

## GENERATÍV DESIGN

egyéni kutatási beszámoló  
BME Építőművészeti Doktori Iskola

készítette: Pálóczi Tibor  
témavezető: Répás Ferenc DLA  
konzulens: Kerékgyártó Béla PhD  
BME Rajzi és Formaismereti Tanszék  
Budapest, 2016. június

## ABSZTRAKT

Féléves dolgozatom a generatív tervezési rendszereket vizsgálja. Ezek a rendszerek az építészeti tervezésben formageneráló eszközként támogatják az építész formakereső tevékenységét. A generatív eszközök alapja az algoritmizálás, ez pedig a tervezési folyamat során egy megnövekedett komputációs irányítást tesz lehetővé a geometria kialakítása felett. Adaptálhatóságuk és a tervezési igényekre való fogékonyságuk különösen hasznossá akkor válik, amikor a tervezett épületnek komplex és dinamikus követelményeket kell kielégítenie. Gyakran ezek az összetett igények az épület teljesítményét írják le, a parametrikus komputációs modellek a teljesítmény-analízis tervezésbe való integrálását segítik. Azonban a parametrikus rendszereket, sokszor hibásan, építészeti stílusként definiálják, félreértelmezve annak tényleges módszertanra vonatkozó lényegét. Arról is rendszeresen megfeledeknek, hogy a parametrikus modellezés nemcsak a reprezentáció rugalmasságában, de a terv komplexitásában is korlátokkal rendelkezik, mely az alkotási folyamatokat negatívan befolyásolja. A generatív tervezéshez való kritikai hozzáállás mind a lehetőségek, mind pedig a korlátok szempontjából igen lényeges, de annak hatékony és megfelelő használatával az építész tervező gyarapítani tudja eszközeit.

„nyelvem határai a világom határait jelentik”

Ludwig Wittgenstein

## 1. BEVEZETŐ

A komputációs rendszerek építészetben történő alkalmazása az elmúlt évtizedben bár meghatározó, de a jövőt illetően még rendezetlen. Viszont olyan új kutatási területek felbukkanását eredményezte, melyek kapcsolatban vannak tervezői gondolkodással, formaalkotási folyamatokkal vagy akár megvalósíthatósági módszerekkel. A számítógép segítette tervezés két fő területét különböztethetjük meg: az egyik a tervezett objektum geometriájának és topológiájának az ábrázolása és gyártáselőkészítése, a másik a különböző ismeretek szintéziséből megszülető tervezési módszerek használata.<sup>1</sup> Miközben az első kategória a CAD eszközök konyhakész használatára utal, azaz növeljük a hatékonyságot és automatizáljuk a rajzolási, dokumentálási műveleteket, addig a második a generatív megközelítésekre helyezi a hangsúlyt. A generatív rendszerek lehetőséget biztosítanak egy keresési halmaz felállítására és azon belül tervezési alternatívák létrehozására.

Ezek a változások jóval túlmutatnak a digitális technológiáknak a forma reprezentálására irányuló felhasználásán. Az építészeti forma komputációs modellje és háromdimenziós szimulációs leírása magába foglalja a kontextuális paraméterek, az anyagtulajdonságok, a gyártási módszerek és a geometria között kialakuló asszociatív kapcsolatokat is. Ezt folytatva, a digitális kultúra egy új irányra körvonalazódik és a tervezési módszerekben is erőteljes változás figyelhető meg. Ahogy a terv feletti közvetlen kontroll elhagyásra kerül, a forma indirekt irányítása válik dominánssá. A tervezés korai fázisában alkalmazott folyamat-orientált módszerek a koncepció szabadságot meghagyják a tervező számára, miközben az építészeti tervezői szándék egy optimalizált eredményben születtek meg. A tervezői gondolkodásnak ez egy újfajta módja abban, hogy a tervezési problémákra adott válasz a tervezési folyamat adott pillanatában nem egyetlen megoldással jellemezhető, valamint a generatív rendszer képességeitől függően előre meg nem jósolható eredményhez vezet. Itt a fő kihívás a komputáció kultiválása, mely az eszközre a kortárs építészeti tervezésben az alkotás koncepcionálása és megvalósítása terén a tervezői képességek pótlásaként tekint.<sup>2</sup>

## 2. GENERATÍV DESIGN

A design szó használata szándékos. Az angol design szó, ellentétben magyar megfelelőjével (tervezés) két jelentéssel is bír. Egyszerre jelenti a tárgy megtervezésének folyamatát, magát a cselekvést, valamint a tervezett tárgyat, mint az alkotási folyamat végeredményét. Ez a megkülönböztetés fontos szerephez jut a generatív tervezési rendszerekben: a generatív szisztéma a design-alkotást nem explicit módon határozza meg, hanem annak „csinálási” kódját, vagyis a formaképződés folyamatát kódolja. Ez a forma magasabb szintű leírása, mely lehetővé teszi a komplexitás hierarchiájában is egy magasabb szintre való jutást. A generatív rendszerekben a formaképződés elsőbbséget élvez magával a formával szemben, azaz súlyponti eltolódás történik a design (tárgy) modellezéséről a design (cselekvés) logikájának modellezése irányába. Persze ezen folyamatok kezdő ideájának megalkotása még mindig az építész feladata, de a generatív tervezői rendszerekhez az alkotás formálási elveinek komputációs meghatározása is szükséges. Ennek megfelelően az emberi intelligencia egy részének externalizációját és kódolását igénylik, mely az autonómia bizonyos fokával ruházza fel ezeket a rendszereket. Ezek a specifikációk lehetnek szabályok, paraméteres függőségek, kényszerek, genetikai struktúrák, stb., melyek a végeredményre hatással vannak.

A formatervezésben és az építészetben a generatív logika újnak számít. A generatív rendszerek gyökereit a filozófiában, a nyelvészetben és a biológiában követhetjük nyomon. A szakirodalom ehhez hasonlóan kétféle kategóriát különböztet meg: a nyelvi és a biológiai generatív rendszert. A lingvisztikus modellben a hangsúly a szintaktikai szabályokra helyeződik, melyek a szemantikát vezérlik; a kontextus ismerete a szintaktikai szabályokban kerül kódolásra és a nehézség abban áll, hogy megszerezzük azt a képességet, ami ennek a tudásnak a kódolásához szükséges a folyamat elején. A biológia generatív rendszerekben a figyelem egy, a generált forma és környezete közötti metabolikus egyensúly elérésének irányába tolódik el és a környezet szimulálását igényli, melybe a forma beágyazódik. Ez a kontextuális paraméterek szimulációs objektumokká történő redukálásával érhető el. A nyelvi modell inkább az analízis felé irányul, a biológia modell pedig a szintézis felé.

A digitális technológia elterjedése előtt a generatív rendszerek építészeti alkalmazása csak részlegesen volt felfedezhető. A reneszánsz építészek a formára úgy tekintettek, mint egy kompozícióra, mely az alapvető épületkomponensek meghatározott számú kombinációjára épült. Az első ilyen szisztematikus koncepció Jean-Nicolas-Louis Durand francia építész és pedagógus nevéhez kötődik, írásaiban építészhallgatók generációira tett mély benyomást. Durand olyan kompozíciós módszert fejlesztett neoklasszicista épületek tervezéséhez, mely analóg generatív megközelítést követett.<sup>3</sup> Egy másik jelentős alkotó a szisztematikus gondolkodás témakörében Peter Eisenman. Eisenman egy formálási nyelv ötletét veti fel, melyben explicit szintaktikai szabályok alkalmazásával lehet új épületeket létrehozni. Elve az alkotóelemek közötti relációra helyezi a hangsúlyt a korábbi tipológiai elemekkel szemben. Elméleti írásai valós épületprojektjeinek kísérői, míg a gyakorlatban lépésről-lépésre előrehaladó aprólékos procedúrát követett. Eisenman házsorozataival (HOUSE I-X) reflektál transzformációs elképzeléseire, melyekben azt állítja, hogy „a ház a hagyományos értelemben nem egy tárgy - egy eredménye egy folyamatnak - hanem szabatos felvétele egy eljárásnak”.<sup>4</sup>

A szisztematikus gondolkodáshoz még érdemes lenne George Stiny Formáló Nyelvtanai-nak kutatása. Ezt a következő félévben tervezem.

### 3. ALGORITMIZÁLÁS

Az algoritmusok és az algoritmikus gondolkodás szerepéről való gondolkodás lényeges a generatív rendszerek megértése szempontjából. A generatív rendszerek elsősorban algoritmikus elveken alapulnak. Az algoritmusok megtervezésével az építész egy generatív folyamatot kezdeményez és ebből következően felette irányítást gyakorol. Az iterációs lépések egymásutánja, a terv és a megvalósítás közötti információ összegyűjtése, kommunikálása és továbbfejlesztése mennyiségét és arányait tekintve azonban messze meghaladják az emberi agy kapacitását. Az algoritmikus módszerek az építész számára lehetővé teszik, hogy a komplexitás és az információ egy jóval nagyobb mennyiségével dolgozhasson, emiatt a lehetséges megoldások tartománya is kibővül.

Az algoritmus instrukciók véges halmaza, melyek célja egy előre pontosan definiált szándék teljesítése véges számú lépéseken keresztül. Egy algoritmus vesz egy értéket vagy az értékek egy halmazát mint bemenet, lefuttat egy transzformációs lépésekből álló sorozatot, ami a bemenetet átalakítja és végül előállít egy értéket vagy az értékek egy készletét, mint kimenetet. A bútor összeszerelési útmutatója vagy egy sütemény receptje a legegyszerűbb informális megjelenése az algoritmusoknak, ahol a bútor alkatrészei, illetve a sütemény hozzávalói a bemenetek, a kész bútor illetve a sütemény a kimenetek és az összeszerelési útmutató vagy a recept a procedurális lépések, melyeket követni kell. Az algoritmusok ereje abban áll, hogy a komputációs problémák széles skáláját képesek megoldani. Néhányat kiemelve ezek lehetnek szortírozások és keresések, adatstruktúrák műveletei, kombinatorikus problémák (beleértve a véletlenszám generálást is) és komputációs geometriák. Egy procedurális munkafolyamatban három alapvető dolog vezérli az instrukciókat. Ezek hajtódnak végre a szekventálás (instrukciók futtatása megfelelő sorrendben), a szelekció (melyik instrukció legyen futtatva a HA-AKKOR állítás feltételén alapulva) és az iterálás (instrukciók ismétlése lineárisan vagy rekurzíven) alapvető műveleteinek futtatásakor (Chang, 2003).

Az algoritmikus gondolkodásnak és algoritmikus tervezésnek van egy még nagyobb relevanciája a generatív tervezés koncepcióját illetően. Terzidis azt állítja, hogy az algoritmusok induktív stratégiája generatív folyamatokat tudnak felderíteni vagy komplex jelenségeket tudnak szimulálni. Az algoritmusokra úgy is tekinthetünk, mint az emberi agy kiterjesztésére és egy lehetséges segítségre, mely elősegíti a megjósolhatatlan potenciák területére való ugrást (Terzidis, 2011).

#### 4. DETERMINISZTIKUSSÁG VS. VALÓSZÍNŰSÉG

A generatív rendszerek probléma megoldási típusait két, jól elkülöníthető csoportra oszthatjuk. Az elsőben határozott céllal és pontosan definiált problémákra keressük a választ, a második olyan, nem egyértelműen meghatározott problémákat tartalmaz, melyeknek akár egynél több megoldása is lehetséges. Az egyik egy determinisztikus megközelítés, ami jól strukturált problémákhoz alkalmazható, a másik a kreatív tervezési folyamatokat jobban reprezentáló valószínűségeen alapulnak.

Míg a determinisztikus modellek mindig ugyanazt az eredményt produkálják a kezdeti konfiguráció függvényében, addig a sztochasztikus modellek változóak. A valószínűségi modellek meglehetősen egyszerű modellek, melyek a logikájuknak megfelelő néhány, jellemzően véletlenszerű eljárást használnak. A véletlenszerűség például előállítható a modellekbe bevezetett véletlen szám generátorokkal. Pierre Laplace 1819-es megfogalmazásában „a valószínűség számítás semmi egyéb, mint a józan ész számokban megfogalmazva”.<sup>5</sup> A tervezési problémákra rendszerint nem csak egyetlen, a legjobb megoldás adható, hanem kielégítő megoldások egy egész sorozata. Ezért a tervezőnek képesnek kell lennie a probléma-megközelítésen változtatni, ha kell újradefiniálni azt a megoldás fényében, miközben a lehetséges megoldások halmazán belül marad. A nagyszámú tervezési alternatívák megvizsgálásának képessége, a kiértékelés pedig kritikus a sikeres tervek megtalálásában. Ennek megfelelően a tervezés folyamata tekinthető divergens/konvergens részek váltakozásának, amelyben a divergens fázisok megoldási javaslatait egy valószínűségi modellt követő generatív rendszer állítja elő, míg a konvergens szakaszokban a determinisztikus osztályozás kapja a főbb szerepet.

A számítógépes épületmodellező rendszerek hagyományos használata kimerül a végső terv reprezentációjában és a legtöbb alkalmazás ezt a statikus, egyállapotú tervezést támogatja. Ezzel szemben a szintetizáló módszereket használó generatív modellezés a megoldási halmazon belül lehetőséget kínál a divergenciára annak érdekében, hogy ugyanakkor a parametrikus modellnek az eltérő változatai kerüljenek kiértékelésre. Eszerint a tervezési elvek a parametrikus asszociációkban fejeződnek ki, melyek a tervező számára biztosítják a tervezési opciók kiosztásának időbeli felfedezését, a korábbi tervezési változatokhoz való visszatérést és az alkotás tökéletesítését a tervezési folyamat során (Aish és Woodburry, 2005).

## 5. FÉLREÉRTÉSEK

Az utóbbi években a generatív tervezés a figyelem középpontjába került. Ez főként azoknak a vizuális szkriptelő alkalmazásoknak köszönhető, melyek a parametrikus modell kódolási komplexitását egy vizuális szerkesztőfelület mögé rejtik. A grafikus interfész átveszi az építész válláról a kódoláshoz szükséges technikai ismeretek súlyos terhet és könnyű használhatósága révén egyre nagyobb népszerűségnek örvend. Azonban szükséges megemlíteni a generatív rendszereknek és a parametrikus modellezésnek néhány téves értelmezését, valamint hátrányait.

(1) Patrik Schumacher gyakran hivatkozik a generatív tervezésre, mint „egy mélyreható stílus, ami felnőtté vált az építészet avant-garde szakaszában”.<sup>6</sup> Saját terminológiája, a parametricizmus, mint az építészeti kifejezésnek újonnan felbukkanó módja „egy hiteles, fenntartható választ kínál a modernizmus hosszú idő óta tartó krízisére, ami a stíluskeresés elmúlt 25 évének eredménye”.<sup>7</sup> Jóllehet a generatív tervezést használó építészeti projektek esetében megfigyelhető a stilisztikai hasonlóságnak egy bizonyos mértéke, azonban a tervezésnek ez a típusú megközelítése nem formai nyelveken, stílusokon alapszik. A generatív tervezés ugyan egy lehetséges módja a szabadonformált épületek és komplex geometria létrehozásának, de nem zárja ki a hagyományos tipológiai elemeket és kapcsolati megoldásokat használó építészeti terveket. A parametrikus tervezésre globális mozgalomként tekinteni ugyanolyan tévedés, mint egy mindent elsöprő új paradigmára vagy egy korszakhatárt jelölő építészeti stílusra. Moussavi azt írja, hogy a parametrikus tervezés, mint egy stílus megszabadítva magát a külső paraméterek fékező korlátjaitól hirdeti az építészeti forma autonómiáját, miközben nem képes meghaladni a formálási folyamatok új módjait és meglepően új tereket alkotni (Moussavi, 2011). A generatív design egy módszertan arra, hogy kezelni tudjuk építészeti terveink egyre fokozódó összetettségét és alkalmazható legyen olyan tervezési folyamatokra, melyekben ez a komplexitás az építészeti formára a formaképzés folyamatában hatással van.

(2) Egy másik félreértés a generatív tervezéssel kapcsolatban, hogy a generatív tervezés egyenlő a komplex formával és a fordítva, a komplex forma csak generatív módszerekkel állítható elő. (Itt most komplex formán a kétszergörbűlt formákat és szerkezeti megoldásaikat értem, generatív módszereken pedig a számítógépes komputációs módszereket.) Tulajdonképpen a komplex geometria már a 19. századi építészet egyes épületeiben is jelen volt, de gondoljunk csak Frei Otto, Jorn Utzon, Piere Luigi Nervi, Felix Candela, Anton Gaudi és a többiek által kidolgozott új szemléletekre a formakeresés területén. Céljuk minden esetben újszerű formák felkutatása volt, melyek többnyire az erőhatásokra optimális viselkedést mutatnak és a hagyományos rajzi ábrázolással, valamint az elérhető numerikus számítási eljárásokkal nem előállíthatók. Az egyik legismertebb és legrégebb óta alkalmazott formakereső módszer nyomott boltozatok kialakításához a függesztett kötélgörbe módszere, melyben a belógatott kötélt kimerevített alakja fejtetőre állítva egy tisztán nyomott boltívet eredményez – Gaudi egyik kedvelt formakereső eljárása. A fizikai modelleken végzett formakeresési folyamatok a tervező számára egy intuitív módot biztosítottak a forma meghatározását illetően és egy közvetlen, folyamatos és kétirányú kommunikáció történt a forma, az anyag, a természeti törvények és a tervezői szándék között.

A fizikai modelleken végzett kísérletek ma is alkalmazhatók komplex formák előállítására, azonban korántsem zökkenőmentesek és hatékonyak, sőt időigényes eljárások. További nehézség a léptékarányos modellek átültetése valóságos anyagi szerkezetbe, mivel hiányzik a formálási módszerből a két valóság közötti (modell és tényleges épület) letérképezés. Ezért az anyagi absztrakción alapuló rendszer és a valós épület közötti egyezés kizárólag az építész szakértelmén és képességén múlik. Jorn Utzon Sydney-ben található Operaháza, mely egy pályázati projekt volt és 1957-ben nyerte meg Utzon, csak 1973-ban nyílt meg. Azóta sokan ikonikus épületként tekintenek rá,

építészek és mérnökök egyaránt mestermunkának tartják. De a tervezési folyamat hiányosságai sok problémát okoztak a kivitelezési idő alatt. A tető szerkezetének geometriája eredetileg nem volt kitalálva és kezdetben megépíthetetlennek tekintették. A koncepciótervezés következő 5 éve alatt a mérnököknek és az építésznek racionalizálni kellett a tetőt, ami végül egy egyszerűsített görbefeformához, a gömb egy szeletéhez vezetett. Így a tervezés és kivitelezés jelentős kompromisszumokat és átdolgozásokat igényelt, miközben 16 évet ölelt át és a költségvetés majdnem 14-szeresét is túlszárnyalta.

A generatív tervezésnek éppen ezért nem maga a komplex forma a megkülönböztető jele, hanem a komplex formakeresési folyamat: míg a tradicionális tervezési eljárások a komplex formákat ceteris paribus elven egyetlen tényező változtatásának révén keresték, addig a generatív tervezés több fizikai jellemző egyidejű és nagyszámú változtatását teszi lehetővé. A folyamatnak ez az összetettsége a 4. részben bővebben kifejtésre kerül.

(3) A harmadik, téves felfogás a generatív rendszereket korlátlanul flexibilisnek tekinti. A generatív modell alatt meghúzódó algoritmikus elvek meglehetősen határozott módon működnek, azaz „minden egyes lépésnek pontosan kitalálnak kell lenni, a végrehajtott műveleteknek szigorúan és félreérthetetlenül meghatározottaknak kell lenni minden egyes esetben” (Knuth, 1997). A generatív tervezés paraméterei és szabályai bármennyire bonyolultak, mégsem univerzálisak: az adott tervezési probléma aktualitását hordozzák, tehát a tervezési probléma megváltozása esetén érvényüket veszthetik. Gerber hangsúlyozza, hogy a parametrikus modellt időről-időre újra kell alkotni a projekt-topológia változásának függvényében (Gerber, 2007).<sup>8</sup> Egy ilyen esetben a séma javítása a nullpontról történő újratekintést jelentheti, mivel a modellt felépítő kapcsolatok komplex hálózatán keresztül adott mértéket meghaladó helyi módosítások a rendszer működésképtelenné válásához vezethetnek (Davis, 2011). A parametrikus modellek csak akkor változtathatóak, ha az aktuálisan definiált problémán belül maradnak. A parametrikus modellezésen alapuló megközelítés magában hordozza annak a kockázatát, hogy az éretlen állapotban befagyasztja a design-t. A dimenziókon és kompozíciókon alapuló behatároltság éppen ezért leszűkíti a felfedezési mozgásteret és a koncepcionális változatosságot. A generatív rendszer felállítása nem véletlen próbálkozások sorozatát, hanem tervezői tudatosságot igényel: a tervezőnek a priori nagyfokú egyértelműséggel rendelkező algoritmust kell előállítani, ami a paraméterek és szabályok előzetes, a formafelfedezés előtti ismeretét feltételezik.

(4) A kortárs építészeti tervezés egyik központi kérdése a komplexitás és annak kezelése. Ezzel kapcsolatban hibás az a felfogás, miszerint a generatív tervezés csökkentené a komplexitást. Épületeink növekvő összetettsége részben külső tényezőknek tudható be, részben pedig a tervezői szándék is ebbe az irányba mutat. A külső tényezők mint az épületekkel szemben támasztott teljesítményigények, a felhasználói elvárások időben és térben, a szerteágazó kommunikációs csatornák, stb. ugyanúgy, mint az építész érdeklődése a szabadon formált geometriák és a mögöttük rejlő matematikai koncepciók iránt a komplexitás irányába terelik az alkotási folyamatot. Annak az igénye, hogy az épület minél több feladatot lásson el, és hogy ezek a tervezés során egységben legyenek kezelve, a komplexitás egy magasabb fokát jelenti az építészetben.

Bár a generatív tervezés és a digitális technológia az építész kognitív és operációs képességeit nagymértékben segíti, a komputációs tervezés és parametrikus modellezés új kihívások elé is állítja az alkotó építészt. A generatív tervezés biztos technikai tudást igényel a komputáció és a matematika területén, máskülönben az új médium akadályozni fogja az alkotási folyamatot. Az építészek viszont jellemzően nem rendelkeznek ilyen irányú tudással, a programozás vagy szkriptelés, az algoritmikus gondolkodás tipikusan azok a területek, amelyeket az építészek nem tanultak vagy nem használnak és



emiatt nincsenek hozzászokva. Ráadásul ez a fajta tudás ellentétes az építész kreatív felfedező módszereivel. A tervezőnek sokszor két eltérő kognitív állapot között kell váltogatni: a kreatív tervezői gondolkodás és a szisztematikus formalizálás között. Előbbi az újdonság és innováció mozgatórugója, utóbbi a tervezés komputációs mikéntjét képes megragadni. Aish és Woodbury szerint a parametrizáció „növeli mind a tervezői feladatot, mind a közeg komplexitását, merthogy a tervezőnek nemcsak a tervezendő alkotást kell modelleznie, hanem azt a koncepcionális szerkezetet is, amely a változatosságot irányítja”.<sup>9</sup> Annak a szükségessége, hogy explicit módon externalizálja a szóban forgó koncepcionális és konstruktív szerkezetet, ellentmond annak az elmosódottságnak, ami egy egészséges tervezési folyamat része (Aish és Woodbury, 2005).

A generatív tervezés lényeges kritériuma, hogy az építésznek a tervezési problémát véges számú paraméterek formájában meg kell határoznia. Különben a megoldási halmaz nem lesz elég tág ahhoz, hogy tartalmazza az összes lehetséges megoldást a tervezési problémára. Továbbá az építésznek kell gondoskodnia arról is, hogy a bemeneti paraméterek felvehető értékei egy helyes tartományba essenek. Ez felveti a helyesség-korrektség kérdését, azaz melyek azok a paraméter értékek, amik determináltságukkal még képesek leírni egy tervezési problémát és milyen szabályok szerint kell a paraméterek készletével, az egymással bonyolult és helyenként ellentmondásban lévő paraméterekkel foglalkozni. A következő probléma a sémában lévő paraméterek száma. Minden új paraméter exponenciálisan növeli a design megoldások halmazát, így az könnyen kezelhetetlenné válhat. Ezt úgy ismeri a tudomány, hogy kombinatorikus robbanás. A parametrikus megoldási halmaz növelése nemcsak a tervezési alternatívák generálásában jelent nehézséget, hanem azok kiértékelésében is. A fenti problémák miatt kijelenthetjük, hogy a komplexitás nem feltétlenül célja a generatív tervezésnek, de minél nagyobb az a komplexitás, amit a tervező kezelni képes, annál nagyobb a lehetséges megoldások tartománya is.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat betekintést kívánt nyújtani a generatív design alapvető elméletébe, vázolja a megközelítéssel kapcsolatos kritikai vélemények főbb vonalait is. Az építészeti tervezés módszertana jelentősen kibővült azzal a képességgel, hogy személyre szabott számítási módszerek alkothatók meg, mint a tervezési folyamat integrált részei. A digitális technológiák gyors elterjedése az építőiparon belül új eszközöket kínál a digitális formagenerálás és a megvalósítási eljárás közötti problémamentes munkafolyamat kialakítására. Az építészeti tervezésben a digitális eszközöket túlnyomó részben reprezentációra és specifikációra használják, azaz a vele ekvivalens manuális eszközök hatékony kiváltásaként. A jelenlegi fejlesztések integrált komputációs tervezést kínálnak az építészek számára, így az építész figyelme a formagenerálás törvényszerűségeire, szabályaira irányulhat, melyekben a tervezési szándék, a kontextuális paraméterek és gyártási korlátok tükröződnek vissza. Az előnyei ennek a megközelítésnek az a képesség, amivel kezelni tudunk jelentős, a geometriával és teljesítménnyel kapcsolatba hozható komplex rendszereket. Részben ennek köszönhető, hogy a mögötte megbújó matematikai logika sokféle szinten engedi az információ létrehozását a tervezési állapotokra és megrendelői igényekre történő reflektálással. Azonban a tervezési komplexitás állhatatos, az esetek egyikében sem mozdul egy magasabb szintű absztrakció felé.

## A KUTATÁS TOVÁBBI LEHETSÉGES IRÁNYAI

Sajátos geometriai és építészeti probléma irányába mutató módszerek feldolgozása. Ezeket a módszereket gyakran természettudományi – főként biológiai – modellek inspirálják és ezen elvek kibontásával az építészeti tervezés új kifejezőmódjai jöhetnek létre.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- AHLQUIST, S. – MENGES, A. (2011): Computational design thinking, Wiley
- AISH, R. – WOODBURY, R. (2005): Multi-level interaction in parametric design, in A. Butz, B. Fisher, A. Krüger and P. Oliver (szerk.) SmartGraphics, 5th Int. Symp., SG2005, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin
- BURRY, M. (2011): Scripting Cultures: Architectural Design and Programming, Wiley
- CHANG, S.K. (2003): Data structures and algorithms, World Scientific River edge, London
- DAVIS, D. – BURRY, M. – BURRY, J. (2011): The flexibility of logic programming, Proceedings of the 16th International Conference on CAADRIA, Newcastle, Australia
- E. SZABÓ L. (2004): A nyitott jövő problémája. Typotex Kiadó, Budapest
- EISENMAN, P. (1977): House VI, Progressive Architecture, 58; 57-67
- GERBER, D. J. (2007): Parametric practices: models for design exploration in architecture, PhD thesis, Harvard University
- GERO, J. (1994): preface, in J. Gero & e. Tyugu (szerk.): Formal Design Methods for CAD, Elsevier, Amsterdam
- GURSEL I. Dino (2012): Creative design exploration by parametric generative systems in architecture in METU Journal of the Faculty of Architecture 29 (1):207-224
- HENSEL, M. – MENGES, A. – WEINSTOCK, M. (2010): Emergent technologies and design: towards a biological paradigm for architecture, Routledge, UK
- KILIAN, A. (2006): Design exploration through bidirectional modeling of constraints, PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, Boston, MA
- KNUTH, D.E. (1997): Art of Computer Programming, Volume 1: Fundamental Algorithms. Addison-Wesley, Reading, MA
- KOLAREVIC, B. (2003): Digital Morphogenesis, in B. Kolarevic (szerk.) Architecture in the digital age: design and manufacturing, Taylor & Francis
- LEACH, N. (2009): Digital Morphogenesis, Architectural Design, 79:1; 32-7
- MITCHELL, W.J. (1979): Computer-aided architectural design, Van Nostrand Reinhold
- MOUSSAVI, F. (2011): Parametric software is no substitute for parametric thinking, The Architectural Review, 230(1376):39-39
- OXMAN, R. (2006): Theory and design in the first digital age, Design Studies, 27:3; 229-65
- OXMAN, R. – OXMAN, R. (2010): New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies, Architectural Design, 80:4; 14-23
- SCHUMACHER, P. (2009): Parametricism: A new global style for architecture and urban design. Architectural Design, 79:4; 14-23
- TERZIDIS, K. (2011): Algorithmic form, in A. Menges and S. Ahlquist (szerk.) Computational Design Thinking, Wiley
- WEINSTOCK, M. (2010): The architecture of emergence: the evolution of form in nature and civilisation, Wiley & Sons, Oxford
- WOODBURY, R. (2010): Elements of parametric design, Routledge, Oxford
- YEOMANS, J. (1973): The Other Taj Mahal: What Happened to the Sydney Opera House, Longman Australia

---

<sup>1</sup> Vö. GERO, John S. – MAHER, Mary Lou (2013): Modeling Creativity and Knowledge-Based Creative Design. Psychology Press

<sup>2</sup> AHLQUIST, Sean – MENGES, Achim (2011): Computational design thinking, Wiley

<sup>3</sup> Durand módszerének részletes leírása a következő félévre tolódik

<sup>4</sup> EISENMAN, Peter: House VI. Progressive Architecture, 58. 1977

Eisenman transzformációs szabályrendszerének ismertetése a következő félévre tolódik

<sup>5</sup> E. SZABÓ László (2004): A nyitott jövő problémája. Typotex Kiadó, Budapest

<sup>6</sup> SCHUMACHER, Patrik (2009): Parametricism: A new global style for architecture and urban design. Architectural Design, 79.

<sup>7</sup> Uo.

<sup>8</sup> Ezzel ellentétes véleményt fogalmaz meg Burry (2007), aki szerint a parametrikus modellezésnek éppen az a rugalmasság a lényege, amely révén a tervező nem kényszerül a relációs gráf újraszerkesztésére vagy újramodellezésére.

<sup>9</sup> AISH, Robert – WOODBURY, Robert (2005): Multi-level interaction in parametric design, in A. Butz, B. Fisher, A. Krüger and P. Oliver (szerk.): SmartGraphics, 5th Int. Symp., SG2005, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin.