



Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem
Gép- és Terméktervezés Tanszék

Parametrikus design forradalma

**Hogyan alakul át a terméktervezés a sorozatgyártástól az egyedi termékek
készítéséig?**

Tudományos Diákköri Dolgozat
2014

Készítette: Murvai Henriett

Konzulens: Vidovics Balázs
tanszéki mérnök

Pozsonyi József
belsőépítész

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	
2. Parametrikus design	
2.1. A parametrikus designról általánosan.....	5
2.2. Számítógépes háttér.....	6
2.3. Parametrikus szoftverek a tervező kezében.....	11
2.4. Parametrikus tervezés forradalma.....	17
3. Parametrikus tervezés piaci bevezetése egyedi termékek gyártása céljából	
3.1. Igényt kiváltó okok.....	20
3.2. Hogyan valósítható meg?.....	22
3.3. Mi szükséges ehhez?.....	24
3.4. Fogyasztói igények felmérése.....	27
3.5. Üzleti modell.....	30
3.6. Jelenből a jövőbe.....	33
3.7. Korábbi kezdeményezések.....	33
4. Egyedi termékek gyártása	
4.1. Gyártási feltételek.....	36
4.2. Additív gyártási technológiák.....	37
5. Parametrikus tervezés a gyakorlatban	
5.1. Esettanulmány.....	40
5.2. Grasshopper parametrikus tervezőszoftver bemutatása.....	40
5.3. Tervezési technika gyakorlati alkalmazása.....	44
5.4. Organikus állólámpa bemutatása.....	44
5.5. Konstruktivista függesztett lámpa bemutatása.....	48
6. Konklúzió.....	53

1. Bevezetés

A parametrikus tervezés már régóta ismert és alkalmazott technika a tervezők körében. Környezetünk elemei leírhatók tulajdonságaikkal, melyeket paramétereknek nevezünk. A tervezési folyamatban ezek többnyire számadatokként jelennek meg, a dolgok meghatározására, korlátozására szolgálnak. „Amikor nem magát a formát alakítjuk át – ahogy pl. tesszük ezt az animációs szoftverek alkalmazása esetén – hanem a formát alkotó elemek paramétereinek megváltozásával generálunk új formát, parametrikus design-nak nevezzük.”¹

Nehéz, mégis szükséges megkülönböztetni a parametrikus tervezés újonnan kialakult irányvonalát a korábbi, napjainkban széles körben elterjedt módszertől. Jelentésbeli tartalmuk között nincs éles határvonal, gyakorlati alkalmazásuk során viszont jelentős eltérés tapasztalható. Az új, kifinomult tervezési módszer a korábbinál több lehetőséget rejt magában. A matematikai tartalom nem csak egyszerű számadatokként lehet jelen, ezek összefüggésekben való meghatározása számos előnyhöz juttathatja a tervezőt. Hierarchikus, logikus definiálási módok segítségével hozható létre egy modell, a végeredményt megvalósító rendszereket kisebb részekre, akár elemi egységekre bontva, illetve ezeket eltérő környezetbe helyezve korábban megvalósíthatatlannak tűnő tervek születhetnek. A matematikai háttér bővítése érdekében a paraméterként használt adatokat felválthatja bármilyen más típusú, digitális jellé alakítható információ. Az alkalmazható eszközrendszer bővítése összességében a tervezés jellegének megváltozását, fejlődését eredményezheti.

A kutatás koncepciójának megértése érdekében ezért fontos elvonatkoztatni a napjainkban ismert és alkalmazott parametrikus tervezéstől. A dolgozat felöleli az új irányvonal megismerését, elemzését, hasznosságának megértését és bemutatja az alkalmazásának lehetőségeit a termék- és formatervezés területén.

¹ Márton Enikő: Tervezési technikák evolúciója. 2003

2. Parametrikus design

2.1. A parametrikus designról általánosan

A parametrikus tervezés egy új gondolkodásmód, mely a generatív designon alapszik. Szakít a hagyományos, egyirányú tervezéssel, emiatt új formai megoldásokat eredményezhet. A parametrikus tervezés a számítógépes tervezés kifinomult változata, ahol a matematikai összefüggések a meghatározóak. A számítógéppel támogatott tervezési folyamat során a modelleket újragenerálhatjuk, manipulálhatjuk, és a megjelenítő programoknak köszönhetően azonnal megvizsgálhatjuk ezek hatását. A különbség a hagyományos tervezési technikától abban nyilvánul meg, hogy a modelleket meghatározó paraméterek nem önállóan kezelhetők, hanem szabályrendszerben léteznek. A tervezés során nem a végső megvalósuláshoz szükséges tulajdonságok kerülnek a tervezés középpontjába, hanem az azok közötti kapcsolatok, az ok-okozati összefüggések.

Az elnevezés félrevezető lehet, valójában nem a paramétereken van a hangsúly, hanem azok felhasználási módján. Ha egy kezdeti adat befolyásolni tudja a legutolsót, akkor ezt megváltoztatva anélkül juthatunk új végeredményhez, hogy a közte lévő lépéseket újra el kellene végezni, hiszen az rendszerelvűen, önmagától megvalósul. Egyetlen paraméter módosításával óriási változásokat érhetünk el, globálisan, az egész modellre kiterjedően úgy, hogy a már konstrukciós helyes kialakítás a módosított formában hibátlanul megjelenik. Ez remek lehetőséget biztosít arra, hogy rövid idő alatt számos koncepciót hozzunk létre és teszteljünk. Könnyű különbséget tenni az algoritmusok által vezérelt, parametrikusan létrehozott tervek és a régi típusúak között. Előbbiről szinte kiált, „Én vagyok a kortárs, engem újragondoltak!”. Alkalmazásának köszönhetően az új ötletek piaci bevezetése hatékonyabb módon történhet.

A parametrikus tervezés eddigi leglátványosabb eredményeit az építészeti alkotások között találjuk. A szakma egyik legismertebb alakja *Patrik Schumacher*, a *Zaha Hadid Architects* igazgatója. Schumacher szerint egyedül ez az új stílus képes hiteles, progresszív és fenntartható választ adni a modernizmus válságának problémáira. A parametricizmus forradalmasíthatja nemcsak a tárgytervezést és építészetet, de a média és a design minden területére hatással lesz. A számítógéppel támogatott tervezési eljárások segítik a konstruktőröket a folyamatorientált, generatív, rezponzív rendszereket modellező technikák alkalmazásában. Sokkal szorosabb együttműködést tesz lehetővé a tervezés és a kivitelezés

között, elmosva a korábbi éles határvonalakat. A numerikus gyártási technológiáknak köszönhetően a parametrikus tervekből egyszerűen generálhatók akár CNC-szerszámok, robotika vezérlésére alkalmas G-code, vagy egyéb gyártmányterv. Mivel a tervezés fázisának leelejétől akár az anyagtulajdonságok is paraméterekként kezelhetők, a parametrikusan tervezett termékek sokkal gazdaságosabbak lehetnek mind anyaghasználat, mind fenntarthatóság szempontjából.²



(1.) Abu Dhabi Előadóművészeti Központ, tervező: Zaha Hadid, 2007 (forrás: www.zaha-hadid.com, 2014)

2.2. Számítógépes háttér

A parametrikusságot intenzíven támogató szoftverek létrehozása az ezredfordulón kezdődött és óriási hatással volt a tervezők életére. A programok fejlesztői, azok elkészítése során tervezői irodákkal és egyetemekkel folyamatosan tesztelték az eredményeket. Ennek köszönhető, hogy eszközszoftvereik olyan elemeket tartalmaznak, amelyek valós problémákra nyújtanak megoldást, és megvalósítanak olyan tevékenységeket, amelyek a tervezés elejétől egészen a gyártási folyamatig válhatnak szükségessé.

A számítógépes tervezői programok alapját kezdetekben az euklideszi geometria adta. Bolyai

² Szabó Péter: Parametricizmus, avagy a parametrikus dizájn. 2013

János, Nikolaj Ivanovics Lobacsevszkij és Karl Friedrich Gauss már a 19. században foglalkoztak a hiperbolikus geometria, topologikus felületek matematikai leírásával. A ma már széles körben elterjedt CAD alapú szoftverek ugyanezek a geometriai alapokon nyugszanak, és az alkalmazások lehetővé teszik, megkönnyítik és gyorsítják a közvetlen háromdimenziós tervezést.

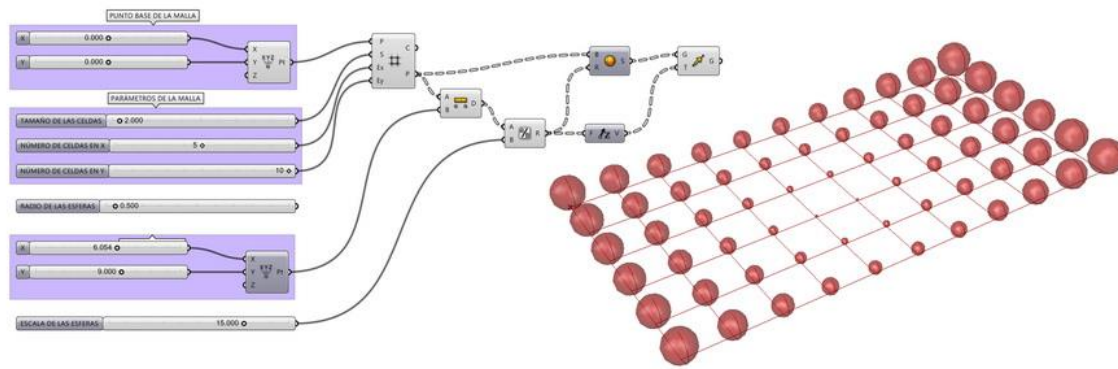
Számítógépes modellek többféle építési elven hozhatók létre, például síkgeometriai elemek testté alakításával és különálló részek összekapcsolásával hatékonyan építhetők, erre számos lehetőség kínálkozik. A tervezői rendszerek beépített eszköztára, a konkrét parancsok felhasználása viszont jelentősen korlátozza a konstruktőr lehetőségeit, illetve a modell változtathatóságát. Kis módosítások tönkretelhetik a már felépített struktúrát, így kárba veszhet a korábbi munka. Nem távolíthatóak el parancsok anélkül, hogy ne veszítenénk el az arra épülő, a modellt létrehozó későbbi utasításokat. Az ebből adódó manuális utómunka rengeteg időt vesz igénybe - minél fejlettebb a struktúra, annál több problémát von maga után egy-egy apró módosítás. Ez minden későbbi döntés következményként megjelenik. Továbbá nem hozhatók létre elemek anélkül, hogy azok előfeltételei már ne lennének megfelelően előre definiálva. Így legtöbbször egy elem csak előfeltételeinek teljesítését követően valósulhat meg. A parametrikus tervezői szoftverek a fent említett problémákra is megoldást nyújtanak. Mivel a szabályrendszert a konstruktőr hozza létre, ezért az általa meghatározott kapcsolatoktól és feltételrendszertől függ, hogy egy módosítás hogyan hat a modellre. Ennek megfelelően a módosítások következményei könnyen kezelhetők, illetve jövőbeli lépéseket előre megtehetünk, míg a korábbi CAD alapú rendszerekkel ez nem volt megvalósítható.

A számítástechnika egyik ága, a számítógépes geometria foglalkozik részletesen a parametrikus modellezés során alkalmazható algoritmusokkal, melynek két fő ága létezik. A kombinatorikus (algoritmikus) és a numerikus számítógépes geometria. A kombinatorikus geometria hatékony algoritmusokat fejleszt és adatszerkezeteket épít fel alapvető geometriai problémák megoldása érdekében. A komplex számítások elvégzése a beérkező információk alapján, a tárolt adatoknak megfelelően könnyen és gyorsan történik. Ide tartoznak a statikai problémák, melyek esetében néhány bemeneti adat felhasználásával kell a megfelelő eredményt kialakítani vagy megtalálni. Ezek lehetnek területek, vonalszakasz-keresztvezetékek, távolságok meghatározása, elemek részekre bontása, voronoi (térfelosztó) diagramok, mesh (hálós szerkezetek) generáció és boolean (logikai) műveletek elvégzése. Tartományok, helyadatok és objektumok egymáshoz viszonyított helyzete szintén

meghatározható. Geometriai adatok kinyeréséhez két bemeneti adatra van szükség, amely maga a keresési tér és a lekérdezendő információ típusának meghatározása. A rendszerek dinamikussá tételének alapját olyan algoritmusok képezik, melyek bemeneti információi változtathatók, az eredmény mindig az adott pillanatban felhasználnak megfelelő. Ennek hátránya a megnövekedett feldolgozási idő, amely a számítások elvégzéséhez szükséges. A numerikus számítógépes geometria szintén a geometriai modellezés és a CAD rendszerek működését teszi lehetővé. Legfontosabb elemei a paraméteres görbék és felületek, melyek létrehozásához számadatok szükségesek.

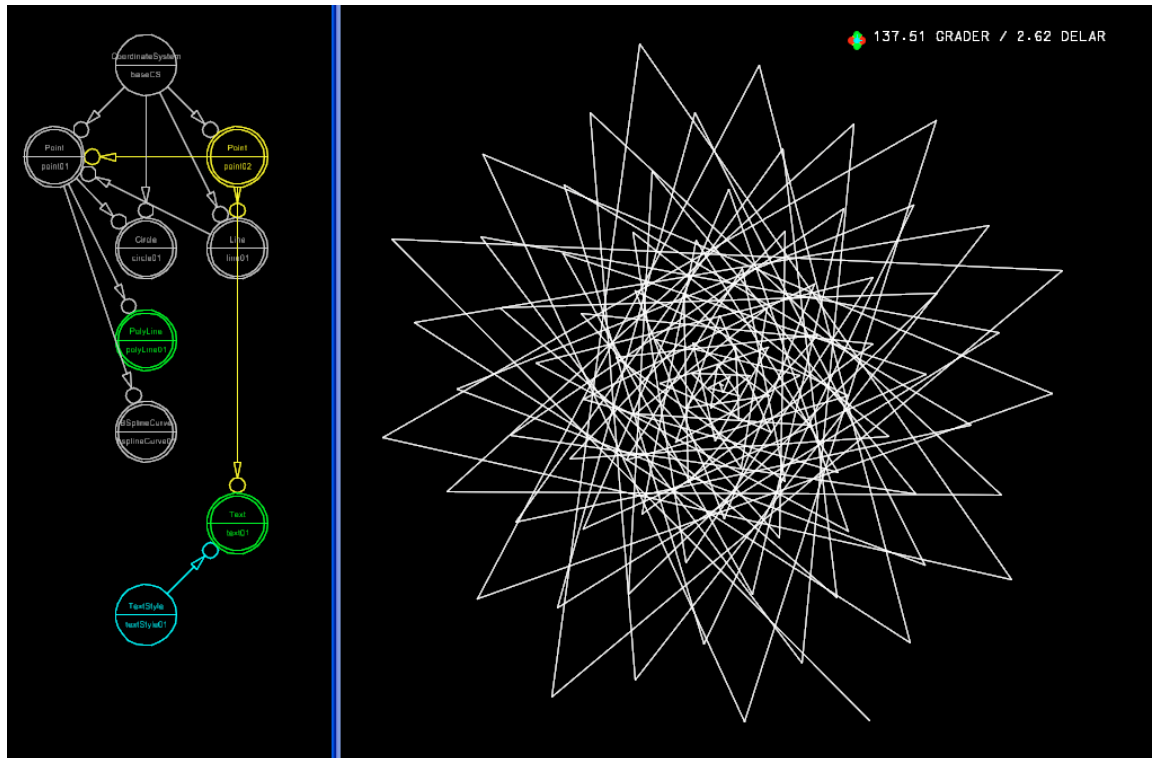
A parametricizmus elméletét integráló szoftverek hasonlíthatók a széles körben elterjedt Excel táblázatkezelő program működéséhez. Számtani feladatok elvégzésének segítőjeként előre meghatározott, konkrét feltételekből kiindulva, bizonyos szabályok lefektetésével igen összetett eredmények könnyedén, azonnal megszerezhetők. Ez a felhasználandó adatok megfelelő strukturáltságának köszönhető. A programba előre betáplált függvények alkalmazásával egyszerűen elvégezhetők a műveletek. A kezdeti paraméterek módosítását követően az eredmények azonnal frissülnek, hiszen a rendszer mindig ugyan úgy hajtja végre a feladatot, a végső kimenetel a felhasznált információtól függ. A parametrikusság elméletén alapuló szoftverek ezt a dinamizmust biztosítják. A folyamatok elvégzéséhez szükséges, programkódként előre megírt műveletek bármilyen környezetben felhasználhatók.

A parametrikus tervezői programok megismeréséhez és használatához elengedhetetlen a korábbi CAD szoftverek ismerete, a különbségek így válhatnak érthetővé. A korábbi társaitól a parametrikus, generatív rendszereket alapvetően az objektum-orientált felépítés és a kódírás különbözteti meg. Ilyen program a Rhinoceros, a CATIA-ra épülő Digital Project, a ParaCloud GEM, a Maya. A hozzájuk kapcsolódó modulok teszik lehetővé a kódírást, így a programok segítségével megvalósítható műveletek száma, azaz a szoftver funkcionalitása növelhető. A Rhinoceros a Grasshopper-rel, egy vizuális programozó nyelvvel valósít meg szoros együttműködést. Hozzá hasonló a Generative Component, amely önállóan is futtatható. Utóbbi esetben a kódolás nem vizuális eszközök segítségével, hanem szöveges formában történik. Népszerű szoftver a Maya, amelyben szintén kódírás segítségével hozhatók létre háromdimenziós tervek. Mivel a modellező programok többnyire csak megjelenítik a kódok által létrehozott objektumot, így maga a modell nem létezik, csak az őt létrehozó utasítás.



(2.) Háromdimenziós modellsorozatot létrehozó Grasshopper definíció (forrás:

<http://www.parametriccamp.com/en/what-is-parametric-design>, 2014)



(3.) Generative Component definíció (forrás: <http://www.omkrets.se/gc>, 2014)

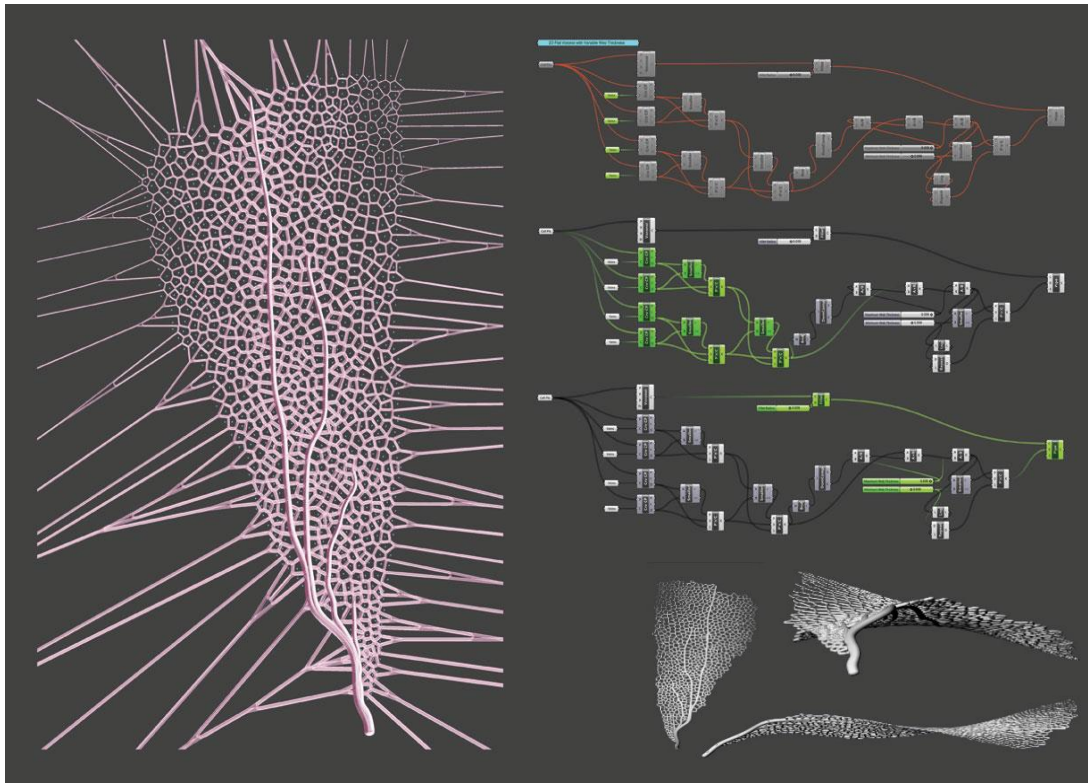
Az említett szoftverek a korábban is alkalmazott CAD eszközrendszerekre épülnek, de megközelítésükben a hagyományos mérnöki szemléletet jelentősen kibővítik. Például a fejlesztők célja az élet bármely területén végbemenő folyamatok matematikai leírása. A hagyományos utasításokon túl számos parancs a természetben megjelenő algoritmusokra épül, melyek segítségével, a korábbi programokkal meg nem valósítható, bonyolult geometriák is egyszerűen kezelhetővé válnak. A sejtek képződésének, majd szövetté szerveződésének, az

időjárás vagy a szélirány változásának, de akár a vízesés zuhanásának, majd felületről való visszacsapódásának matematikai leírásával és az ezekre vonatkozó szabályok felhasználásával rendszerek hozhatók létre.

A modellezési metódus hasonlít a hagyományos CAD rendszerekhez, eltér viszont a korábbi 2D-s megközelítéstől, melyek rajzokon alapulnak. Az alaksajátosság (-feature) alapú technika alapján a 3D-s objektumot létrehozó parancs a funkcióra épül. A parametrikus tervezés során is fontos szerepet játszanak a kényszerek, viszont ezek is parametrizálhatók, mely jelentős előnyökhöz juttatja a tervezőt. Nem a mérték, a tulajdonság kerül pontos meghatározásra, hanem annak megvalósítása, illetve feltételei.

Az eddigiek illusztrálására remek példaként szolgálnak a pneumatikus (felfúj) építészeti szerkezetek, amelyek azért jelentősek, mert ezekkel lehet a leggazdaságosabban lefedni egy nagyméretű teret. Ez analóg a sejtek szerkezetével, amelyek kis pneumatikus cellaként, a külső-belső nyomáskülönbségek révén sejtfalukkal megvédik a sejtmagot.

A parametrikus tervezés a természeti rendszerek és összefüggések alkalmazása okán az evolúciós megközelítést is magába foglalja. Az evolúciós biológia fogalmait *Michael Weinstock* és kutatócsoportja integrálta a tervezési koncepcióba. A természetes fejlődési folyamatok tanulmányozását és algoritmusokkal való leírását szintén ők végzik. Mivel a természet mindig az „optimális” megoldásra törekedett az evolúció során, ezért kutatások, fejlesztések során okkal meríthet belőle ihletet az ember. *Marcos Novak* tette kutatás tárgyává az algoritmusok által vezérelt formaképzést és ültette át az építészeti gondolkodásba. *Greg Lynn* az animációs világot reformálta meg, munkája során a tervezést korlátozó tényezők megszüntetésére törekedett. Az autógyártásba Frank O. Gebry hozott változást, a Digital Poject, a Catia program továbbfejlesztésével.



(4.) Sejtképződés folyamatát reprezentáló algoritmus és alkalmazásai (forrás:

<http://www.enmls.com/projects/coral-study/>)

2.3. Parametrikus szoftverek a tervező kezében

A mérnöki tervezés egy probléma megoldására irányuló tevékenység, melynek eredményeképpen egy adott célnak megfelelő objektum kerül meghatározásra. Cél a funkciók átalakítása egyfajta leírássá, úgy hogy a termék képes legyen megvalósítani vagy biztosítani azokat. A tervezés során a teljes funkcionalitás és viselkedési leírás együtt létezik, és ráépül a topológiai kapcsolatokra. Úgy is tekinthető, mint magyarázó, leíró, korlátozó tevékenység a modellekre vonatkozóan. Ez a Function - Behavior - Structure (Funkció - Viselkedés - Szerkezet) modellezési technika, mely lehetővé teszi, hogy egyszerre és külön-külön is megjeleníthető legyen egy objektum e három vonulata. A funkció összekapcsolódik a szerkezettel, a viselkedés pedig a szekvenciális állapotok változásával.

Egy modell létrehozásához a következőket szükséges definiálni:

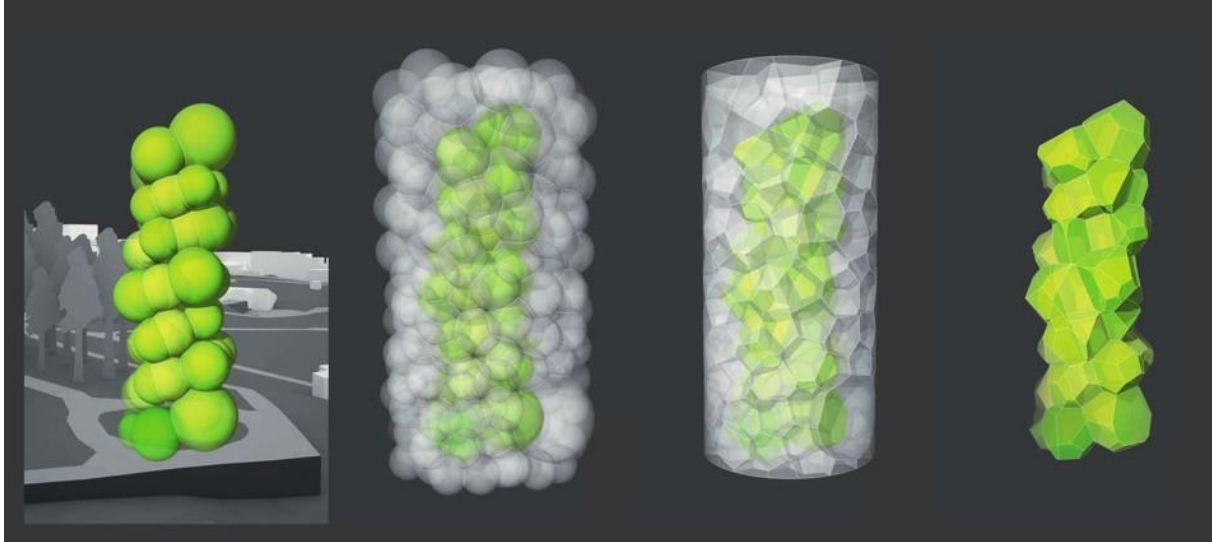
- *Felépítés:* Önálló elemek meghatározása, csoportokba szervezése.
- *Státusz:* Numerikus vagy kategorikus mennyiségek pillanatnyi meghatározása. Ezek változtatásából adódik a parametricizmus dinamizmusa.
- *Alapelv:* Az alaptörvények lefektetése, melynek célja a viselkedések és tulajdonságok változásának zökkenőmentes szabályozása.
- *Viselkedés:* A rendszer paramétereinek változtatását reprezentálja, a tesztelhetőség alapja.
- *Funkció:* A rendszer hasznosságát bizonyítja annak érzékenysége révén.³

A parametrikus tervezés tehát egy definiáló tevékenység. A konstruktőr feladata az elemek egyértelmű meghatározása, tulajdonságokat leíró paraméterek, illetve az adatok változtathatósági tartományának megadása és az objektumot létrehozó szabályrendszer kialakítása. Ezen algoritmusok felépítése a programozási feladatokhoz hasonlítható. Mivel nem közvetlenül a modell kerül felépítésre, hanem az azt meghatározó parancsok hálózata, ezért a tervezőnek elsőként az erre irányuló absztrakció készségét kell elsajátítania. A tervezőnek meg kell ismernie és tanulnia az ezt lehetővé tevő számítógépes nyelvet ahhoz, hogy a parametrikus tervezés előnyeit élvezhesse. A tudás megszerzésébe fektetett energia feltehetően hosszútávon megtérül.

A tervezési folyamat során folyamatosan szükség van elemzésre és visszacsatolásra. Az információáramlás az elemek kapcsolódásának tekintetében egyirányú, globálisan viszont a változtatásokból adódóan egy véget nem érő, önmagába visszatérő ellenőrző folyamat. A tervező rendszer folyamatos elemzést végez, ezen felül a tervező is felülvizsgálhatja a folyamatokat és a struktúrát. Ezek vonatkozhatnak helyzet, megjelenés, viselkedés stb. meghatározására, leírására és korlátozására. Céljuk a fizikai megvalósulás ellehetetlenülésének kiküszöbölése. Az analízis globális és absztrakt szinteken is végbemehet, ez a kialakított szabályrendszertől függ. A kész modell könnyen módosítható, fejleszthető, míg a szerkezeti kialakítások és gyártási lehetőségek optimálisak lesznek. Lényeges, hogy az eredmények egyidejűleg léteznek, ami a fejlesztés során jelentős segítséget nyújt. Mindez grafikai, matematikai és szöveges segítséggel valósul meg. A kívánt elemek és azok kapcsolatainak megjelenítését a tervezési leírás teszi lehetővé. A probléma megoldását tehát jól reprezentálja a modellezési folyamat során létrehozott definíció. A megoldáskeresés így

³ Zhang W.J., Lin Y., Sinha N.: On the Function-Behavior-Structure Model for Design

számos lehetőséget rejt magában, illetve a végeredmény különböző kombinációk létrehozásával is elérhető.



(5.) *Formakeresés* (forrás: <http://www.karamba3d.com>)

A parametrikus tervezés célja a modell azonnali megjelenítése tulajdonságok módosítását követően minden utómunkálat nélkül. Tervezési probléma típusától függően a kezdetekben érdemes a lehetőségeket mérlegelni és dönteni az aktuálisan alkalmazott tervezési technikáról. A hagyományos modellezési módszerek nem veszítik el hasznosságukat az új tervezési filozófia mellett. Továbbra is előfordulhatnak olyan feladatok, amelyek esetén jobb a régi, megszokott, bevált módszereket alkalmazni. Például egyes szabványos alkatrészek méretsorozatai nem feltétlenül logikus vagy könnyen definiálható szabályrendszer alapján alakultak ki, így elképzelhető, hogy a korábbi eszközkészlettel gyorsabb dolgozni a tervezés egy adott fázisában. Ezzel ellentétben, ha a konstruktőr úgy ítéli meg, hogy a terv algoritmizálása előnyös, akkor a definíció létrehozásba fektetett idő- és energia a későbbiekben kamatozik. A konstruktőr feladata a korábbinál összetettebb, hiszen a modellt az azt felépítő elemek és azok kapcsolatainak logikus definiálásával hozza létre. Az így kialakított összefüggések és logikus kapcsolatok rendszere teszi lehetővé a koncepcióváltozatok rövid idő alatti elkészítését és tesztelését.

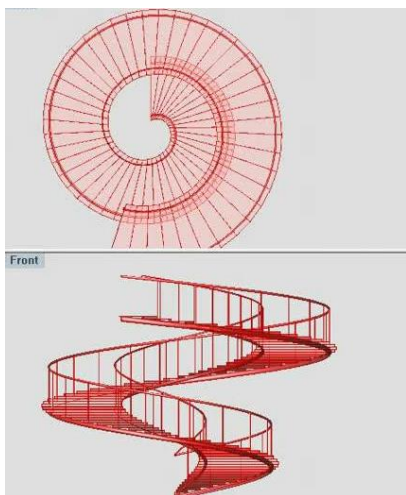
A parametrikus tervezőprogramok hagyományostól eltérő, igen gazdag eszköztárában megtalálható elemek alkalmazásával, illetve ezek különféle kapcsolatba helyezésével a tervező maga is új parancsot definiál. Ezzel a tervezőnek lehetősége nyílik olyan geometriák kialakítására, amelyeket a korábbi szoftverek beépített parancsaival nem valósíthatott meg.

Az algoritmizálás során felhasználható parancsok végrehajtásához szükség van egy vagy több bemeneti információra, amelyet a tervező határoz meg. Ezek az egészen egyszerű geometriai vagy számadatoktól kezdve, bonyolult matematikai műveleteken át, egészen az amorf testekig bármi lehet. Ám ezeket mindvégig paraméternek kell tekinteni, nem konstans, hanem felvett értékek. A bemeneti információ (input) felhasználásával a programban már kódolt utasítás futtatásával jön létre a kimeneti (output), amely információtartalma felhasználható egy vagy több újabb parancshoz. A programok ellenőrző mechanizmusa ezeknél a lépéseknél (valójában minden egyes lépésnél) megvalósul, hiszen a végrehajtó komponens csak a helyes információt tudja feldolgozni, ellenkező esetben hibaüzenetet közvetít a felhasználó felé, illetve nem jön létre a kívánt eredmény. A végcél eléréséhez a logikus felépítést kell meghatározni a megfelelő utasítások felhasználásával és összefüggésbe helyezésével. Már a tervezési folyamat elején érdemes végiggondolni, hogy egy parancs mit befolyásol a modellen, mivel áll kapcsolatban, és ennek megfelelően szükséges az adott struktúrát felépíteni. A modellt meghatározó változók lehetnek egymástól függetlenek, de egymás függvényeiként is definiálhatóak. Akár a legutolsó elem összefüggésben állhat a legelsővel, de az összes korábbi is befolyásolhatja, meghatározhatja azt. Még egyszer érdemes hangsúlyozni a globális látásmód fontosságát. Természetesen a parancsok későbbi módosítása, cserélése, törlése anélkül lehetséges, hogy a vele kapcsolatban állók elvesznének. Csak az új utasítás végrehajtásához szükséges inputokkal kell rendelkezni, hogy a modell létrehozásához megfelelő eredményt kapjunk.

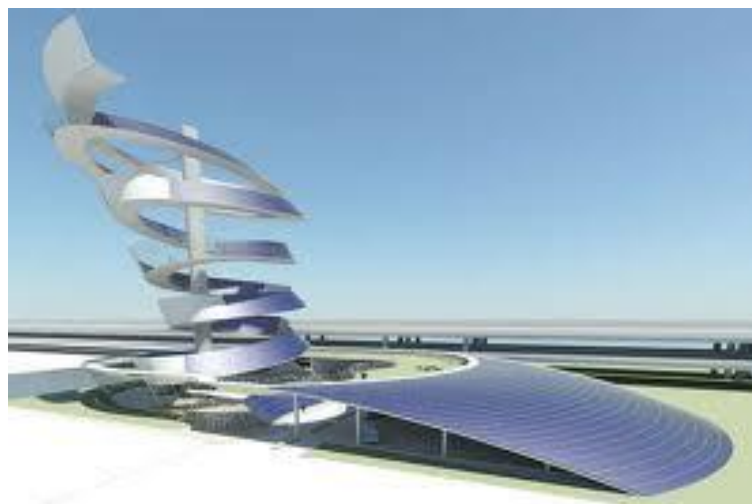
Egy probléma megoldására felépített rendszer segíti a tervezőt, mely a létrehozott definíció fa struktúrába rendezésével érhető el. Ez maga a tervezői gondolkodás vizuális megtestesülése. A vizualizáció nem csak a tervezési logikát mutatja, de egyaránt remek a gyártási, szerelési, működési folyamatok és az azokon belüli összefüggések reprezentálására. A szoftverek kezelőfelületén az elemek csoportosíthatók a jobb áttekinthetőség érdekében, a rendszer így segíti a szerkezeten belüli tájékozódást, illetve átfogó képet ad a felhasznált információk áramlásáról. A hierarchikus felépítés teszi lehetővé, hogy a definíció bármely szakaszát módosítva az erre épülő elemek azonnal módosulnak, míg az alatta lévők nem. Az automatizált feladat-végrehajtásnak köszönhetően a rendszer kiküszöböli az emberi hibákat, mind a számolás, mind a szerkesztés területén. A programokban az egyszerű geometriai elemektől kezdve, a kézzel nehezen megszerkeszthetőkön át, felület- és testképző parancsok, matematikai és logikai műveleteket végzők, fizikai analízist végrehajtók és számos egyéb utasítás megtalálható.

Az algoritmuskészítés lehetősége és hasznossága a hierarchikus szerkezetben rejlik, illetve a rendszer érzékelő, kiértékelő és kiválasztó tulajdonságainak köszönhető. A program pontos adatokkal rendelkezik a létrehozott elemekről, amelyek felhasználhatók a további modellezés során.

Példaként szolgálhat a legegyszerűbb geometriai elem, a pont, amely síkban és térben pozícionálható, ismételhető. A már meglévő pontok rendszere algoritmusként szolgálhat más elemek pozícionálására. Vagy tekinthető a csigavonalban elhelyezett, egymástól fokozatosan, egyre nagyobb távolságra elhelyezkedő pontok halmaza. Ezek meghatározhatják a szintén szabályszerűen egyre nagyobb térfogatú kockák középpontját, illetve azok sorozatát. Definiálhatók úgy, hogy mindig a soron következő elem az előző térfogatának x -szerese legyen, de épülhet mindegyik egy kiválasztottra. Független és függő változók egyaránt alkalmazhatók. Utasításba adható az is, hogy az n -edik és az $n+1$ -edik elem felszínének összege alapján hozza létre a következő testet. Ez az úgynevezett mutáció, ami egy objektum fokozatos változtatását jelenti előre lefektetett szabályok vagy folyamat alapján. Kiválasztható a két egymáshoz legközelebb lévő test vagy a legnagyobb térfogatú, és erre épülhetnek további lépések. Így egy egyszerű pontrendszer felépítése a modell fejlesztésének alapja lehet, illetve olyan amorf, mégis szabályrendszeren alapuló geometriák hozhatók létre primitív elemekből, amelyek korábban nem valósulhattak meg ilyen egyszerűen.



(5.)



(6.)

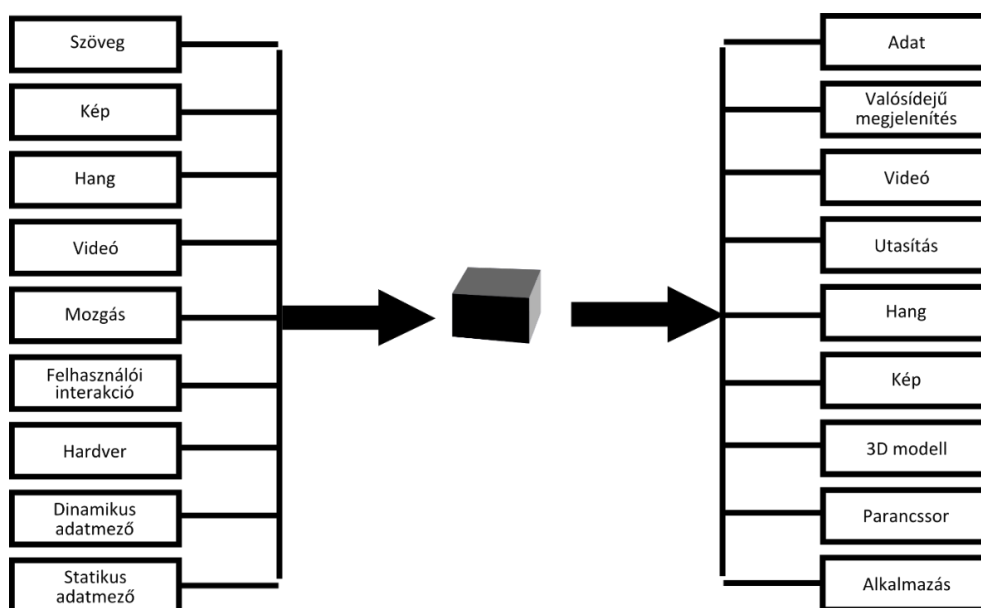
(5.) Algoritmussal képzett modell (forrás: www.fastforeword.wordpress.com/tag/rhino-3d/)

(6.) Algoritmizált modell alkalmazása – Napelemes energiatermelő létesítmény (The Solar Spiral, Chichago, Amerikai Egyesült Államok) (forrás: www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/category/sustainable-design/page/2/)

Formaképzés céljából tehát jól használható parancs az ismétlés, amelyet forgatás, eltolás, kicsinyítés, nagyítás, torzítás és mozgatás műveleteivel ötvözve bonyolult, nehezen megszerkeszthető, egyben csodás alakzatok hozhatók létre. Az interaktív szoftvereknek köszönhetően a felépített struktúra bármely elemén történő paramétermódosítás az egész összefüggésrendszer eredményét befolyásolhatja.

A parametrikus tervezés szintén remek tulajdonsága, hogy a modellezés során számos eltérő típusú információ felhasználható. Ennek köszönhetően a virtuális modellezés közvetlenül összekapcsolható a valósággal. Környezetünkben előforduló jelenségek, folyamatok digitalizálásával és konvertálásával olyan adatok képezhetők, melyek a tervezés során effektíven használhatók a tervek létrehozására. A parancsok végrehajtásához szükséges bemeneti adat tehát lehet bármilyen digitalizált jel.

Az algoritmizált modellezés gyakorlati alkalmazására remek példa a mozgás-alapú szimuláció. Tehetséges fiatalok tornászokról, táncosokról videofelvételeket készítettek, majd ezeket a digitális információkat felhasználva animációkat hoztak létre úgy, hogy az a mozgást, a testhelyzetet folyamatosan követő geometriai elemekből áll. A leíró testek létrehozásának alapja a szabálytalanság, a véletlenszerűség, melyet a programba beépített random generátor valósít meg. Az emberi test mozgását ezek az öntudatlanul létrejövő geometriák írják le.



(7.) Felhasználható és létrehozható adatok típusai

2.4. Parametrikus tervezés forradalma

A 21. századi felgyorsult fejlődés és a növekvő piaci igények kielégítése miatt a tervezőkre egyre nagyobb nyomás nehezedik. Rengeteg adat áll rendelkezésre, ami egyben segíti, de részben nehezíti az alkotás folyamatát, hiszen meg kell találni az aktuális probléma esetén felhasználható legjobb forrásokat. A tervező képességein múlik, hogy az információkat hogyan alakítja át a gyakorlatban is használható tudássá, mindemellett hatékonyságra és a hibalehetőségek minimalizálására kell törekedni. Egyre több kreatív elme szeretné tehetségét kamatoztatni, a piacnak viszont a legjobbakra van szüksége. Ezért fontos, hogy olyan képességekkel rendelkezzenek a konstruktőrök, amelyekkel a folyamatosan növekvő igényeket kielégítő termékeket tudnak létrehozni. Olyan tudás megszerzése szükséges, mely kiemelkedő a versenytársakkal szemben, nem csak mennyiségileg, de egyben minőségileg is figyelemre méltó. Az aktuális trendeknek megfelelően meg kell találni azokat a lehetőségeket, illetve élni kell azokkal a rendelkezésre álló eszközökkel, amelyek széles látókört biztosítanak.

A jelenleg elterjedt, használatban lévő számítógépes szoftverek ugyan segítik a tervezés folyamatát, egyben nagymértékben visszafogják azt. A meglévő eszközszerük teljes ismerete ellenében is gátolják a tervezőt a gondolkodásban és a kreativitásban. Így számos olyan lehetőség maradhat felfedezetlenül, mely jobb megoldást kínálhatna egy adott problémára. A fejlődés fontos része azon források kiaknázása, melyek az eddig korlátozott tervezés miatt felfedezetlenül maradtak. A generatív - parametrikus tervezés filozófiájának és folyamatának elsajátítása lehetőséget biztosít a kitörésre. Az erre alkalmas szoftverek használata a tervezésben, az elmélet gyártási és értékesítési folyamatokba való integrálása forradalmasíthatja a tervezést.

A terméktervezés folyamata komplex, gyakran aluldefiniált problémamegoldó tevékenység. Egy termék esetében az igényeknek való megfelelés az idő előrehaladtával válik egyre pontosabbá. A hagyományos, normatív tervezési folyamat során egy végső megoldás létrehozása a cél. Egy funkció teljesítése az ahhoz szükséges elemek megfelelő sorrendben történő alkalmazását követően valósul meg. Törekedni kell az egyszerűsége, mindemellett a tesztelhetőségre, gyárthatóságra, szállíthatóságra, használatra, karbantartásra, megsemmisítésre stb. A hagyományos tervezési iskolák példája szerint (Roth, Pahl-Beitz), az egyirányú tervezést folyamatos ellenőrzéssel kiegészítve, relatív lassú folyamat során jön létre a végeredmény. A termékek kialakítására vonatkozó korai döntések viszont számos olyan

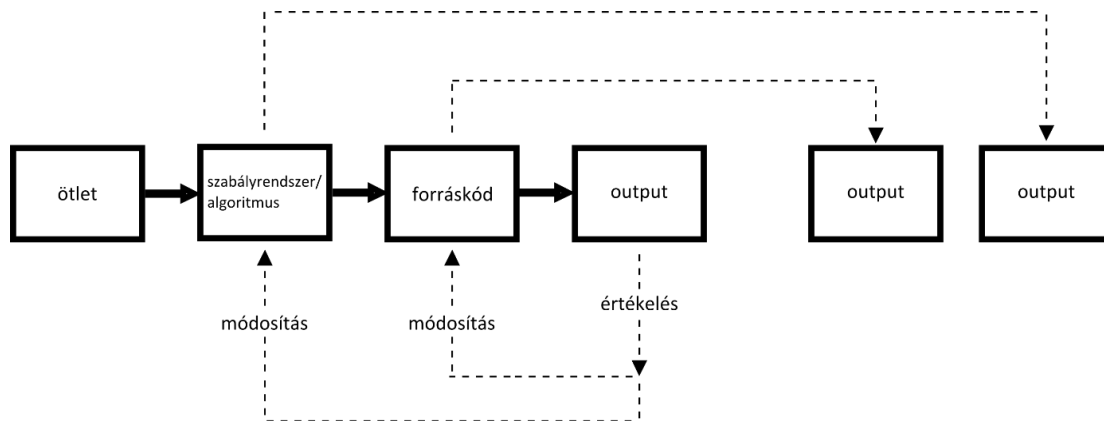
lehetőséget zárnak ki, melyek egyébként jobb megoldással szolgálhatnának. A termékekkel szemben támasztott követelmények kielégítése a tervezési folyamat szakaszokra bontásával jár együtt.

A többlépcsős, általában együttműködésen alapuló tervezési folyamatok széleskörű kommunikációval párosulnak a különböző területek szakértőivel. Az alkalmazott vertikális tervezés során az adott fázisban lévő terv gyakran egymással csak közvetett kapcsolatban lévő személyek kezébe kerül. A mérnökök munkája sok esetben függ a mások által már korábban létrehozott megoldásoktól. Ugyan a csapatmunka sok esetben előnyös lehet, a tervezési folyamat hibája folyamatos visszalépésre kényszerítheti a tervezőket. A szükséges módosítások elvégzése a rendelkezésre álló modern eszközök használata mellett is időigényes lehet. Így a produktivitás és hatékonyság csökken, a hosszúvá váló tervezési folyamat egyben magasabb költségeket von maga után. Mind a humán erőforrások, mind a technikai és kivitelezési munkák finanszírozása nagyobb összegeket igényel.

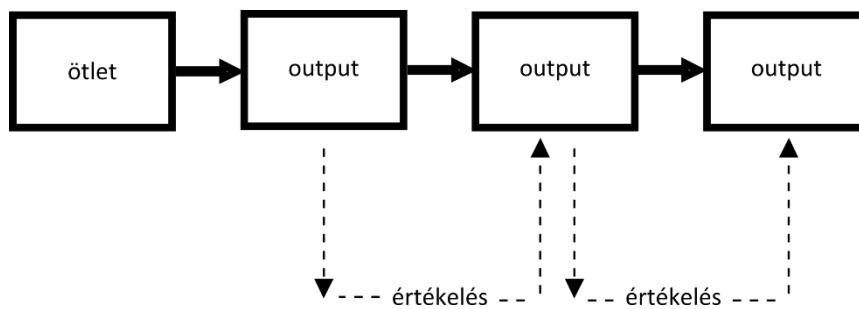
Példaként szolgálhat az autómotor váltórendszerének (feltételezett sorrendiség mellett) tervezése. Ha a tervezési folyamat megkezdése után módosítják az autó maximális sebességének értékét, a döntés számos utómunkát von maga után. A követelmény teljesítéséhez a fordulatszám-tartományok megváltoztatása szükséges. Az optimális fordulatszám a váltó segítségével állítható be, amely egyben a fogaskerék-kapcsolatokat határozza meg. A megfelelő áttétel megvalósításához viszont módosítani kell az időben később kialakított fogaskerek méretein. A változtatás a korábban megtervezett tengely vagy a szinkrongyűrű javításának szükségességét válthatja ki. Ha az egyes elemek tervezése különböző személyek kezében van, a visszalépés mindenkit érinthet. A méretek megváltoztatása minden szinten időigényes. Ezzel ellentétben, ha az elemek kapcsolata összefüggésrendszerben definiált, akkor a tervező által meghatározott szabályrendszer lehetővé teszi, hogy egy korai tervezési fázis eredményén történő módosítás az arra épülő elemek automatikus változását idézze elő. Tehát ha sorrendben a tengely készült el először, legvégül pedig a fogaskerek, akkor a kerék-kapcsolatok változtatásával együtt járó szinkrongyűrű, illetve a tengely újraméretezése emberi beavatkozás nélkül végbemehet.

Az effektív tervezés megteremtése érdekében már a tervezés korai szakaszában elengedhetetlen a döntést támogató eszközök és módszerek alkalmazása. Az együttműködésen alapuló tervezési folyamat független szakaszokra bontásával születhet meg

egy hosszútávon versenyképes rendszer. A tudás bővítése és a tervezési folyamat reformja minőségileg is emelné a végeredményt.



(8.) Hagyományos tervezési folyamat sematikus ábrája (Cédric Kiefer előadása alapján)



(9.) Parametrikus tervezési folyamat sematikus ábrája (Cédric Kiefer előadása alapján)

3. Parametrikus tervezés piaci bevezetése egyedi termékek gyártása céljából

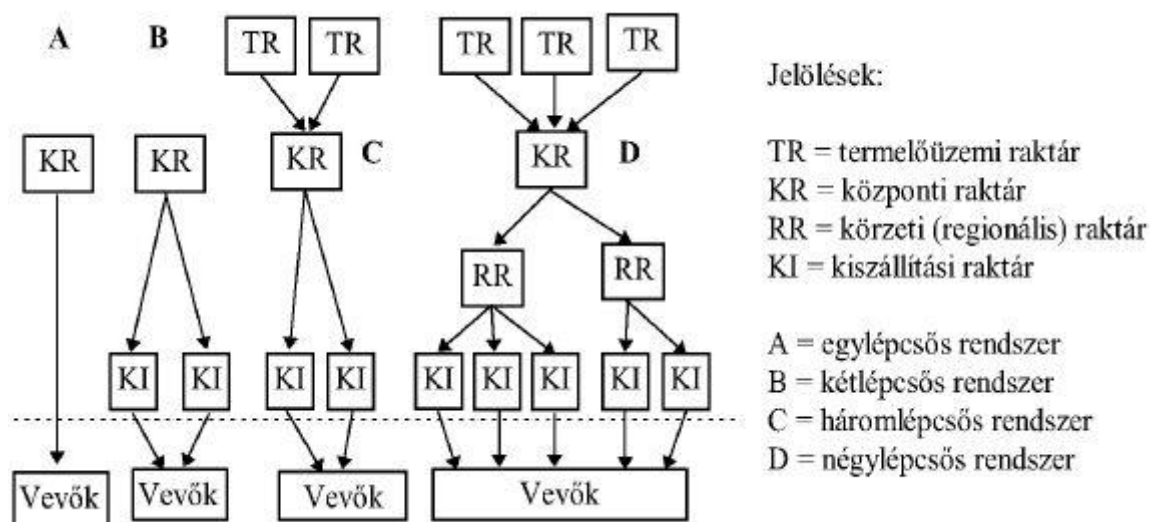
3.1. Igényt kiváltó okok

Létezik vajon tökéletes termék? Valójában lehetetlen olyan tervet készíteni, amely mindenki ízlésének megfelel, minden igényt kielégít, azaz ne lehetne rajta javítani, személyesebbé tenni. A felhasználói társadalom nagymértékben befolyásolható, így egy termékre irányuló igényt generálni lehet, maga a tervező megteremtheti a keresletet.

Az eddigi tervezési-gyártási- értékesítési folyamatok során a konstruktőr által létrehozott koncepció többnyire egyetlen formában létezett, illetve gyakran készültek alternatívák egy adott termékre vonatkozóan. Egy asztalt megvehettünk 6 vagy 10 személyre tervezve, egy pulóvert kék és piros színben is, vagy egy elektronikai cikket gyártó cég fényképezőgépeit különböző tulajdonságokkal. A létrehozott alternatívák viszont nem minden esetben felelnek meg a fogyasztói elvárásoknak. Előfordulhat, hogy a vásárló 12 fős asztalt keres, de az is, hogy elég számára a 6 főre tervezett. A terméket viszont mégsem vásárolja meg, mivel kicsit keskenyebb, vagy szélesebb asztallappal rendelkezőt szeretne, vagy a designban felfedezett apró hiba elegendő okot ad arra, hogy egy másik cég termékét válassza. Tovább szélesítve a látókört, tegyük fel, hogy egy szellőzőrendszereket kiépítő vállalat ventilátorokat keres. Az egyes forgalmazók meghatározott árukészlettel rendelkeznek, amely nem biztos, hogy kielégíti az őket felkereső cég igényeit. Ebben az esetben a szellőzőrendszereket kiépítő vállalat más értékesítőkhöz fordul a megfelelő termék megtalálása érdekében. A felmerülő igényeket kielégíteni nem tudó cégek (beruházásoktól függően) komoly pénzüsszegektől eshetnek el.

A fogyasztói társadalomban sokan nem vásárolnak meg egy terméket, mert annak valamely tulajdonsága nem céljuknak, ízlésüknek megfelelő. A vevők a bennük kialakult követelmények szerint pontosan tudják, hogy egy adott terméknek milyen sajátságokkal kell rendelkeznie, vagy az nyilvánvaló számukra, hogy milyen nem lehet. Így egy kis hiba felfedezése is elegendő arra, hogy a bár a legtöbb szempontból megfelelőnek bizonyuló termék ne találjon vevőre. Feltehető, hogy a tervezési folyamat során egy ilyen apró részlet kialakítása nem igényel sok időt, a végcélt viszont nagymértékben befolyásolja. A hiba az eladást, egyben a vevői igények kielégítését szabotálja. A mulasztások az egyén szintjén jelennek meg, ám a társadalom az egyének összessége, így a probléma globálisnak tekinthető.

A piaci igények felmérése mellett megeshet, hogy a kínálattal szemben a kereslet fordítva alakul. Bármilyen terméket figyelembe véve, az arra irányuló vásárlási szándék nem jósolható meg teljes biztonsággal. Az előre meghatározott gyártási számtól függően előfordulhat, hogy hiány lép fel, ezért újraindul a termelés, de elképzelhető, hogy a cég nem tudja eladni a kész mennyiséget. Gyakori, hogy a keletkezett feleslegek megsemmisítésre kerülnek. Sok cég óriási raktár-, illetve üzlethelyiséget bérel gyakran olyan termékek tárolására, amelyek lehet, hogy hosszú ideig, esetleg egyáltalán nem találnak vevőre. Az eladás ösztönzése érdekében a termékek árait csökkentik, vagy eltávolítják őket a helyszínről, ezzel helyet biztosítva az újonnan érkezőknek. A fent említettek miatt plusz tárolási és szállítási költségek keletkezhetnek. Ha egy cég számára ezek nem is eredményeznek óriási veszteséget, a költségvetést mindenképp negatív irányba mozdítják.

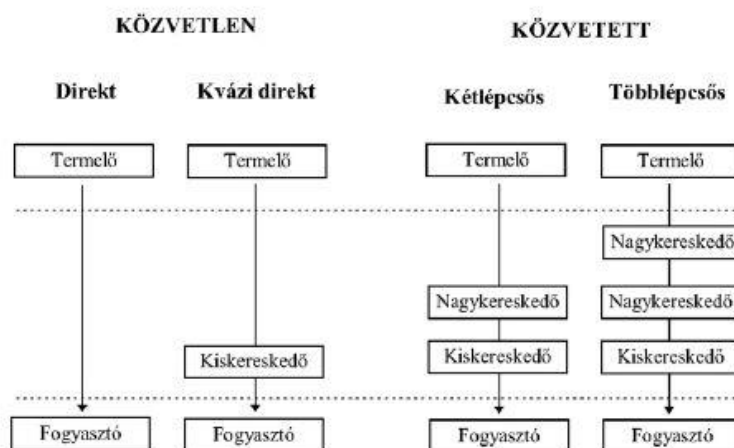


(10.) A termékek tárolására fenntartott helyszínek (forrás:

<http://www.muszakiforum.hu/?fejezet=5&cid=25755&wa=hk06>)

A parametrikus tervezési technika alkalmazásából származó előnyök a technológiai források teljes mértékű kiaknázását, ezáltal profit maximalizálását teszik lehetővé. Ehhez olyan vevőorientált filozófia felépítése szükséges, amely a felhasználó tervezési folyamatba való közvetlen bevonásával jár együtt. Mivel a fellépő igények minden személy esetében mások, így azok kielégítése is csak az egyén szintjén valósulhat meg tökéletesen. Ezt figyelembe véve egyedi, személyre szabott termékek tervezésével és gyártásával nyílik lehetőség arra, hogy az elkészült áru biztos vevőre találjon. Az új tervezési és értékesítési módszer jelentős pénzüsszegek megtakarítását teszi lehetővé, melynek kulcsa a parametrikus tervezés. A módszer alkalmazásával a gyártótól az értékesítő helyszínig, majd a felhasználóhoz történő

szállítás költségei, a hosszú ideig tartó tárolási, a fellépő karbantartási, esetleg megsemmisítés következtében jelentkező kiadások megszűnnek. További előnyeként a gyártást követően a termék közvetlenül a vevő kezébe kerülhet, ezzel számos korábbi szakasz megszüntethető. A folyamatok résztvevő helyszíneinek fenntartási összegei lecsökkenhetnek, a fennmaradó összegeket pedig kutatásra, fejlesztésre, munkaerőbe, akár marketingtevékenységekre lehet fordítani. Ezek által a vásárlói kör bizalma és elégedettsége váltható ki.



(11.) Az értékesítési rendszerek struktúrája (forrás:

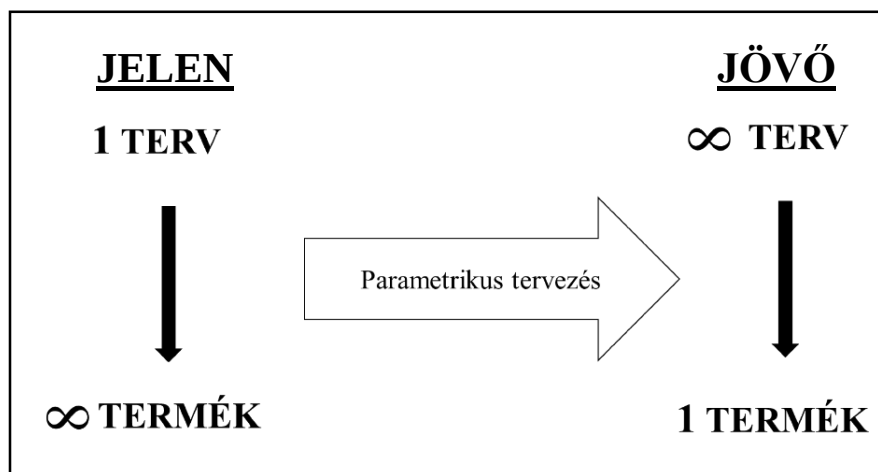
<http://www.muszakiforum.hu/?fejezet=5&cid=25755&wa=hk06>)

Napjainkban a legtöbb cég számára igen nagy kihívást jelent, hogy ügyfeleit hosszútávon megtartsa, piaci részesedését növelje. Jelenleg nehéz lenne olyan céget találni, akik a parametrikus tervezési módszer ismeretében alakítják arculatukat. A filozófia és tervezési módszer alkalmazása és munkafolyamatokba integrálása, a gyártási, értékesítési stratégiák ez alapján való kialakítása feltehetően most a legoptimálisabb a jövőre nézve.

3.2. Hogyan valósítható meg?

Napjainkban a gyártási folyamatok nagy részét számítógép vezérli. A gépek tervezőprogrammal való közvetlen összekapcsolása esetén megvalósulhat a tömeges egyedi gyártás. A folyamat során nem feltétlenül jelent nagyobb költséget az egyedi darabok elkészítése, mint tömegtermelés esetén. Az alapot a parametrikus tervezést megvalósító szoftverek adják, melyeknek köszönhetően nem okoz gondot az eltérő kompozíciók gyors létrehozása és gyártóeszközre küldése. A gyártás-előkészítő és gyártást követő munkálatok csökkenthetők, az automatizált folyamatok lehetővé teszik a gyors kivitelezést. A korábbi

folyamat szerint a vevői igények kielégítése a tervező által valósult meg. Ezt a módszert felválthatja az egyéni követelményeknek való megfelelés a konstruktőr segítségével, de a fogyasztó által. Ehhez a tervezés esélyét kell biztosítani az ügyfelek számára. A vásárlók kezébe adható a lehetőség, hogy ők is részt vegyenek a tervezésben, így mindenki ízlésének megfelelően változtathasson egy adott terméken. Felmerülhet a kérdés, hogy a tervezői munka értéke lecsökken-e, ha már az „átlagember” is saját maga tervezhet? A válasz egyértelműen nemleges, éppen ellenkezőleg, hiszen a konstruktőr feladata egy terméken belüli teljes kollekció megtervezése. A fogyasztók a folyamat végén a tökéletes produktum birtoklása mellett élménnyel gazdagabbak lesznek. Ez különösen jelentős, hiszen a vevő büszkén állíthatja, hogy „Ő” tervezte a terméket. A tárgyak személyességéből adódóan szorosabb kötődés alakulhat ki, mint egy olyan produktum esetében, amely mindenki tulajdonában állhat. Ez kellő motivációt ad arra, hogy a jövőben is éljenek a kínálgató lehetőséggel. A mai társadalomban a legtöbb ember különös motivációt érez arra, hogy kitűnjön a tömegből, tudjon, vagy birtokoljon olyat, amit más nem. Ezt figyelembe véve a parametrikus tervezés vevői síkra való integrálásával egészen új trend teremthető, mely a cégek és felhasználók kölcsönös előnyeire alapszik.



(12.) Tervezés és termelés folyamatának átalakulása

Mivel a tervezési folyamat egy alkotó, egyben korlátozó tevékenység, ez utóbbiak hiánya hibákat eredményezhet, de túl szigorú határok megadása is problémákat vethet fel a modell létrehozásakor. Ezért fontos, hogy a termékek tulajdonságait bizonyos keretrendszer segítségével adjuk meg. A változtathatósági intervallumok meghatározásával a hibalehetőségek teljes mértékben megszüntethetők. A korábbi módszerekhez képest a parametrikus tervezés esetén az alkalmazott korlátozások mellett is bővül a variációs lehetőségek száma. Különböző változók intervallumainak meghatározásával és a kívánt

értékek kombinálásával szinte végtelen kimenetele lehet a tervezési folyamatnak.

Ezt szemlélteti a következő példa.

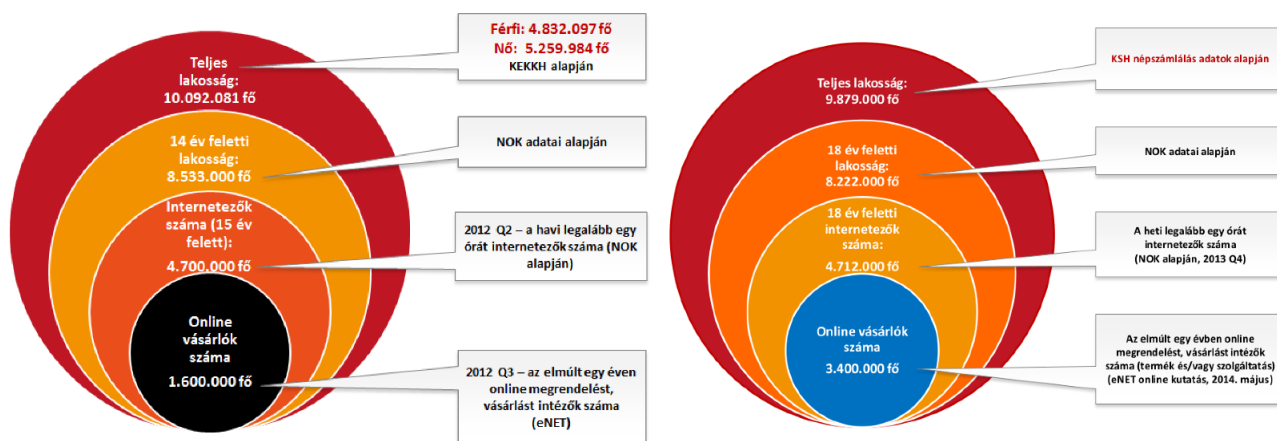
A tervező feladata egy 1000 mm x 1000 mm x 1000 mm nagyságú karton dobozban egy mindig változó méretű téglatest elhelyezése úgy, hogy a doboz és a test lapjai nem érintkezhetnek. Mivel a testméretek folyamatosan változhatnak, a követelmény viszont állandó, ezért célszerű az értékeket intervallumok segítségével meghatározni. Ezeket definiálhatjuk az élhosszak $0 < x < 1000$ -y tartományon belüli korlátozásával. A modellekhez felhasználandó értékek a fenti keretek közé eshetnek, melyek kombinálásával rengeteg eredmény valósulhat meg.

3.3. Mi szükséges ehhez?

A legfontosabb, amire szükség van egy konstruktőr, aki parametrikus tervezői szoftverrel a kezében elkészíti az adott termék algoritmizált modelljét. A tervező feladata egyben annak meghatározása, hogy a felhasználó később milyen tulajdonságokat módosíthat egy terméken és milyen mértékben teheti azt. A legfontosabb és egyben legnehezebb dolog a konstruktőr számára a változtatható paraméterek korlátozása. Olyan szabályrendszert kell létrehozni, amely bármilyen módosítás esetén működőképes, illetve a modell létrehozásának folyamata megvalósítható végeredménnyel zárul. Ezen jellegek meghatározása függhet gyártási lehetőségektől, szállítási korlátoktól, fizikai jellemzőktől, a designtól és más egyéb tényezőktől. Az elvárt funkciók teljesítéséhez szükséges elemi egységek jelenthetik a tervezési folyamat biztos pontjait. További felhasználásuk, új környezetbe helyezésük, illetve a köré épülő tulajdonságok meghatározása már követelményektől függetlenül történhet. Egy termék gondolatban történő lecsupaszítása lehetővé teszi azt, hogy az alapkövetelményeket megvalósító elemek biztos felhasználása mellett, a köréjük épülő lépések kombinációival a tervezési folyamat számtalan eredménnyel zárulhasson. A rugalmasan létrehozható koncepciók egy pillanatig sem jelentik azt, hogy a végső kialakítás kevés odafigyelés mellett jött volna létre. A kidolgozottság és esztétikai minőség a látszólag egyszerű modellképzés ellenében is jelen lehet. A forma és funkció mértékletessége mindig is fontos szempont marad, amely a parametrikus tervezés esetén különösen jól megvalósítható. Az így elkészült, a terméket létrehozó algoritmus a fogyasztói társadalom rendelkezésére bocsájtható.

A vevők elérésére, a tervezés lehetőségének átnyújtására és az egyedi termékek értékesítésére legjobb lehetőség az internet. Nehéz találni olyan céget, akik ma már ne rendelkezne honlappal és/vagy webshoppal. A világhálón keresztül gyorsan és könnyen kapcsolatba lehet kerülni a fogyasztókkal. Ha csak a közösségi oldalakat vesszük alapul, ahol hihetetlen sebességgel terjednek az információk, máris óriási közönséghez juthat el egy termék.

„Az internet-technológiai háttér biztosítja az one-to-one marketinget, azaz a személyre szabott ajánlat, kommunikáció, szolgáltatás kialakítását, így a marketing – egyes megközelítésekben – visszatért azokhoz az alapokhoz, amikor az eladó és a vevő személyes kapcsolatban álltak egymással. (...) A szükséglet felismerését az attraktivitás segíti a partner részéről, annak megteremtése, maga a vonzás és az attraktivitási igény kielégítése egyben. A folyamatban a válaszkészség és a képesség, az időbeliség és a releváns válaszok kiemelt szerepet játszanak. A hosszú távú lojalitás megteremtése miatt szükségszerű cél, hogy a folyamat elégedettséggel záruljon.”⁴



(13.) Online vásárlási tendencia változása 2013-2014 között (forrás: www.enet.hu)

Korábbi évek kutatásai alapján, igen eltérő számadatok állnak rendelkezésünkre a Magyarországon napi szinten internetet használó személyek és az online vásárlók arányáról. Az Allegrogroup Kft. és a Medián Közvélemény és Piackutató Intézet 2011-ben készült felmérései alapján az internetezők 35%-a, az Eurostat adatai alapján 32 %-a, az NMHH kutatásának megfelelően 40%-a vásárol interneten keresztül. A Kutató Centrum által végzett felmérés szerinti 61% -os érték jelentősen magasabb. Az előbb említett adatoknál magasabbak az online vásárlást legalább egyszer kipróbáló személyek száma. Ugyan az eredmények

⁴ Vasné Egri Magdolna, Danó Györgyi: A hazai e-vásárlási szokások fő jellemzői. 2012

eltérőek, a kérdőívek kiértékeléseinek közös vonása, hogy a számok növekvő tendenciát mutatnak. A fent említett kutatások arra is rávilágítanak, hogy összességében a 18-39 éves korosztály körében a legelterjedtebb az e-vásárlás, illetve egyre többen tartják jó minőségűnek az így megszerzett termékeket.⁵ Továbbá az online vásárlás és nem-vásárlás okai is ismertek. A legtöbben kényelemből és a nyitvatartási időktől való függetlenség miatt preferálják a folyamatot.

RÉGI FOGYASZTÓ	ÚJ FOGYASZTÓ
kényelemorientált	hitelesség-orientált
„követő”, saját álláspontját nem alakítja ki	egyéni értékítélet, önálló vélemény
kevésbé „időérzékeny”	állandó időhiánnyal küzd
tartja a normál napirendet	felborult napirend
hagyományos információs csatornákon elérhető	„extrém” információs csatornák
csatornahasználat: szájreklám	elektronikus csatornák
önmegmutató	önmegvalósítás
szórakoztatás-igény	információ- és élményéhség
konformista	független
kevésbé aktív	aktív
kevésbé informált	informált
tömegtermék	kis széria, egyedi megoldások

Régi és új fogyasztó jellemzése ⁶ (Forrás: Törőcsik, 2002)

A gyors társadalmi és technológiai fejlődés biztos lehetőséget nyújt a jövőre vonatkozó vízió megvalósítására. Egy terméket létrehozó algoritmus felhasználásával, megfelelő programozói beavatkozással online felületet lehet/kell készíteni. A cél az, hogy egy egyszerű, könnyen kezelhető internetes platformon a fogyasztó saját igényeinek megfelelően változtathasson az adott terméken. A leendő vásárlók úgy végezhetnek alkotó tevékenységet, hogy magához a tervezéshez használt – számukra ismeretlen és bonyolult - programok nem szükségesek.

⁵ Piac és Profit (2012b) : Hogyan netezik a magyar?

⁶ Törőcsik Mária: Az új fogyasztó az információs társadalomban. Szeged, 2002

Megvalósulás esetén, a szerveren tárolt modellek alakítása feltehetően a böngészőben történik. Ebből adódóan a tervezés során nincs közvetlen kommunikáció a tervezői szoftverrel, ami a módosítások azonnali realizálódását teszi lehetővé. A kész modell szintén a szerverre mentődik, ahonnan közvetlenül gyártásra alkalmas formátum nyerhető ki. Egy újonnan induló cég esetében kezdetben érdemes a termékek kialakításánál egy meghatározott irányvonalat követni a programozók tevékenységének támogatása érdekében. Az online felhasználói felület fejlesztése hosszú időbe telik, mindemellett az elkészült oldalak folyamatos karbantartást igényelnek. Ezért egy cég konstruktöreinek eleinte ajánlott hasonló termékeket tervezni, illetve bizonyos jellegek kialakításakor erre törekedni. Mivel a különböző modellek megegyező elemeit létrehozó programkódok eltérő környezetben felhasználhatók, az egyszer megírt szegmensek újbóli alkalmazásával gyorsítható a programozási folyamat.

A szolgáltatás fontos tényezőjeként a fogyasztókat folyamatosan tájékoztatni kell a kialakított termék értékéről. Az algoritmus segítségével ez könnyedén megvalósítható, az árkalkuláció a módosításokkal párhuzamosan, dinamikusan működhet. Az ár és megjelenés egyensúlyának beállta után a vásárló megrendelheti a terméket. A vásárlást követően a gyártás azonnal megkezdődhet, majd közvetlenül a vevőhöz szállítható az elkészült produktum. A fogyasztók így a megfelelő termékhez jutnak, gyorsan, kényelmesen, és élménnyel gazdagodnak.

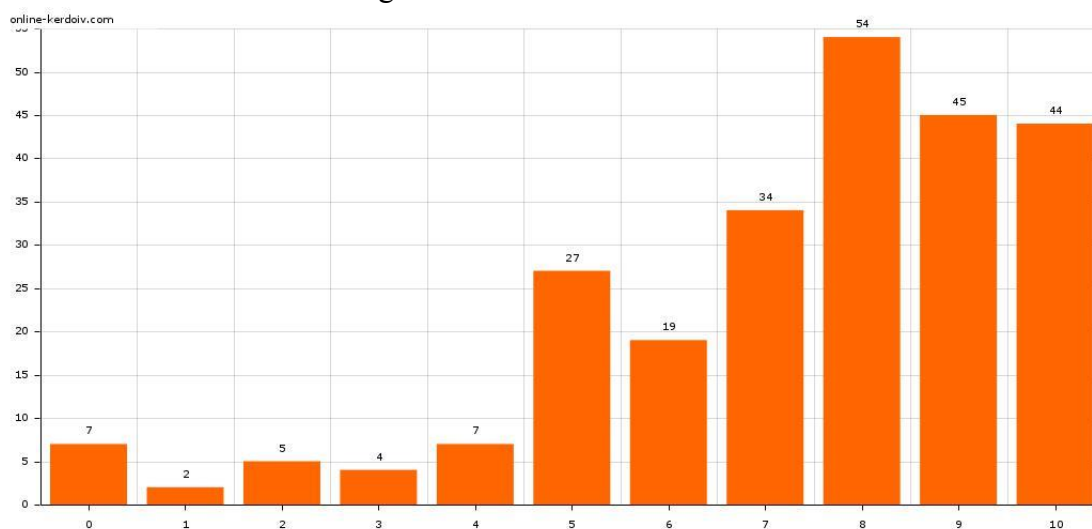
3.4.Fogyasztói igények felmérése

A fent kifejtett elmélet gyakorlati bevezetésére felmérést készítettem. Kérdőív segítségével a fogyasztói igények megismerése volt a cél. A kérdéssor a vásárlók design termékekhez fűződő viszonyára, illetve vásárlási szokásaikra terjedt ki. A felmérésből kiderül, mekkora figyelmet fektetnek egy termék megvásárlására, illetve mennyi időt szánnak a számukra legmegfelelőbb megtalálására. Megválaszolásra kerül, hogy a fogyasztókban milyen gyakran alakul ki érzelmi kötődés egyes termékekhez, illetve igénylik-e az egyedi darabok gyártását. Megtudjuk, hogy hajlandóak lennének-e többet fizetni olyan termékért, amely személyre szabottan nekik készült, emellett önmaguk véghez vinnék-e a változtatást.

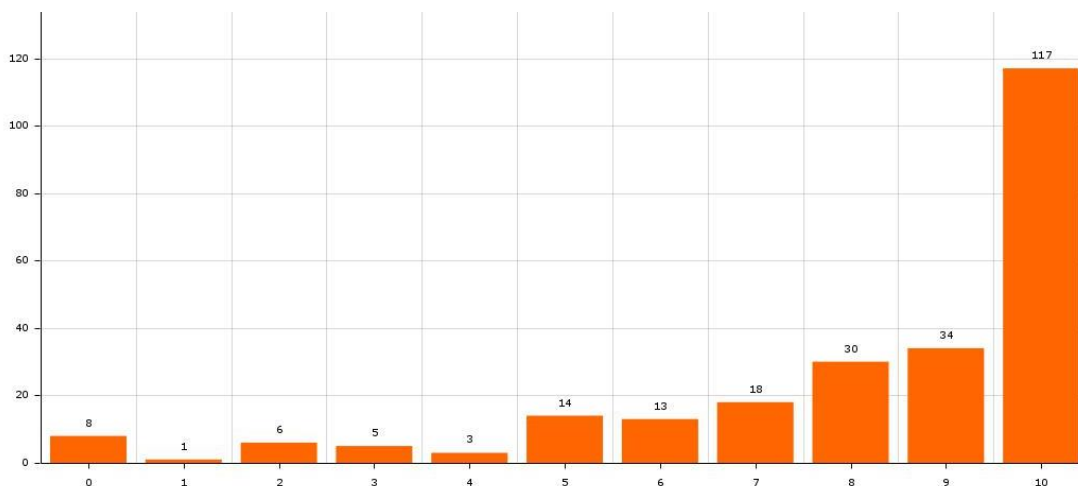
A kérdőív kiértékelése 250 kitöltő válasza alapján készült el, az alanyok 55%-a nő, míg 45%-a férfi volt. Az adatok összegzése során így nem merül fel a probléma, miszerint az arányok eltolódása és a nemek közötti különbségek torzítanák az eredményt. A kitöltők átlag életkora 24 év, többnyire egyetemet végzett, illetve jelenleg is felsőoktatási intézményben tanuló

személyek. Akadt közöttük fizikus és bölcsészhallgatótól kezdve gyógyszerész, élsportoló, de egészen a plébánosig, vagyonőrig és közalkalmazottakig eljutott a kérdéssor. Ennek köszönhetően a társadalom összetételét jól reprezentálja a kitöltők listája. Mivel a választ adók nagy része fiatal, értelmiségi felnőtt, a kutatás eredménye a jövőre nézve reálisnak tekinthető. A kérdések nagy része numerikus skála segítségével volt megválaszolható, melyen az egyre nagyobb értékek a növekvő hajlandóságot jelentették.

A válaszok alapján a design termékek iránti érdeklődés leginkább az öltözködés és a fogyasztókat körülvevő környezet kialakítása során van jelen. Mindennapi használatban lévő termékek esetén, lakberendezési és használati tárgyak vásárlásakor fektetnek nagy hangsúlyt az egyes darabok kiválasztására. A trendek követése megoszló a válaszadók között, de sokan kifejezetten fontosnak tartják. Az érzelmi kötődés kialakulása bizonyos termékekhez nagyon gyakori. A legjobb lehetőség megtalálására törekszenek a fogyasztók, ez viszont - az esetek többségében - sok időt vesz igénybe. Gyakran előfordul, hogy egy terméket nem vásárolnak meg, mivel az valamely tulajdonságában az általuk felállított követelményeknek ellentmond. Ebből adódóan jelentős igény lép fel arra, hogy egy terméket ízlésüknek megfelelően változtathassanak, tegyék ezt akár tervező segítségével, akár egyedül. A lehetőség megteremtése, hogy ezt önmaguk megvalósítsák, növelné a vásárlási hajlandóságot. A válaszadók hasznosnak találnák, ha egy alkalmazás vagy szolgáltatás keretein belül mindezt megtehetnék, illetve hajlandóak lennének többet fizetni az így készült termékekért. Konkrétan a ruházzkodás és stílusos megjelenést biztosító termékek, például kiegészítők tervezése során, illetve háztartási eszközök, műszaki-, informatikai-, és multimédiás cikkek, bútorok esetében valósítanák meg.



(14.) A vevői követelményeknek kismértékű nem-megfeleléséből adódó vásárlás elmaradásának gyakorisága



(15.) *Fellépő igény a termékek egyénileg történő módosítására*

Az internetes vásárlás témájára térve az eredmények már kevésbé mutatnak magas szintű aktivitást. Sokak számára fontos, hogy a vásárlás előtt közvetlen kapcsolatba kerülhessenek a termékkel. Az online felületeket használók olyan típusú termékeket vásárolnak jelenleg, amelyek személyre szabhatóságát egyébként igényelnék. Azok a fogyasztók, akik interneten keresztül már vásároltak, vagy ezt rendszeresen teszik, többnyire pozitív tapasztalattal rendelkeznek. A kitöltőknek lehetőségük volt személyes megjegyzést tenni a kérdőív végén. Ezt kihasználva többen is megfogalmazták, hogy ők kifejezetten szeretnék önállóan személyre szabni bizonyos termékeket, illetve ha lehetőségük nyílna ezt megtenni, azonnal élnének vele.

A kérdőív igazolja a korábbiakban felvetett elméletet, miszerint a személyre szabott termékekre igény van. A tömeges egyedi gyártás megvalósításával a vásárlói örömezzet maximalizálható. Az értékesítő cégek is számos előnyhöz juthatnak, hiszen a vevők ezekért a produktumokért hajlandóak többet fizetni. Amennyiben egy vállalkozás minden igényt kielégítő terméket tud kibocsájtani, az arra irányuló biztos kereslet a cég profitját növeli, emellett a kiadásokat csökkenti. A fogyasztóknak a termékek valós megtekintésére lehetőséget kell biztosítani, ezért bemutatótermék fenntartása továbbra is fontosnak bizonyul. Ezzel a kialakult félelmek és előítéletek felszámolhatók lennének. Korábbi évek kutatásai bizakodó eredménnyel szolgálnak, hiszen a fogyasztókban egyre növekvő hajlandóságot véltek felfedezni az internetes vásárlásra vonatkozóan. Felmérések mutatják, hogy a kétségek eloszlóban, a bizalom pedig egyre nagyobb mértékben van jelen a felhasználókban. Fontos

adattal szolgál a GfK publikációja⁷, miszerint az internetet minden héten használók 10%-a megosztja vásárlási tapasztalatait valamilyen közösségi oldalon, nagyobb részük pedig az egyéb szolgáltatásokról is beszámol. A ZIPP 2012-es eredménye alapján, a Magyarországon megkérdezettek 59%-a legalább egyszer megosztotta már tapasztalatát valamilyen formában a világhálón. Ez is azt mutatja, hogy a „szájhagyomány” remek marketing a termékek népszerűsítésére, illetve motivációt ad az e-vásárlásra.

Az eredmények minden ponton alátámasztják a jövőre vonatkozó víziót, miszerint olyan rendszerek felépítésére van szükség, melyekkel megvalósulhat az egyedi termékek tömeges gyártása, ezáltal a fogyasztói igények magas színvonalú kielégítése.

⁷ GfK (2012): Egyre nő az internethasználat Magyarországon

3. 5. Üzleti modell

Az üzleti modell felállítása alapján jól látszik, hogy a jelenlegi helyzetnek megfelelően, ha én egyénileg szeretném megvalósítani a folyamatot, számos partner kifizetése miatt a tevékenység nem lenne profitképes. Sok megfelelő tudású tervezőt igényel a modell, akik a termékeket megfelelő formában, számítógépen létrehozzák. Emellett programozók alkalmazására is szükség van, akik a vevők számára felhasználásra alkalmas kezelői felületet alakítanak ki. Továbbá ezek folyamatos karbantartása szükséges, amely a kiadásokban is rendszeresen megjelenik. Gyártó és szállító cégekkel való szoros együttműködés is állandó költségeket jelent, hiszen az elkészült termékeket mindig az aktuális személyhez kell eljuttatni. A bevételek egyedül a termékek, esetleg az algoritmikus tervek más cégeknek való eladásából származhatnak.

Az üzleti modellt az alábbi táblázat prezentálja:

Partnerek	Tevékenység	Vevői érték	Ügyfélkapcsolatok	Vevői szegmensek
- Tervezők - Programozók - Gyártó cég - Szállító cég - Forgalmazó, értékesítő cég - Vevők	- Egyedi termékek tervezése, gyártása, értékesítése	- Egyedi, személyes termék - Egyszerű termékmódosítás az egyén igényeinek megfelelően	- Internet - Személyes kapcsolatteremtés	- Fogyasztó - Gyártó - Forgalmazó - Programozók
	Erőforrások - Tervezői tudás	- Igények maximális kielégítése - Szolgáltatás, élmény - Gyors előállítás	Csatornák - Online marketing - Bemutatótermék	
Költségstruktúra - Gyártási költségek - Szállítási költségek - Programozók kifizetése		Bevételi struktúra - Termék eladásából származó bevételek - (Terv eladásából származó bevételek)		

Az egyes költségeket és partnerkapcsolatokat átcsoportosítva a folyamat költséghatékonyabbá tehető. Ha egy tervező cég rendelkezésére állnak a gyártóeszközök, akkor azok egyszeri kifizetése után az egyes termék elkészítése nem eredményezne jelentős kiadást. Emellett az üzemeltetési és karbantartási költségek is kisebb mértékben jelentkeznének. Ezek a pénzmennyiségek a tervezők, programozók kifizetésére fordíthatók. A szállítási költségeket a termék ára magába foglalhatja, így az közvetlenül a felhasználóra ruházható. Valószínűleg a legnagyobb profitot továbbra is a termékek eladása eredményezi, de a már rendelkezésre álló tudás és technológia lehetőséget biztosít arra, hogy nagyobb bevételekre tegyen szert a cég. Más vállalatok termékeinek gyártása is megvalósulhat, amely további bevételi forrás. Az üzleti modell átalakítása a humán erőforrások és a gyártó rendszerek egy környezetbe integrálásán alapszik. Egy cég akkor lehet nyereséges, ha a lehető legtöbb tevékenységet ő valósítja meg.

Ennek megfelelően az üzleti modell szegmensei a következőképpen csoportosíthatók:

Partnerek	Tevékenység	Vevői érték	Ügyfélkapcsolatok	Vevői szegmensek
- Tervezők - Programozók - Gyártóberendezéseket forgalmazó cég - Szállító cég - Más forgalmazó cégek - Vevők	- Egyedi termékek tervezése, gyártása, értékesítése	- Egyedi, személyes termék - Egyszerű termékmódosítás az egyén igényeiknek megfelelően	- Internet - Személyes kapcsolatteremtés	- Fogyasztó
	Erőforrások - Tervezői tudás - Programozó tudás - Gyártó berendezések	- Igények maximális kielégítése - Szolgáltatás, élmény - Gyors előállítás	Csatornák - Online marketing - Bemutatótermék	
Költségstruktúra - Gyártóberendezés megvásárlása (egyszeri) - Üzemeltetés, karbantartás - Alkalmazottak kifizetése		Bevételi struktúra - Termék eladásából származó bevételek - Más cégek termékeinek gyártása		

3.6. Jelenből a jövőbe

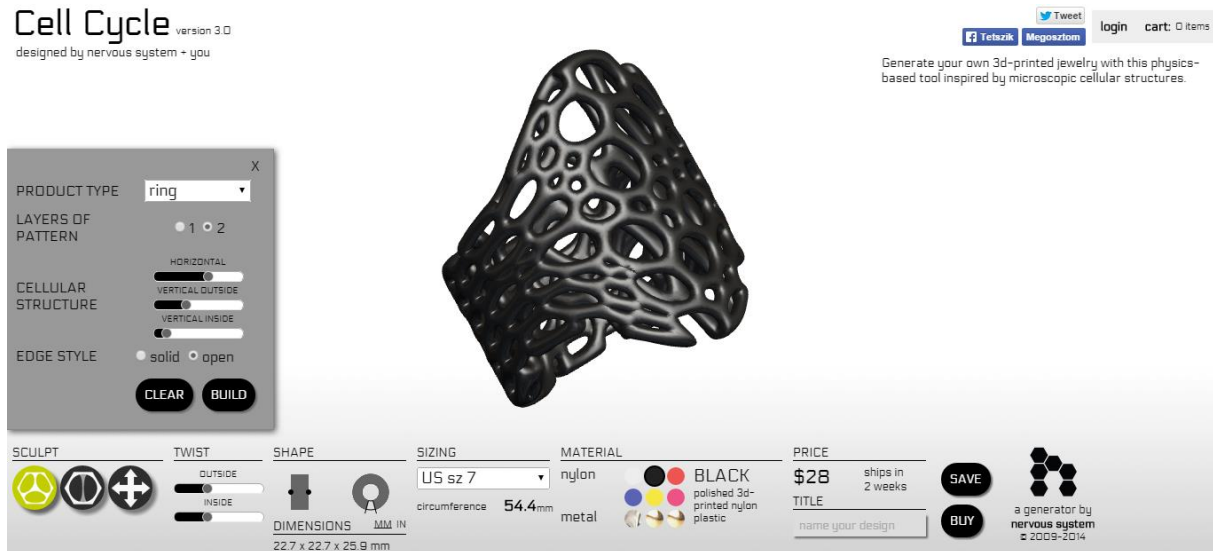
A fent kifejtett elmélet - a jelen helyzetet figyelembe véve - sok akadályba ütközik. A probléma kiindulópontja a tervezői közösség, miszerint nem rendelkeznek megfelelő ismeretekkel a parametrikus tervezés hatékony alkalmazásának megvalósításához. Nem készülnek olyan termékek, amelyek köré felépülhetne ez a tervezési és értékesítési rendszer. Fontos lenne a tudás elsajátítása a konstruktőrök részéről. Ezt követően már készülhetnének olyan termékek, amelyek a fogyasztók rendelkezésére bocsájthatók, egyben bemutatótermékeként kiegészíthetnék a cégek már meglévő árukészletét. Amint igény lép fel a termék átalakítására, a módosítás már könnyen megvalósulhat. Az előre elkészült, prezentálást segítő termékek mellett, a későbbi darabok már rendelésre készülhetnek. Így az adott árucikk esetében fellépő költségek csökkenthetők, mivel *csak* az egyes személyek elvárásainak megfelelő jellegű és mennyiségű termék készül, nem előre meghatározott mennyiség. Kezdetben tervezői irodákban konstruktőrök segítségével történhetne ezek személyre szabása. A fogyasztó – tervező közvetlen kapcsolat kialakítása fontos része lehet az új irány elterjedésének, ezzel is segítve a megismerést, illetve a lehetőség köztudatban történő elterjedését.

A jövőben elképzelhetőnek tartom, hogy egy cég teljes mértékben a parametrikus, vevő-központú filozófiát kövesse. A technológia nyújtotta lehetőségek viszont nem indokolják az üzlethelyiségek teljes mértékű felszámolását. A bemutatótermékekben található termékek koncepcióváltozatai fizikai megvalósulásukkal bizonyíthatják a rendszer működőképességét. A cégek ezzel lehetőséget nyújthatnak a laikusok, illetve azok számára, akik először találkoznak ezzel a tervezési – értékesítési módszerrel. Szükségessé válhat, hogy tervezői segítséggel azok is megismerkedhessenek a rendszerrel, akiknek esetleg nincs lehetőségük/képességük ezt egyénileg megtenni. Ezt követően már azok is részt vehetnek a tervezésben, akiknek korábban nem volt rá alkalmuk. A tervezők feladatkörébe beletartozhat a tanácsadás és a vevők további segítése is.

3.7. Korábbi kezdeményezések

A Nervous System generatív design stúdió elsők közt biztosított lehetőséget a tervezés ilyen formában történő megvalósítására. 2007-ben Jessica Rosenkrantz és Jesse Louis-Rosenberg alapította azt az amerikai céget, mely Somervilleben, Massachusetts államban található. A cég honlapján lehetőség nyílik egyedi ékszerek tervezésére. Gyakran alkalmaznak gyors, olcsó

prototípusgyártási módszereket, melyek során alacsony költségű anyagokat használnak fel. Filozófiájuk a tudomány, a művészet és a technológia ötvözése. Inspirációt a természetből merítenek, mely a generatív design alapját képezi. Az evolúciós folyamatokat algoritmizálva hoznak létre sajátos formákat.

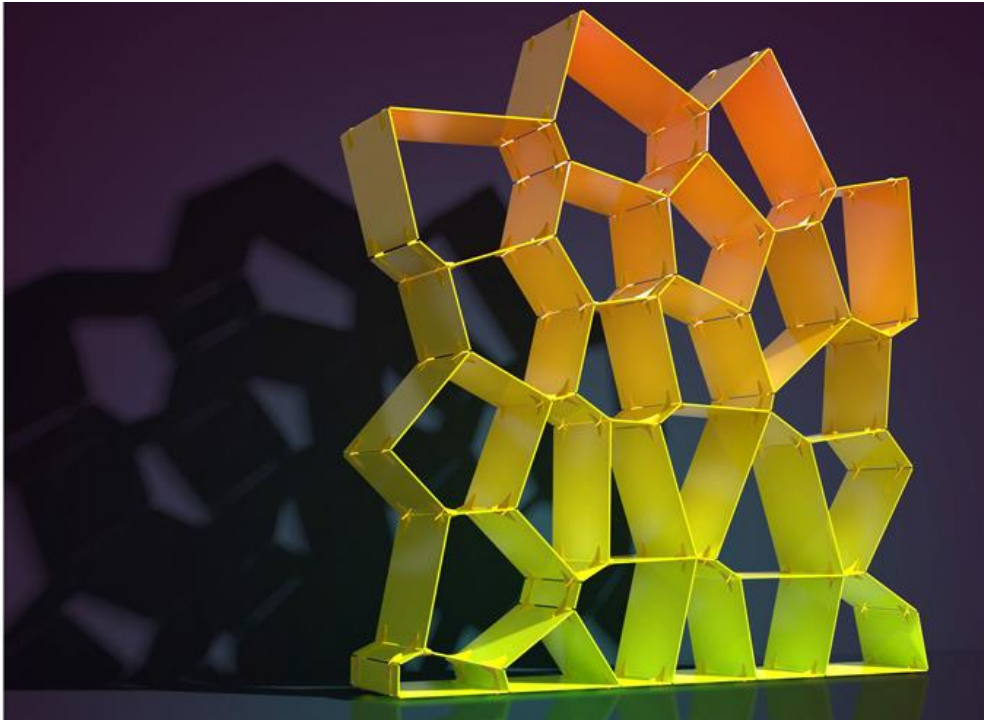


(16.) Nervous system felhasználói felülete (forrás: www.n-e-r-v-o-u-s.com)

Magyarországon a V-Fab csoportja tette lehetővé egyedi termékek készítését. A honlapra látogatóknak a parametrikus tervezésen alapuló felhasználó-orientált felület egyedi bútor tervezésére biztosít lehetőséget. Jelenleg a vShelf polctervező eszköz érhető el az oldalukon, melyet Romvári Péter tervezett. A bútordarab egy parametrikusan létrehozott pavilonon alapszik, mellyel 2010-ben elnyerte a Moholy-Nagy Formatervezési Díjat. A háromdimenziós létesítmény leegyszerűsített változatából jött létre az oldalon található polcrendszer. A voronoi (háromszögelési) szerkesztéssel létrehozott bútor megjelenése a vásárló által változtatható, a szerkezeti kapcsolatok viszont állandóak. A CNC géppel, rétegelt nyírfából készülő termék egy háromdimenziós puzzle-hoz hasonlít. Dézsi Zoltán programozó Java-ban készítette el a hozzá tartozó felhasználói felületet, ahol kellemes időtöltés keretein belül, egyénileg alakítható a különleges polcrendszer.

Ismereteim bővítése érdekében Romvári Pétert személyesen is megkerestem, aki kérdéseimre készségesen válaszolt. „Az volt a cél, hogy a felhasználó sajátjának érezze a terméket azáltal, hogy ő maga tervezi, rakja össze. A kézművességben is fellelhető egyediséget akartuk elérni teljesen automatizált technikai eszközökkel.” – nyilatkozta Péter. A megvalósított project kellő marketing nélkül sajnos nem aratott sikert. Péter jelenleg egy londoni cégnél, a

Heatherwick Studio-nál dolgozik, ahol jelentős szerepet játszanak a parametrikus tervezői programok. Alkalmazásuk szinte minden project során előnyökkel jár, hiszen rövid idő alatt számos koncepció tesztelése valósulhat meg. Elmondása alapján a tervezés hagyományos módon kezdődik, skiccekkel és kétdimenziós rajzokkal, maga a parametrikus tervezés kiegészíti, effektívvé teszi a folyamatot.



(17.) V-Shelf polcrendszer, Romvári Péter terve (forrás: <http://fab.com/peterpages/projects201vShelf.php>)

4. Egyedi termékek gyártása

4.1. Gyártási feltételek

A felgyorsult fejlődés és a növekvő piaci igények a kereslet minőségi és mennyiségi kielégítését, egyben a tervezéstől gyártásig tartó folyamat időtartamának minimalizálását teszik szükségessé. A vásárlási hajlandóság nem csak a termékek újszerűségével növelhető, de az aktuális trendeknek megfelelő gyártási technológiák integrálásával. A digitalizálási technikáknak köszönhetően hatékony termelés és bővebb kínálat valósítható meg. Jelenleg a piacon lévő termékek többsége sorozatgyártásban készül. A megvalósítás során alkalmazott technológia a költségek, a rendelkezésre álló idő, a minőség, a darabszám, az anyag, stb. függvénye. Ennek megfelelően, az egyedi termékek tömeges gyártását megvalósító technológia megválasztásakor is számos szempontot kell figyelembe venni. A személyre szabásból adódóan a termékek megjelenése eltérő lehet, mégis azonos fizikai tulajdonságokkal kell rendelkezniük. A gyártástechnológia kijelölését követően prototípusgyártással, koncepcióváltozatok készítésével és tesztelésével kell megbizonyosodni az eljárás alkalmazhatóságáról. Fontos a termelésbe való emberi beavatkozás szükségességének redukálása, amely a gyártás-előkészítő, gyártó és utómunkálatok során jelentkezhet. Olyan eljárás alkalmazása szükséges, amely a lehető legnagyobb mértékben automatizálható. Ezzel csökkenthető a gyártási idő és költség, illetve a számítógép-vezérelt folyamatok kiküszöbölik az emberi hibákat. A felhasznált és a keletkező fölösleges anyagmennyiség szempontjából hatékony eljárásra van szükség, illetve elvárás a bármilyen, egyedileg kialakított geometria kivitelezhetősége. Olyan gyártási folyamatot kell meghatározni, amely nem igényel szerszámkészítést, hiszen egyedi termékek esetén ez a költségek mellett a gyártási időt is megsokszorozná. A fentiek azt bizonyítják, hogy a szubsztraktív eljárások nem alkalmazhatók egyedi termékek tömeges készítésére.

Az elterjedt prototípus-gyártási technikákkal tesztelésre alkalmas anyagmodell, ergonómiai-modell, design-modell, funkciómodell, stb. készíthető. Ezen előgyártmányok tulajdonságait egy termékbe integrálva, egy technológiával a végtermék is megvalósítható. A gyorsan terjedő additív gyártási eljárások alkalmazása optimálisnak bizonyulhat a személyre szabott termékek gyártására. A fent említett kritériumoknak megfelelően a folyamatok többsége jól automatizálható, szerszámkészítést nem igényel, a termék közvetlen gyártása valósulhat meg.

Alkalmazásuk esetén a modellhez szükséges anyagmennyiség minimális, a termékek azonos fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek, emellett jól tesztelhetők, fejleszthetők. Az alkalmazható additív technológiák esetén a számítógépes modellekből STL fájl generálásával egyszerűen gyártóeszközre küldhető a termék. Ez egy geometriát leíró fájlformátum, amely a modellek felületét háromszögek segítségével írja le, illetve azok normálisainak és csúcspontjainak koordinátáit tartalmazza.

A különböző szoftverek együttműködéséből adódóan az előkészítési folyamatok egyszerűen és gyorsan történhetnek, a gyártáshoz szükséges G-code könnyen kinyerhető a programokból. Sok esetben a gyártási minőség számítógéppel is befolyásolható, legyen szó tömörségről, sebességről, illetve ebből adódó felületi minőségről és más optimalizálható tulajdonságokról. A technológiák többsége úgynevezett layer-by-layer, azaz rétegről-rétegre történő felépítést valósítanak meg, amely lehetővé teszi, hogy a felhasznált anyag mennyisége megegyezzen a termékhez közvetlenül szükséges mennyiséggel. Természetesen modelltől függően előfordulhat a támaszanyag szükségessé válása, ám ez továbbra is kedvezőbbnek bizonyul, mint egy anyageltávolítással járó folyamat (forgácsolás, esztergálás, stb.). A termékek gyártására a CNC megmunkálóközpontok alkalmazása is megfelelőnek bizonyulhat, ami a korábban említettekkel ellentétben lebontó eljárás. Az így elkészült termékek sok esetben egyáltalán nem, olykor kisebb utómunkálatot igényelnek, így a határidők gyors teljesítése nem jelent problémát.

4.2. Alkalmazható additív gyártási technológiák

A következőkben ismertetésre kerülnek (a teljesség igénye nélkül) a tömeges egyedi gyártás megvalósítása során alkalmazható gyártási eljárások.

SZTEREOLITOGRAFIA; SZELEKTÍV LÉZERSZINTÉZIS:

A **sztereolitográfia (SLA)** során fotopolimer gyanta szolgál alapanyagként, melyet a lézersugár szilárdít meg. A rétegek felépítésével jön létre a 3 dimenziós modell.

Előbbihez hasonló a **szelektív lézerszintézis (SLS)**, mely során minden olyan anyag felhasználható, mely hő hatására megolvad, illetve veszít viszkozitásából. Ilyen lehet a műanyag, fém, fa, kerámia, de akár üveg is alkalmazható. Az elkészült darabok a környezeti hatásoknak ellenállnak, mechanikailag jól terhelhetők. A gyártás közben a munkaasztal

mozgatása valósul meg, amelyet a modell elkészültéig Z koordinátatengely mentén negatív irányba süllyesztenek. Hátrányként merül fel a hosszú előkészítés, amely az egyedi termékek gyártása szempontjából nem ideális, illetve a felületi minőség javítása érdekében utómunkálatok elvégzése szükséges. A pontatlanság és zsugorodás szintén az eljárás jellemzője.

RÉTEGELT PROTOTÍPUSKÉSZÍTÉSI ELJÁRÁS (LOM):

A **LOM**, mint rétegelt prototípuskészítési eljárás, speciális impregnált papírt, fóliát, vagy kompozitot dolgoz fel. Az egymásra kerülő rétegeket ez esetben egy fűtött henger simítja, illetve aktivizálja az őket összetartó ragasztóréteget. A technológia előnye a gyorsaság, az alacsony költségek és a nagyméretű termékek gyártásának lehetősége. Hátránya a korlátozott felületi minőség, a modellen belül eltérő mechanikai tulajdonságok, a nagy mennyiségű hulladék, illetve a belső terek megmunkálásának nehézsége/lehetetlensége.

ALAKRA HEGESZTŐ ELJÁRÁS (FDM):

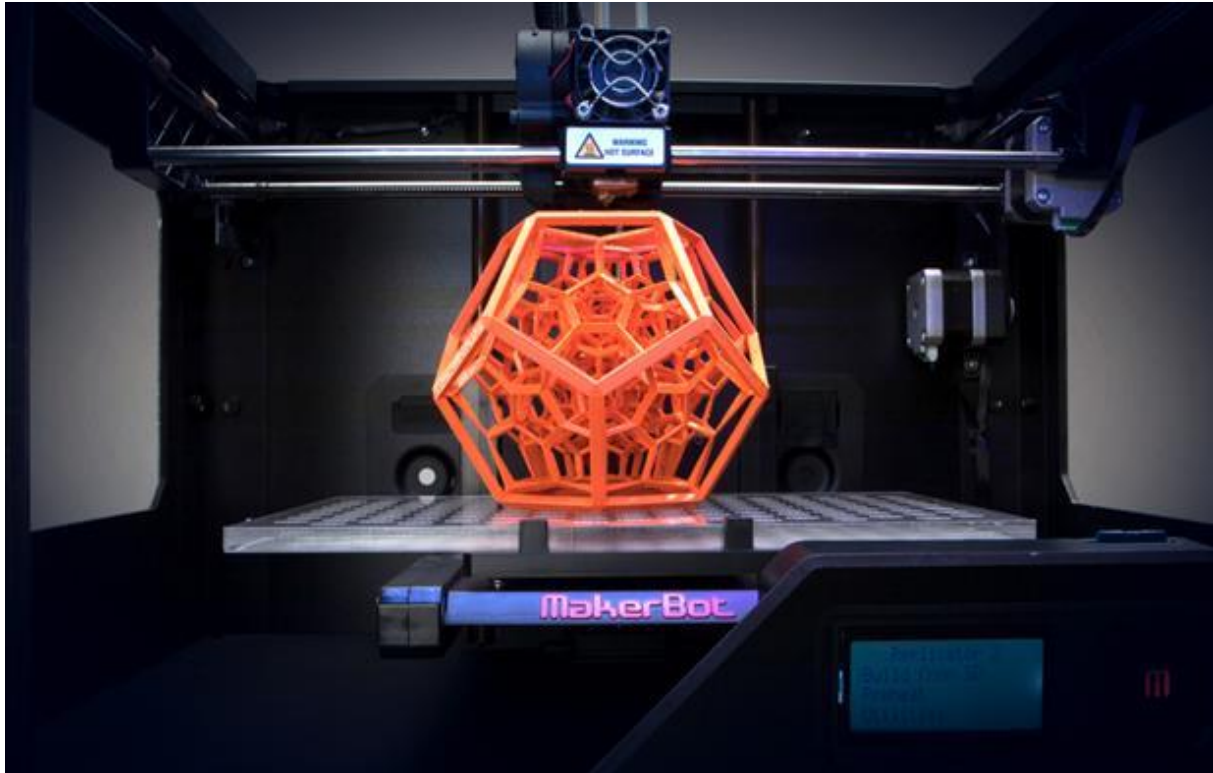
Az **FDM** rövidítéssel ellátott, úgynevezett „alakra hegesztő” (Fused Deposition Modelling) technika is elterjedt. A modell felépítéséhez műanyag huzal használható, mely megolvasztásra kerül. Számos jó tulajdonsággal rendelkezik, mint például az alacsony költségek, csendes működés, kis helyigény, és amely a többi esetben nem valósítható meg, a különböző anyagok kombinálásának lehetősége egy modellen belül. Az eljárás viszont lassú, finom részletek pontos gyártására nem a legalkalmasabb, illetve a rossz felületi minőség vonzataként utómunkálatok elvégzése szükséges.

3D NYOMTATÁS:

A **3D nyomtatás** egyszerű, megbízható és hatékony technika, amely során szinte bármilyen anyag felhasználható. Más eljárással nem megvalósítható geometriák készíthetők, hátránya viszont a belső felületek hozzáférhetetlensége, így a felületi minőség javítása gátolt. A porból készülő modellt egy terítőgörgő teszi tömörre. Korlátozott pontosságú termékek készíthetők, illetve utólagos keményítés szükséges.

3D PLOTTING; MULTIJET/POLYJET (MJM – MULTI JET MODELLING):

A **3D plotting** és **Multijet/PolyJet (MJM – Multi Jet Modelling)** technikáknak köszönhetően hőre lágyuló, illetve fotopolimer anyagok felhasználásával nagy pontosságú és felületi minőségű termékek készíthetők gyorsan és olcsón. A gyártást követően minimális utómunkálatot kell végezni a modellen, irodai alkalmazásra megfelelő. Az eljárás megválasztásakor a méretkorlátozást figyelembe kell venni. Viszonylag kis termékek készíthetők, illetve támaszanyag használata növeli a szükséges mennyiséget.



(18.) 3D nyomtatás (forrás: www.now.mmedia.me/lb/en/blogs/the-3d-printing-revolution)

Az ismertetett eljárások mellett, termék típusától függően, más gyártási technológiák is alkalmazhatóak, a módszer kiválasztása mindig összetett szempontrendszer alapján történik. Minden esetben adódhatnak előnyök és hátrányok, ezek mellett törekedni kell a legoptimálisabb megoldás megtalálására.

5. Parametrikus tervezés a gyakorlatban

5.1. Esettanulmány

Kutatásom során két parametrikus tervezői szoftverrel ismerkedtem meg. A Rhinoceros 3D-vel és a vele párhuzamosan futó Grasshopper3D nevű programmal, amely egy vizuális programozó nyelv. Ez utóbbi segítette a tervezési elmélet elmélyítését, gyakorlati alkalmazásán keresztül megtapasztaltam a parametrikus tervezés hasznosságát.

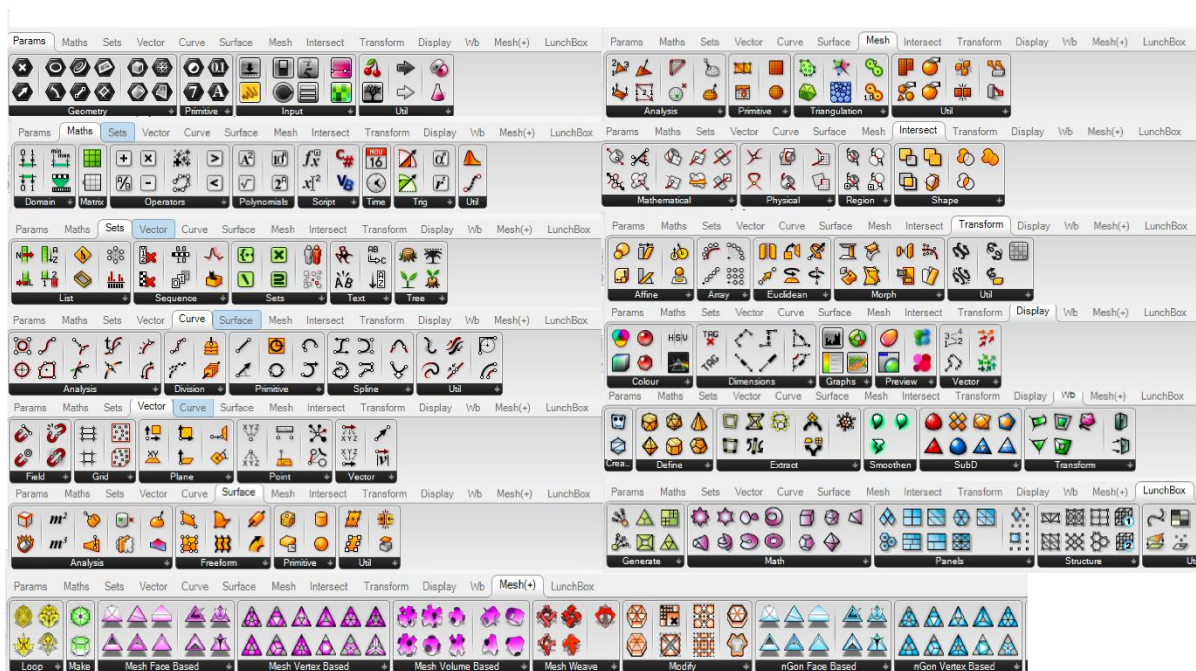
A Rhinoceros egy remek háromdimenziós modellező program, amivel szinte bármi létrehozható. A moduljaként működő Grasshopper nevű szoftver a parametrikus tervezés megvalósítója. A két program párhuzamosan futtatható, egymással szoros együttműködést valósítanak meg. Utóbbi, mint korábban említettem, egy vizuális programozó nyelv, alkalmazása során nem a háromdimenziós modell kerül közvetlenül felépítésre, hanem az azt létrehozó algoritmus. Egy szabályrendszer megalkotásával jön létre az az objektum, amely képét a Rhinoceros jeleníti meg. A két program bármelyikében létrehozott modell mindkettőben kezelhető, a módosításokat mind a két program ugyanúgy dolgozza fel. A szoros kooperációból adódóan eszköztáraik alapvetően megegyeznek. A modell létrehozásához elkészített szabályrendszerrel viszont olyan dolgok is megvalósulhatnak, amelyek a modellező programmal közvetlenül nem, vagy csak nehezen hozhatók létre.

5.2. Grasshopper parametrikus tervezői szoftver bemutatása

A Grasshopper algoritmuskészítő szoftver segítségével az egyszerű modelleket létrehozó kódoktól kezdve az egészen bonyolult, generatív rendszerekre épülő objektumokig szinte bármilyen modell létrehozható. A programra a csomópont alapú szerkesztés jellemző, miszerint adott bemeneti információk felhasználásával létrehozott eredmények újabb utasításhoz szükséges adatokként szolgálhatnak. Ezek többnyire két- és háromdimenziós geometriák, illetve számadatok, de az objektumok létrehozása során egyaránt felhasználható szöveges, audio-vizuális és más, digitális jellé alakítható információ, illetve ezek eredményeként szintén produkálhatóak.

A program szélesvásznú eszköztárral rendelkezik. A menüsor alatt elhelyezkedő eszköztár jól strukturált. A parancsok típustól függően csoportba és alcsoportokba vannak rendezve. Ez jelentősen megkönnyíti a felületen való tájékozódást, melyet tovább fokoz a remek grafikával

ellátott ikonrendszer. Az utasításokat kifejező képekre nézve többségükről megmondható, mely parancsot hajtja végre. Ez könnyíti a tanulást és gyorsítja a programhasználatot. Az eszköztár számos ingyenesen letölthető kiegészítő elemmel bővíthető, így a szoftver által nyújtott lehetőségek növelhetők.



(19.) Grasshopper3D eszköztárának összegyűjtött elemei a fejlécen megjelenő művelettípusonként (folyamatosan bővül)

Mivel a program segítségével nem közvetlenül a modell kerül felépítésre, ezért a parancsok használata is más, mint a korábbi modellező szoftverek esetében. Az alkalmazni kívánt utasításra kattintva megjelenik a végrehajtó komponens, amely ikon formájában a tervezői felületre kerül. Személyes beállításoktól függ, hogy az elhelyezett elem, kép vagy szöveg formájában tájékoztatja a felhasználót a végrehajtott műveletről. A szegmensek bal oldalán az utasítás elvégzéséhez szükséges bemeneti információk jelennek meg, illetve azok típusa (szám, vonal, pont, felület stb.), jobb oldalon pedig a kimeneti információk, azaz az eredmények. Komponensenként be- és kimeneti információk korlátlan számú felhasználása engedélyezett, viszont egyes elemek kivételként jelentkezhetnek. Bizonyos esetekben a végrehajtáshoz szükségesnél kevesebb vagy több adat alkalmazásakor hibaüzenetet közvetít a rendszer.

A felületen elhelyezett komponensek önmagukban is léteznek, illetve azok összefüggésbe

helyezhetők egymással. Minden eredmény további utasítás kiindulási adataként szolgálhat, az így egymásra épülő, de önálló elemek közötti kapcsolatrendszer felépítve bármilyen modell elkészíthető.

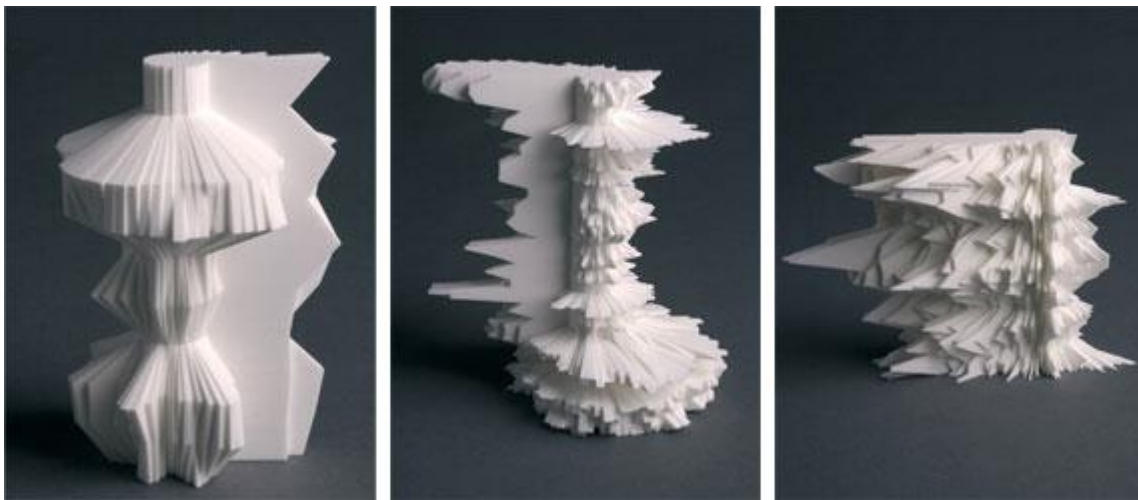
Az új típusú parametrikus tervezés két jelentős előnnyel is rendelkezik a korábbi programokhoz képest. Elsőként a jövőbeliség, miszerint létezhetnek utasítások önállóan, a rendszertől függetlenül, úgy, hogy azok még nem valósultak meg. A tervezési folyamat során ezek bármikor, bármilyen formában felhasználhatók. Ha például egy testen meghatározott mennyiségű, méretű és helyzetű, koncentrikus körök mentén elhelyezkedő furatok kialakítása a cél, ezek már az előtt létrehozhatók, hogy maga a megmunkálni kívánt objektum létezne. Másik előnye az elemek és eredményeik egyidejű, korlátlan felhasználhatóságában mutatkozik meg. A modellt létrehozó szabályrendszer bármely utasításának eredményét újra felhasználva a tervezési folyamat számos irányban folytatódhat. Ez számos koncepció gyors létrehozásának és tesztelésének lehetőségét adja a tervező kezébe.

A tervezési folyamatot segíti, ha a menüben való keresése helyett a dupla kattintással előhívható panelbe beírva, majd a megjelenő parancsok közül kerül kiválasztásra a használni kívánt elem. A rendszer támogatja a tervezőt a döntéshozatalban, a listában felsorolt hasonló találatok megjelenítésével lehetőséget biztosít az esetleges jobb megoldások megtalálására. Mint a legtöbb szoftver hátránya, a növekvő struktúra, az elvégzendő feladatok gyarapodása lassítja a rendszer működését. A Grasshopper esetében is a definíció bonyolultságának növekedése meghosszabbítja az eredmények létrehozásához szükséges időt. Megoldásként szolgálhat az elemek inaktívvá tétele, így csak az aktív parancsok végrehajtásán dolgozik a rendszer. Hasonló módon a munkafolyamatnak megfelelően megjeleníthetjük a szükséges elemeket és elrejtethetjük a nem kívántakat. Ez is a gyors tesztelést és a jobb átláthatóságot biztosítja.

A program kulcsfontosságú elemei az úgynevezett *slider*-ek, azaz csúszkák. A parametrikus tervezés és az algoritmusépítés előnyeit ezek a komponensek valósítják meg. Működésüknek megfelelően számegyenéseknek tekinthetők, skálázásuk, felbontásuk, illetve alsó- és felső határértékük tetszőlegesen beállítható. A csúsztatható egységekkel nem csak számok sorozata határozható meg, de ezek az elemek más típusú digitális jelek szabályozására is szolgálhatnak. Egy modell manipulálására felhasznált zeneszám hangereje, vagy az időjárást szimulálva a napfény, a légnyomás, esetleg a légmozgás mértékének beállítása ezekkel az egységekkel történhet. Egy elemre kattintva, majd a kurzort mozgatva a felvett érték, azaz a komponens kimeneti információja állítható be. Ez a továbbiakban bemeneti adatként

használható. A tervezés során a koncepcióváltozatok gyors létrehozását és tesztelhetőségét ezek a komponensek támogatják.

A legtöbb CAD alapú szoftver modellezési folyamatai két- és háromdimenziós objektumok létrehozásán alapulnak. A Grasshopper segítségével lehetőség nyílik modellt készíteni audio-vizuális adat, fizikai hatások és bármilyen más digitális jellé alakítható információ felhasználásával. Ennek köszönhetően kialakítható egy belső tér zeneszámra, de akár interaktív épület is létrehozható, amely a mindig változó időjárási körülményekre reagál. Felfújható egy virtuális léggömb, ha a tüdőből kifújott levegőt egy szenzor segítségével feldolgozható jellé alakítva, bemeneti információként kerül felhasználásra.



(20.) Andy Huntington és Drew Allan zeneszámra generált "Cylinder" modelljei (forrás: <http://golancourses.net/2011spring/02/28/project-4-generative-form-%E2%80%93-looking-outwards/>)

A program előnyei jelentik egyben hátrányait is. Korábban nem megvalósítható geometriák hozhatók létre, amorf, organikus és bonyolult konstruktivista formák. A probléma a mérnöki tervezés során merül fel, mivel műszaki számítások nehezen végezhetők el ezen modellek esetében. A program segítségével lehetőség van felszín, térfogat, és más fizikai jellemzők kiszámítására. Ezek felhasználása elvezethet bizonyos eredményekre, de egy futurisztikus forma súlypontjának meghatározása, statikai, dinamikai számítások elvégzése már gondot jelenthet. Ez nem jelenti azt, hogy a programban létrehozott elemek megvalósítása lehetetlen, viszont a mérnöki tervezéshez és számításokhoz szükséges eszközök hiányérzetet kelthetnek a felhasználóban.

5.3. Tervezési technika gyakorlati alkalmazása

A parametrikus tervezési technika gyakorlati alkalmazhatóságának céljából lámpaterveket készítettem. A folyamat a hagyományos tervezési módszereknek megfelelően vázlatkészítéssel indult. A termékek egyik alapkritériuma a világítástechnikai megoldás volt, miszerint a fényt a testbe vezetett LED szalagok adják, melyek előtt diffúzor helyezkedik el a fény folytonossá tételének céljából. Emellett olyan hibátlanul működő definíció létrehozása volt a cél, mely segítségével mindenki megalkothatja saját lámpáját. Az egyénileg megtervezett objektumok tervei a szoftveres konvertálást követően azonnal gyártásra, majd szerelésre alkalmasak. Lehetőség szerint a terméknek 3D nyomtatási technikával előállíthatónak kell lennie.

A számítógépes modelleket teljes mértékben az algoritmusok hozzák létre. A szabályrendszerek fogyasztói felhasználásra bocsátása esetén hibamentesen működnek, így bármely felhasználói módosítás következtében a végeredmény egy tökéletes modell. A termékek tervei gyártási és szerelési folyamatig teljes kidolgozásra kerültek.

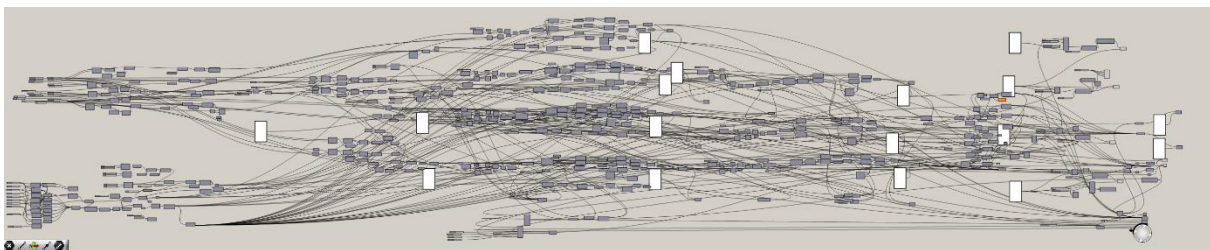
5.4. Organikus állólámpa bemutatása – *Flow Lamp*

Első koncepcióként egy állólámpa készült el. A terv jól reprezentálja a program hasznosságát. Egyszerű geometriák felhasználásával a program algoritmikus parancsait alkalmazva látványos eredmények érhetők el. A parametrikusságnak köszönhetően a dinamikus működés által rövid idő alatt számos koncepció létrehozható. A terv készítése során fontos szempont volt a gyártási lehetőség korlátozottsága. A rendelkezésre álló asztali nyomtatóval maximum 200x200 mm-es vízszintes kiterjedés valósítható meg, illetve 400mm-es magasság, amely a termék egyszeri elmetszésével teljesíthető. A terméket meghatározó paraméterek így ezeknek megfelelően kerültek meghatározásra. A későbbi tesztelés során a koncepcióváltozatok létrehozása a korlátoktól függetlenül történt.

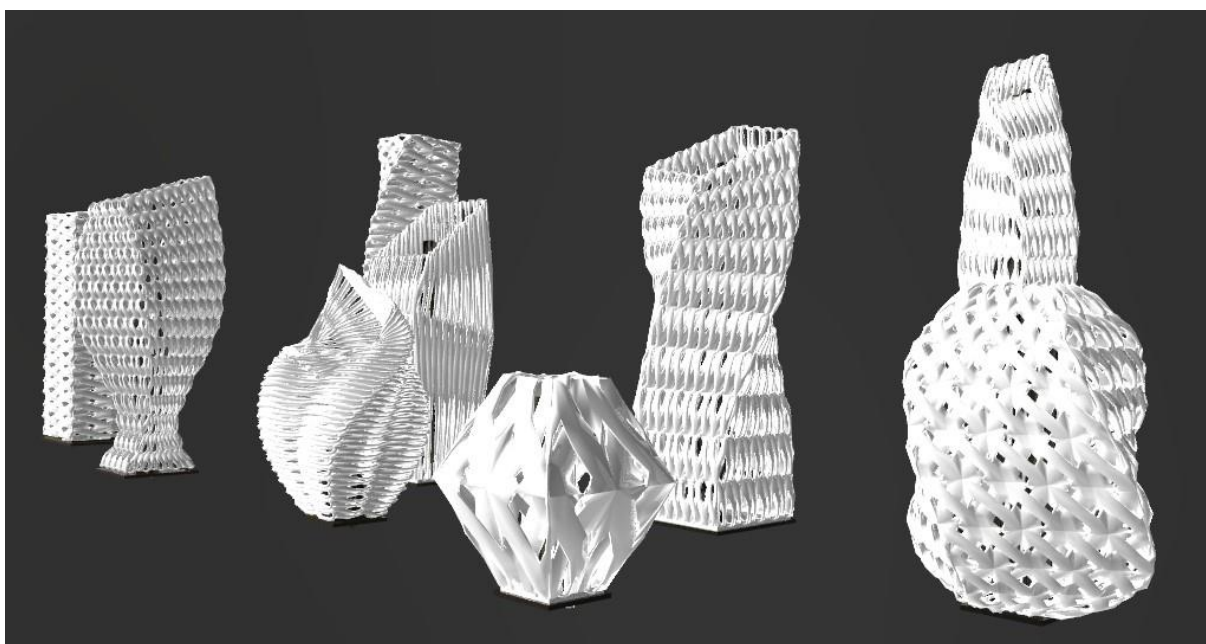
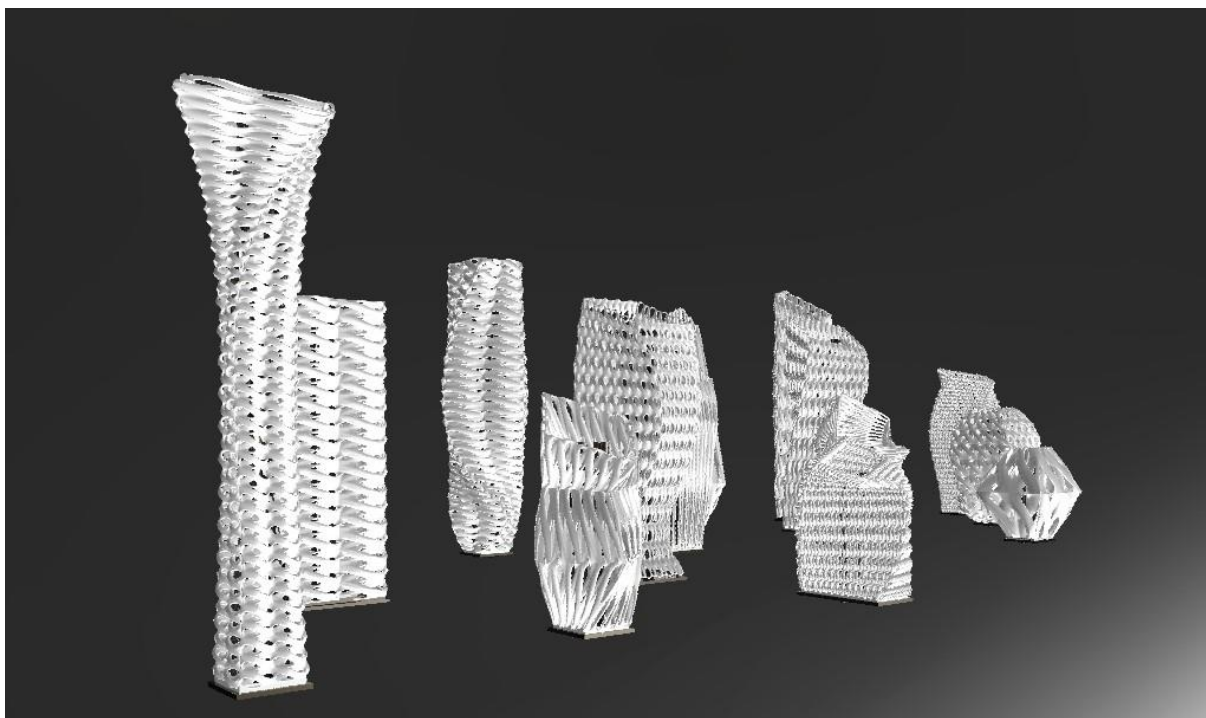
A lámpa formai kialakítását négyzetes geometriai felépítés határozza meg. Eleinte a kiindulási geometriák kerültek definiálásra, majd ezek sokszorozását követően Z tengely menti eltolásuk és középpont körüli forgatásuk következett. A legfelső elem X és Y tengely menti rotációja is megvalósulhat, amely végeredményében a lámpa tetejének ferde elmetszését végzi. A lépések mértékét meghatározó paraméterek igény szerint módosíthatóak, ezzel a végső kialakítás látványosan változtatható. A geometriák mentén Z tengely irányában felületképzés valósult

meg. A létrehozott nyitott, amorf forma felszíne Mesh generáció segítségével látványossá tehető. A definíción belül számos ilyen felületkialakítás közül választhat a felhasználó. A világítást a közepén elhelyezkedő fényoszlopok biztosítják. A LED szálak és a diffúzorok bevezetésének lehetőségét az ezek mentén végigvonuló, előre meghatározott geometria teszi lehetővé, mely az egyetlen fix tényező a lámpa esetében. A szimmetrikusan elhelyezkedő 4 világító rész sugara páronként eltérő, melynek oka a geometriai túlfedések szükségessége az elemek támasztásának céljából. Magasságuk a külsőhöz viszonyítva kisebb, körülfordulásuk száma megegyezik, de változtatható. Méreteik meghatározása során fontos szerepet játszottak a rendszer logikai műveletei. Mivel a világító részeknek a test belsejében kell elhelyezkednie, így a kiindulási geometriák függvényében módosíthatók a méretek mind vízszintes, mind függőleges kiterjedésre vonatkozóan. A spirálok átmérőjének kisebbnek kell lennie, mint a felépítő négyzetek méreteiből, forgatásából és elhelyezkedéséből adódó terület. Így ha a kezdeti geometriát nagy értékek határozzák meg, akkor az oszlopok méretei széles tartományban módosíthatóak, míg kisebbek esetén ezek kevésbé változtathatók. Az így elkészült elemek lépcsős talprészen helyezkednek el. A két szint kialakításának oka a nyomtatási és szerelési feltételekből adódik. A lámpa külső burka a magasabban elhelyezkedő alappal van kapcsolatban, amely felülről helyezhető a világító részekre, illetve azok talapzatára. A szerelési tevékenység így mindössze e két rész pozicionálásában, illetve a világító részek alulról történő bevezetésében nyilvánul meg.

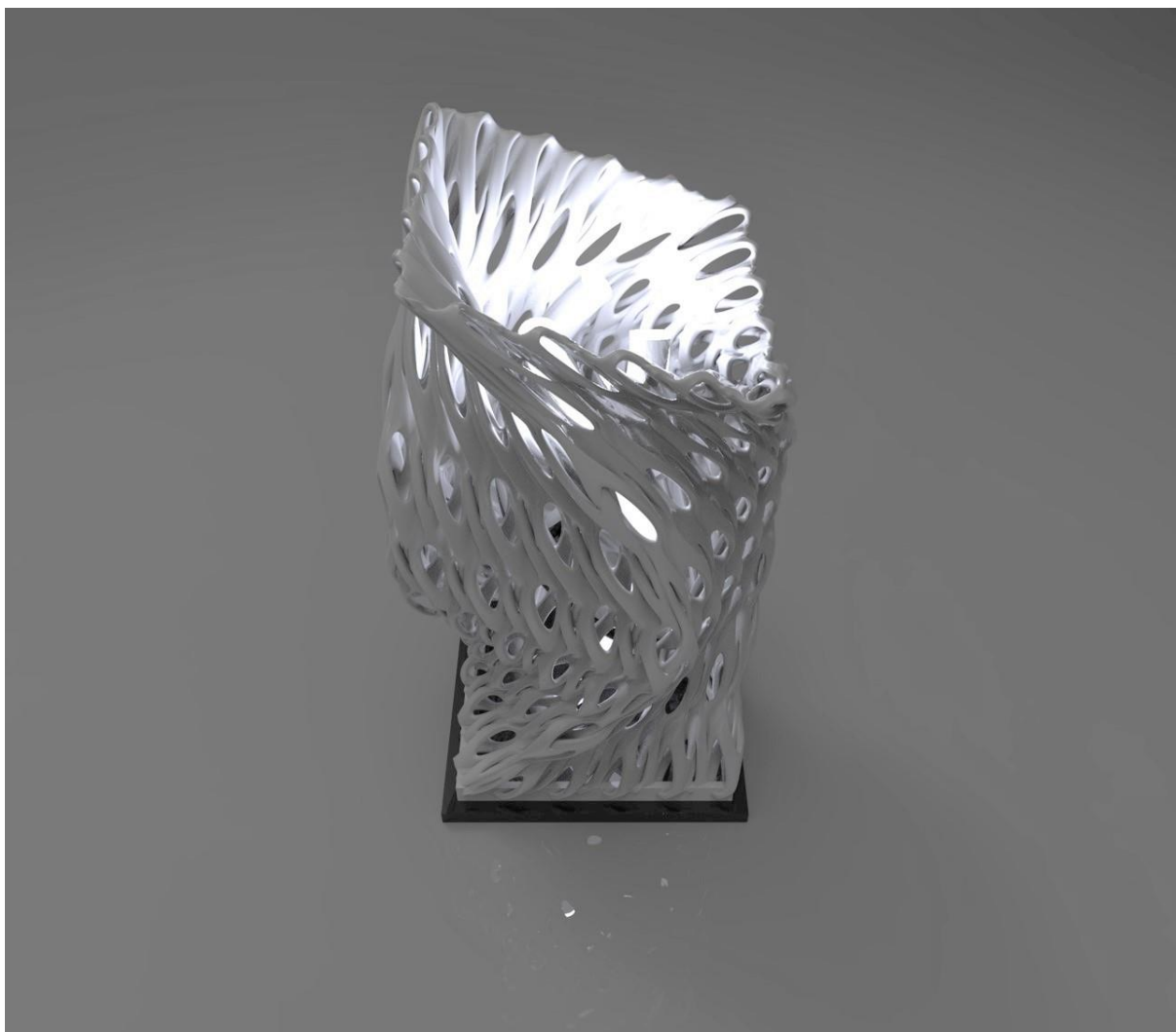
A megengedett paraméterek változtatásával számos koncepció létrehozható, így a felhasználó kezébe adva a lehetőséget, mindenki egyszerűen megalkothatja a számára legjobban tetsző terméket. A végleges kialakítás létrehozását követően, méretkorlátozásokat figyelembe véve a termék gyártó gépre küldhető.



(21.) *Organikus állólámpát létrehozó algoritmust szemléltető ábra (parancsokat megvalósító ikonok és a kapcsolatrendszer létrehozó hálózat)*



(22.), (23.) *Flow Lamp* algoritmussal létrehozott koncepcióváltozatai



(24.) Flow Lamp - Indagroup Kft. támogatásával elkészült prototípus

5.5.Konstruktivista függesztett lámpa bemutatása – Delirium Lamp

A program lehetőségeinek mélyebb megismerése érdekében egy konstruktivista, függesztett lámpa tervét is elkészítettem. A tervet létrehozó algoritmus bonyolultabb, a definícióban szereplő kapcsolatok összetettebbek, mint az előző terv esetében. A terv elkészítése során fő szempontok (az előző példához hasonlóan) a világítástechnikai kritériumok voltak. Jelen esetben a méretek kevésbé korlátozottak, a tervezésnél nagyobb méreteket gyártani tudó rendszer alkalmazását feltételeztem.

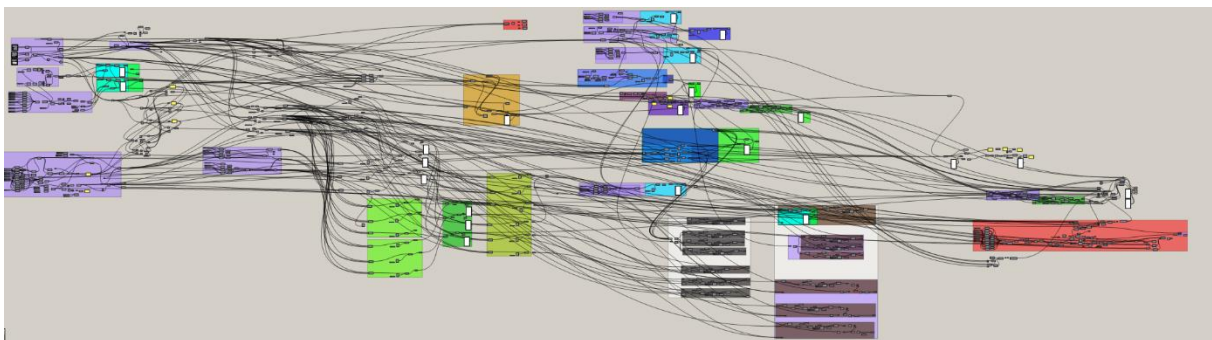
Különleges hangsúlyt szerettem volna fektetni a fény-és árnyjátékra, illetve a gyártást követően a lámpa felhasználási lehetőségének bővítésére. Így két részből álló, háromszögek segítségével gömbhéjból kivágott, „réteges” felépítésű lámpát terveztem. A két lámpatest különböző hosszúságú acélrúd segítségével kerül felfüggesztésre. A rudak a felületek középpontjaiban gömbcsuklóban végződnek, így a térben a fény iránya tetszőlegesen változtatható.

A lámpabúra minden eleme gömbfelületet követ. A modellképzés kezdetén három pontot definiáltam a térben, melyeket gömbfelületre vetítettem. Ezeket sorban összekötve háromszöget kapunk, majd a létrehozott geometriát a gömb felszínére feszítettem. A görbékre merőleges síkokat helyeztem, amelyek mentén „C” alakú profilt osztottam ki. Ezek összekötésével felületet képeztem, így a lámpa peremét kaptam meg. A létrehozott három alkotó (későbbiekben a , b és c jelöli) mentén osztópontokat definiáltam. Ezek a pontok az alkotókat összekötő görbék kezdeti- és végpontjai. Fontos, hogy minden pontból egy görbe indul ki és szintén egy érkezik, illetve irányultságuknak megfelelően egymással párhuzamosak. Az a - b görbék között vonulókat jelölje az 1-es, b - c közt találhatókat a 2-es, a - c közöttieket pedig a 3-as szám. A három irányba futó görbék metszik egymást, ezért a gömb középpontja és a felületre feszített háromszög középpontját összekötő vektor mentén mozgattam őket. Az 1-es jelűeket a gömb középpontja, a 3-as számúakat azzal ellenkező irányba. A görbéken létrehozott számos osztópont mentén görbére merőleges síkok kerültek kiosztásra. Ezzel egyidejűleg a világító egységek rögzítésére alkalmas geometriát hoztam létre. A pontos méretekkel rendelkező profilt középpontjának segítségével a síkokra vetítettem. A nagyszámú profil közötti felületképzéssel lágy ívet követő pántok jöttek létre. Ezek a világítást biztosító alumínium lapra ragasztott LED szálak, illetve az elé helyezett diffúzor vezetésére szolgálnak. A görbék eltolásának oka tehát a fénytörés jelenségének elkerülése és a szerelés egyszerűsítése volt. Az előbb említett lépések elvégzésének hiányában

a világítást biztosító egységeket a metszéspontban el kellene vágni, ami a szerelést nehezíti. Az eltolásnak köszönhetően egy réteg pántjain akadálymentesen végigvezethetők a fényt biztosító és azt elosztó szálak. Az eltolás mértékét a fix geometriai méretek segítségével határoztam meg. A profil magassága az eltolás minimális értékét adta meg, amelyet a szálak érintkezésének érdekében kis mértékben növeltem.

Az *a*, *b*, és *c* görbék metszéspontjai és a háromszög által gömbből kimetszett felület középpontját összekötöttem, majd szintén a felületre feszítettem. Ezek képzik a gerincét a lámpát összetartó pántoknak. A korábbiakhoz hasonlóan egy újabb profilt vetítettem a görbékre, majd testté alakítottam. Ezek magassága a 3. réteg legkülső pontja és az 1. réteg felső harmada közötti távolsággal egyezik meg. Az átfogó vastagság kellő stabilitást biztosít a világító részek rögzítésére, illetve ezek sem akadályozzák a fény bevezetését. Az utoljára létrehozott görbék metszéspontjában a kezdeti alkotók által meghatározott geometria felület menti kicsinyítése, majd sugárirányú kihúzással testté alakítása követte. A létrehozott testben található a forgatást biztosító axiális gömbcsukló vége, illetve biztosító elemként összetartja a különálló rétegeket.

A sorosan kapcsolt LED szálak befűzése a külső görbék felől történik. A gyártást követően ezek kényelmesen végigvezethetők a pántok mentén, mivel azok nem kapcsolódnak közvetlenül a lámpa keretéhez. A bevezetést és a szálakat „C” betűre hasonlító profil takarja. A tartópántok téglalap keresztmetszetűek, a vezetékeknek helyet biztosítva üreges kialakításúak. A plafon felől érkező, gömbcsukló mentén három felé futó kábel ezekben a pántokban vonulnak végig, ezzel egyenletesebb árameloszlást biztosítva. A már összekapcsolt LED szálak végét a kivezetési pontban, összesen három helyen kell forrasztani.



(25.) A lámpát létrehozó algoritmus strukturált képe. Alkatrészek és gyártási szegmensek szerint csoportokba rendezett Grasshopper definíció (parancsokat megvalósító ikonok és a kapcsolatrendszer létrehozó hálózat)

A peremfeltételek lefektetése a pontok helyzetét meghatározó UVW koordináták korlátozásával kezdődött. Mivel a lámpatest mérete az alapgömb sugarától függ, ezért a pontok pozíciója a felületen van korlátozva úgy, hogy az mérettől függetlenül ne okozhasson gyártási hibát. Nem eshetnek például egy görbére, mivel a metszéshez szükséges háromszög így nem alakulna ki. Továbbá nem lehetnek túl közel egymáshoz, illetve a pontokat összekötve létrejövő háromszög túl nagy tompaszöget sem zárhat be. Ezek kiküszöbölése nélkül a lámpa további részei nem valósulhatnának meg, nem alakulna ki elegendő tér a világító- és tartópántok számára. A három pont által meghatározott síkidom felületre feszítését követően, a kijelölt terület mérete automatikusan változik a sugar módosításával. A szabályok lefektetését követően a pontok helyzete és a gömb - azaz a lámpatest- nagysága ízlés szerint változtatható.

A világító pántok keresztmetszete állandó, hosszúságuk és számuk viszont változó érték, mely kezdetben a lámpa peremét adó vezérgörbék hosszától függ. Mennyiségük meghatározására matematikai és logikai műveleteket használtam. Mivel három rétegben helyezkednek el, ezért minden műveletet háromszor végeztem el, $a-b$, $b-c$ és $a-c$ párokra vonatkozóan. A világító pántok módosíthatóságának érdekében a rendszer logikai műveleteit használtam. Hosszértékelő és összehasonlító parancsok alkalmazásával, mindig az aktuális rétegnek megfelelő alkotógörbék hosszát értékeltem, majd kiválasztottam a páronként kisebbet. A világító pántokat létrehozó profil fix méreteit felhasználva, a szélességet meghatározó két legtávolabbi pont távolságára volt szükség. Ezt az értéket kiegészítettem egy állandó értékkel, mely a párhuzamosan futó pántok közötti minimálisan szükséges részt biztosítja. Az $a-b$, $b-c$ és $a-c$ párok közül a rövidebbet osztottam ezek összegével, így megkaptam a maximálisan elhelyezhető pántok számát. Mivel a kapott értékek nem feltétlenül egész számok, ezért kerekítést építettem a definícióba. Ezzel a művelettel a pántokkal teljesen feltöltött lámpatest adatait kaptam meg. A felhasználó ezt követően tetszés szerint csökkentheti az egy rétegen belül elhelyezni kívánt pántok számát. Ezt egy csúszka segítségével állíthatja be, amely a maximális értéket osztja le fokozatosan, egyre nagyobb számmal, így csökkentve a világító részek mennyiségét. Kialakítható 1 rétegű és mindössze egyetlen világító egységet tartalmazó, de létrehozható három rétegű, akár 50-60 világító görbét magába foglaló lámpa is.

További személyre szabható tulajdonság a lámpa felfüggesztése. Ezt a test középpontjából kiinduló acélrúd hossza adja, így a lámpaburák magassága módosítható. Fontos automatikusan változó paraméter a függesztés végén található gömbcsukló, melynek mérete a lámpa külsejével együtt automatikusan változik. Ennek definiálására a lámpatest tömegét,

illetve kiterjedését használtam fel, melynek függvényében a gömbcsukló sugara is változik. Ez fontos eleme a lámpának, hiszen kis termék esetén kisebb szerkezeti elem alkalmazása is elegendő, míg egy nagyobb esetén ez már nem biztosítaná a megfelelő működést.

A létrehozott termék nagyságának függvényében problémaként merülhet fel a gyártás lehetősége. Előfordulhat, hogy a lámpa méretéből adódóan nem lehet egy darabban elkészíteni a terméket. Ez esetben a különálló egységek összeillesztésére szolgáló elemek létrehozása is szükségessé vált. Erre téglalap keresztmetszetű kapcsolóelemeket hoztam létre, melyek a pántok belsejében kialakított kivágásba illeszthetők. Az apró részek oldószeres ragasztásával az elemek biztonságosan összekapcsolhatók. Továbbá a definíció tartalmazza a daraboláshoz szükséges metszősíkokat, melyek helyzete a gyártási lehetőségektől függően változtatható. Ebben az esetben a paraméterváltoztatás a gyártás-előkészítő személy feladata.



(26.), (27.) *Delirium Lamp* algoritmussal létrehozott koncepcióváltozatai

6. Konklúzió

A kutatás rámutat arra, hogy az új típusú parametrikus tervezés számos előnnyel rendelkezik. Az elmélet gyakorlati alkalmazásához szükséges tudás elsajátítása lehetőséget biztosít a tervezés eredményességének növelésére. A parametrikus tervezést támogató szoftverek segítségével gyorsan létrehozható számos koncepcióváltozat a legjobb megoldás megtalálását segíti. A tervezési folyamat során eddig felfedezetlen megoldásokra bukkanhat a tervező. A tervezési metódus új gondolati síkra helyezésével eddig megvalósíthatatlannak tűnő eredmények születhetnek. Az új irányvonal elterjedése nem zárja ki a korábban alkalmazott technikák és módszerek felszámolását. A jövőben is szükség van a hagyományos tervezési módszerekre, bizonyos termékek esetében a korábbi technikák alkalmazása lehet hatékony. Ennek megfelelően a tervezési folyamat elején a célnak megfelelő módszer alkalmazása mellett kell dönteni, de a különféle tervezési elméletek leginkább egymás mellett, egymást kiegészítve lehetnek effektívek.

Az elkészített felmérés rámutat arra, hogy a parametrikus tervezés azon termékek esetén bizonyul hatékonynak, amelyek a fogyasztók mindennapjaiban játszanak jelentős szerepet. A személyes tárgyakhoz fűződő érzelmi kötődés kialakulása gyakori jelenség, így a vevői elégedettség növelhető, ha olyan termékek készülnek, amelyekkel ez a kapcsolat kialakítható. A legtöbb esetben ezek nem nagy költségűek, de az eszmeiségük miatt értékük magasabbnak bizonyul. Továbbá a technika alkalmazása a háztartási és lakberendezési cikkek, bútorok, illetve személyes, egyedi megjelenést biztosító termékek tervezése során ajánlott. Úgy gondolom, hogy további tudományterületek eszközeinek tervezése során is hasznosnak bizonyulhat. Orvostechnikai célokat figyelembe véve akár művégtagok, implantátumok készítését segítheti, de a robotika, űrkutatás, haditechnika területén is elterjedhet a tervezési módszer. Az egyedi termékek készítésére a tömegtermelésben alkalmazott gyártástechnológiák nem használhatók, mivel ezek jelentősen növelnék a költségeket. Fontos szempont tehát, hogy a hatékonyság érdekében a termékek additív gyártástechnológiákkal készüljenek.

A fogyasztói igények növekedése és a fejlődés szükségessége a parametrikusan tervezett termékek piaci bevezetését igényli. A termékek változtathatóságának, „újratervezésének” lehetőségét biztosítva a vevőknek a tevékenység nem csak termék formájában jelent értékteremtést, de pozitív élményt nyújtó szolgáltatásként is elterjedhet. A vevőorientált

filozófia kiépítése egész cégszerkezeteket alakíthat át, amely számos előnnyel járhat.

Produktívabb termelés és értékesítés valósulhat meg, a profitok növelhetők, illetve a vásárlói elégedettség magasabb szintre emelhető.

Összességében a parametrikus tervezés rengeteg lehetőséget rejt magában, hasznossága mindig az aktuális tervezési feladatban mutatkozik meg. A módszer filozófiájának megismerése a tervező látókörét szélesítheti. Úgy gondolom, hogy a jövő számos meglepetést tartogat a tudományterületeken, így a tervezési technikák evolúciója is megdöbbentő és számunka még elképzelhetetlen csodákat eredményezhet.

Hivatkozások:

- [1] Márton Enikő: Tervezési technikák evolúciója. 2003
<http://epiteszforum.hu/marton-eniko-tervezesi-technikak-evolucioja> [Hozzáférés: 2014. 09. 03.]
- [2] Szabó Péter: Parametricizmus, avagy a parametrikus dizájn. 2013
<http://parametric-art.com/parametric-design>, [Hozzáférés: 2014. 08. 02.]
- [3] Zhang W.J., Lin Y., Sinha N.: On the Function-Behavior-Structure Model for Design.
In: Canadian Design Engineering Network conference 2005, Kananaskis. 2005
[Letöltés: 2014. 08. 02.]
- [4] Vasné Egri Magdolna, Danó Györgyi: A hazai e-vásárlási szokások fő jellemzői, azok dinamikája. Konferencia előadás és kötetben megjelenő cikk „A válság hatása a kiskereskedelme” – Tudományos Konferencia, Gödöllő. 2012
<http://hu.scribd.com/doc/117688581/A-hazai-e-vasarlas-szokasok-f%C5%91-jellemz%C5%91i-azok-dinamikaja#scribd> [Hozzáférés: 2014. 08. 18.]
- [5] Piac és Profit (2012b): Hogyan netezik a magyar? 2012
http://www.piacprofit.hu/infokom/hogyan_netezik_a_magyar/ (2014) [Hozzáférés: 2014. 08. 18.]
- [6] Töröcsik Mária: Az új fogyasztó az információs társadalomban. Szeged. 2012
<http://hu.scribd.com/doc/109637333/A-fiatalok-internetes-vasarlas-szokasai-2012#scribd> [Hozzáférés: 2014. 08. 18.]
- [7] GfK: Egyre nő az internethasználat Magyarországon. 2012
<http://www.netkutatasok.hu/2012/07/gfk-egyre-no-az-internethasznalat.html>
[Hozzáférés: 2014. 08. 18.]

Felhasznált irodalom:

- [1] Márton Enikő: Tervezési technikák evolúciója. 2003
<http://epiteszforum.hu/marton-eniko-tervezesi-technikak-evolucioja> [Hozzáférés: 2014. 09. 03.]
- [2] Szabó Péter: Parametricizmus, avagy a parametrikus dizájn. 2013
<http://parametric-art.com/parametric-design> [Hozzáférés: 2014. 08. 02.]

- [3] Franco P. Preparata, Michael Ian Shamos: Computational Geometry. 1985
- [4] A.R. Forrest: Computational geometry. 4. köt. London, 1971. 187-195. p.
- [5] Omkrets: Generative Components. 2007
<http://www.omkrets.se/gc/> [Hozzáférés: 2014. 09. 13.]
- [6] Botzheim Bálint: Parametrikus építészet. 2013
<http://meonline.hu/vizualis-kultura/parametrikus-epiteszet> [Hozzáférés: 2014. 08. 23.]
- [7] J. M. Jauregui-Becker, H. Tragter, F. G. M. Kokkeler, F. J. A. M. van Houten: On the definition of parametric design problems for computational synthesis. 2007
- [8] Zhang W.J., Lin Y., Sinha N.: On the Function-Behavior-Structure Model for Design. In: Canadian Design Engineering Network conference 2005, Kananaskis, 2005
[Letöltés: 2014. 08. 02]
- [9] Canadian Design Engineering Network conference 2005, Kananaskis, 2005
https://www.designsociety.org/download-publication/25708/on_the_definition_of_parametric_design_problems_for_computational_synthesis+&cd=1&hl=hu&ct=clnk&gl=hu [Letöltés: 2014. 08. 02]
- [10] Vasné Egri Magdolna, Danó Györgyi: A hazai e-vásárlási szokások fő jellemzői, azok dinamikája. Konferencia előadás és kötetben megjelenő cikk „A válság hatása a kiskereskedelmre” – Tudományos Konferencia, Gödöllő. 2012
<http://hu.scribd.com/doc/117688581/A-hazai-e-vasarlasi-szokasok-f%C5%91-jellemz%C5%91i-azok-dinamikaja#scribd> [Hozzáférés: 2014. 08. 18.]
- [11] GfK: Egyre nő az internethasználat Magyarországon. 2012
<http://www.netkutatasok.hu/2012/07/gfk-egyre-no-az-internethasznalat.html>
[Hozzáférés: 2014. 08. 18]
- [12] Loomis, Mark (Jan 10, 2011). "Rhino Grasshopper VS Generative Components" (Blog). Designplaygrounds. 2011.
<http://designplaygrounds.com/deviants/rhino-grasshopper-vs-generative-components/>
[Hozzáférés: 2014. 09. 05.]
- [13] Mark Loomis: About Generative Design platforms by Mark Loomis (Blog), 2010
<http://designplaygrounds.com/deviants/about-generative-design-platforms-by-mark-loomis/> [Hozzáférés: 2014. 09. 05.]
- [14] Törőcsik Mária: Az új fogyasztó az információs társadalomban. Szeged, 2012
<http://hu.scribd.com/doc/109637333/A-fiatalok-internetes-vasarlasi-szokasai-2012#scribd> [Hozzáférés: 2014. 08. 18.]

- [15] Parametric Camp: What is parametric design
<http://www.parametriccamp.com/en/what-is-parametric-design> [Hozzáférés: 2014. 08. 03.]
- [16] Enmls: Coral study
<http://www.enmls.com/projects/coral-study> [Hozzáférés: 2014. 09. 05.]
- [17] Fast Foreword: Rhino 3D. 2009
www.fastforeword.wordpress.com/tag/rhino-3d [Hozzáférés: 2014. 09. 03.]
- [18] Aeccafe: The Solar Spiral in Chicago. 2011
http://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2011/04/21/the-solar-spiral-in-chicago-illinois-by-shortlist_0-design-group-llc/ [Hozzáférés: 2014. 09. 03.]
- [19] Nervous System: Cell Cycle. 2014
www.n-e-r-v-o-u-s.com [Hozzáférés: 2014. 08. 19.]
- [20] Now: The 3D printing revolution. 2013
www.now.mmedia.me/lb/en/blogs/the-3d-printing-revolution [Hozzáférés: 2014. 09. 09.]
- [21] Golan Courses: Interactive Art & Computational Design. 2011
www.golancourses.net/2011spring/02/28/project-4-generative-form-%E2%80%93-looking-outwards [Hozzáférés: 2014. 09. 03.]
- [22] Rethinking Architecture: Introduction Parametric design. 2010
www.rethinking-architecture.com/introduction-parametric-design,354/ [Hozzáférés: 2014. 08. 05.]
- [23] Budapesti Műszaki Egyetem Polimertechnika Tanszék: Gyors prototípusgyártás. 2012
www.pt.bme.hu/futotargyak/26_BMEGEPTAGA4_2012oszi/gyors%20prototipusgyartas_eloadas_PT-KJG_20121030.pdf [Hozzáférés: 2014. 09. 10.]
- [24] Onformative. 2012
www.onformative.com [Hozzáférés: 2014. 08. 02.]
- [25] Generative Art and Interactive Technologies. 2013
www.youtube.com/watch?v=IS4w8Dfm34Y [Hozzáférés: 2014. 07. 28.]
- [26] Patrik Schumacher Lecture: Staedelschule Architecture Class Lecture Series. 2013
www.youtube.com/watch?v=PfCzJ-czLYM [Hozzáférés: 2014. 07. 28.]
- [27] Adobe TV: Five essential principles of interaction design. 2013

www.tv.adobe.com/watch/classroom-five-essential-principles-of-interaction-design/part-1-five-essential-principles-of-interaction-design/ [Hozzáférés: 2014. 07. 28.]

[28] Frequency: CPEU - Generative Design. 2012

www.frequency.com/video/cpeu2generative-design-cdrick-kiefer/58545750

[Hozzáférés: 2014. 07. 28.]

[29] Issuu: Future of Cad. 2014

www.issuu.com/sivam_krish/docs/chapter_9_future_of_cad?e=0/8812137#search

[Hozzáférés: 2014. 08. 10.]