást. A ruhadarabok anyagának a Polyjet Flex-et választották, amely alkalmas arra, hogy különböző merevségben lehessen előállítani, így az algoritmus meg tudja határozni, mely

pontokon szükséges a merevebb és hol indokolt a rugalmasabb változat használata a mozgás és az öltözköviselésének könnyítése céljából (46. ábra).<sup>44</sup>

## Összegzés

A cikk a matematika és a textildizájn közös területeit szándékozott feltérképezni, továbbá ismertetni a textildizájnhoz ezt az eddig kevésbé kutatott területét. Ennek során elemzi azokat a matematikai jellemzőket, amelyek megjelennek a kortárs textildizájnban, valamint vizsgálja és csoportosítja, hogy az egyes textildizájn alkotások hogyan használják ezeket a matematikai eszközöket. A cikk rávilágít arra, hogy ez a két terület hogyan tud közreműködni innovatív projektek létrehozásában.

A matematikai algoritmusok tudatos használata, valamint a parametrikus tervezési eszközök olyan újszerű eredményeket hoznak a textildizájn területeire, amire azelőtt nem volt lehetőség. Ezeknek az eszközöknek a használatával képesek vagyunk a mintázatokat, formákat, felületeket dinamikusan változtatni, számos funkcionális és esztétikai cél elérése érdekében, valamint általa személyre szabhatjuk az öltözeteket, melyhez a számítógépes tervezőprogramok és a modern technológiai eszközök – 3D szkennelés, 3D nyomtatás stb. – használata nélkülözhetetlen.

## Felhasznált szakirodalom

- Bajor Andor. A jövő a számítandósoké. Magyar szerzők írásai a matematikáról. Norman könyvkiadó kft., 2004
- Birell, Verla. The textile arts : A handbook of fabric structure and dizájn Processes ancient and modern weaving, braiding, printing, and other textile techniques. New York : Harper and Brothers, cop. 1959
- Falus Róbert. Az arany metszés legendája. 2., jav. kiad., Budapest: Magyar. Könyvklub, 2011
- Field, Michael. Golubitsky, Martin. Symmetry in chaos : A search for pattern in mathematics art and nature. Oxford [etc.] : Oxford University Press, 1992
- Fokasz Nikosz. Káosz és fraktálok. Bevezetés a kaotikus dinamikus rendszerek matematikájába – szociológusoknak. Budapest : Új Mandátum Könyvkiadó, 1999
- Hargittai Magdolna. Hargittai István. Képes szimmetria. Budapest : Galenus, 2005
- Hemenway, Priya. Divine proportion A titkos kód : a művészetet, a természetet és a tudományt szabályozó rejtélyes képlet. [Budapest] : Vince K. ; [Köln] : Evergreen, 2009
- Hersh, Reuben. A matematika természete. [Budapest] : Typotex Elektronikus Kiadó Kft., 2000
- Kokasné (dr. ) Dr. Palicska Lívia. A jövő textiliái. Magyar Textiltechnika LXIII. Évf. 2010/3.
- Kovács Ádám. Dr. Vámos Attila. Aranyháromszög: arany metszés, Fibonacci-sorozat, szabályos ötszög. Budapest: Műszaki Kvk. cop. 2007
- Peitgen, H.-O. Richter, P.H. The Beauty of Fractals: Images of complex dynamical systems. Belrin, Heidelberg, Spinger-Verlag. 1986
- Perneczky Géza. Fraktálok és eseményminták. Budapest: Kijárat kiadó, 1998
- Stewart, Ian. A természet számai. A matematikai képzelet irreális realitása. Budapest : Kulturtrade Kiadó, 1995
- Weyl, Hermann. Symmetry. Szimmetria. Budapest : Gondolat, 1982

<sup>42</sup> <https://www.dezeen.com/2015/12/01/tamara-efrat-crafted-technology-smocking-embroidery-photoshop-bag-dizajn/>

<sup>43</sup> <https://www.dezeen.com/2011/06/07/n12-3d-printed-bikini-by-continuum-fashion-and-shapeways/>

<sup>44</sup> <https://www.dezeen.com/2014/09/23/julia-koerner-interview-fashion-technology-3d-printing-haute-couture-ready-to-wear/>