



Komputációs tervezés

új inspirációs források az építészeti tervezésben

készítette
témavezető
konzulens
kelt

Pálóczi Tibor
Répás Ferenc DLA
Kerékgyártó Béla PhD
2016. január 22.

BME Építőművészeti Doktori Iskola

KIVONAT

Az algoritmikus¹ tervezési módszerek az építészeti tervezés eszközei, eszközök az inspirációban és a realizálásban egyaránt. Ezek az eljárások azonban nem csupán a használt eszközökről szólnak, hanem a gondolkodás egyfajta módját írják le és nem pusztán a számítógép korára jellemző, de hasznuk a számítógép és azok számítási teljesítményeinek segítségével vált sokkal világosabbá. Új koncepciók, szerkezetek, megoldások keresését kínálják, de az eszköz korlátait túl kell szárnyalni különböző kísérleteken keresztül, mint ahogy a kísérletezés a kulcs az új információhoz és az új ötletekhez. A komputációs tervezési módszerekben benne rejlik a lehetőség, hogy az építészek számára megteremtse az inspirációk végtelen tárházát. Az inspirációkon keresztül pedig fokozatosan új paradigmák szülessenek újszerű formai megoldásokban manifesztálódva.

¹ A szakirodalom gyakran felváltva használja a következő fogalmakat a komputációs tervezésre: adaptív, algoritmikus, asszociatív, ágens-alapú, emergens, generatív, morfogenetikus, parametrikus, performatív, procedurális, rekurzív, transzformatív. Ezek mindegyike a komputáció egyes aspektusát emelik ki, de többnyire mindig a komputációs, azaz számításon-alapuló eljárást nyomatékosítják. A leginkább használtak értelmezése a következő oldalon található.

GYAKORI KIFEJEZÉSEK

algoritmus_ pontos szabályok készletét követő matematikai kifejezés vagy eljárás, ami meghatározza, hogyan oldható meg egy probléma. Ez gyakran egy bizonyos művelet sokszori ismétlésével jár

algoritmikus_ ha a modell létrehozását algoritmusok szabályozzák

asszociatív_ ha a geometria-szabály-paraméter kölcsönösen és dinamikusan összekapcsolt

generatív_ heurisztikán (feltaláláson) alapuló iteratív (a kezdethez való visszatéréssel és változtatással járó, lépésről lépésre előrehaladó) működés

normatív_ hagyományos tervezés, mely során a tervezési feladatra egy megoldás születik a tervező fejében - a felülről irányított folyamat során statikus, passzív entitás jön létre (felülről vezérelt, egész ismerete)

komputáció_ számításra alapuló

komputerizáció_ számítógépesítés

morfogenezis_ alakképződés (morph=alak, genesis=eredet); a természeti alakképződés az evolúciós fejlődés és növekedés egy folyamata, ami a rendszer belső teherbírásán és a külső környezeti erők kölcsönhatásán keresztül az egyedi szervezet formai kialakulását okozza

parametrikus_ bemenő adatok primer szerepére utalás

procedurális_ függvények és matematikai kifejezések által generált eljárás modellek, animációk, shaderek létrehozására

ELŐZMÉNY (miért ezt és miért nem mást?)

Az építészetben a digitális tervezési folyamatok felé történt eltolódás egybeesett a saját építészeti tanulmányaim kezdetével és abban a szerencsés helyzetben voltam, hogy az eszköz használatát a kezdetektől fogva tanulhattam. Mostanra terveimhez a számítógép használata, mint eszköz(?) annyira természetes, mint a ceruza és a papír a gondolatok illusztrálásához, az ötletek rögzítéséhez. Az építészet alapvető törvényszerűségeit vagy a tervezési célokat a számítógép nem változtatja meg, de a lehetőségek sokkal szélesebb skáláját kínálja.

A digitális tervezési eszközök a manuális rajzhoz képest rengeteg előrelépést kínálnak: rajzaink könnyű átszerkeszthetősége, annak a lehetősége, hogy egyetlen számítógépes modellből elkészíthető a teljes tervezési és kivitelezési dokumentáció, valamint az épület egy háromdimenziós modelljén keresztül egyszerűen kimutathatók a lehetséges ütközések, problémás területek – csak egy-egy kiragadott példa a médiumban rejlő pontenciálra.

Ha visszatekintek a saját tervezési gyakorlatomra, a komputációs metodikák használatának irányába történő elmozdulás figyelhető meg. A látható komplexitás, legyen az ember alkotta vagy természeti, legyen benne megbújó rend vagy szabálytalanság, minden embert ámulatba ejt. Az ilyen típusú „szervezett káosz”-nak a tervezésben való alkalmazása azonban megmaradt az érdeklődés szintjén mielőtt bármit is tudtam volna az algoritmusokról és a parametrikáról, másszóval hiányzott az eszköz és az eszköz használatának tudása. Mára a tervezői gyakorlatom során előfordult jópár esetben a komplex tervezési folyamatok létrehozása és felgyorsítása a komputációs tervezési módszerek nélkül aligha lett volna megvalósítható, bizonyos esetekben pedig kizárólagos.

Noha a lehetőségek végtelennek tűnnek, fontos, hogy kellő figyelemmel járjunk el, ezen új eszközök működésének mélyére ássunk és ne csak vakon használjuk őket újdonsággal kecsegtető képességeik miatt mellőzve a kritikai hozzáállást. Az általuk kínált képességek az építészet gyarapodásához kellene hozzájárulnia, miközben meg/fel kell becsülni azok valódi értékét. Az eszköz, melyet a tervezés során használunk, kétséget kizáróan hatással van a kimenetre, de nem szabad, hogy megszabja, irányítsa vagy esetleg korlátozza azt.

MÚLT ÉS JELEN (honnan indultam? mit csináltam eddig? hol tartok most?)

A hagyományos építész képzés nem vagy csak alig tesz erőfeszítést arra, hogy lépést tartson a gyorsan változó digitális technikákkal és a mögöttük rejlő komputációs elméletekkel.² Pedig nyilvánvaló és vitathatatlan az a tény, ahogy az építészet fejlődött, úgy az „*építészet médiuma is átesett egy historikus fejlődésen*” (P. Schumacher 2011). A számítógép és egyéb technikai eszközök (mobiltelefon, tablet, stb.) használata sok esetben megmarad felhasználói szinten, gyakran az általuk kínált készletek azonnali, kreativitást nem igénylő alkalmazásán. Az előre programozott sémák a könnyebb utat kínálják, ami azt eredményezi, hogy az eszköz(ök)ben rejlő lehetőségek kiaknázása, a kísérletezés, a felfedezés öröme háttérbe szorul. Miközben a komputációs tervezés teljes gőzzel halad előre, a szakadék az építészeti oktatás és eközött az új tervezési valóság között tovább mélyül(t).

² A komputációs tervezés építészeti alkalmazásáról 1987-ben jelent meg W. J. Mitchell, R. Liggett és T. Kvan *The Art of Computer Graphics Programming* című könyve, az egyik első ilyen jellegű könyv. A könyv nem csupán a komputációs tudomány és építészet kapcsolatát elemzi, hanem a számítógépet úgy mutatja be, mint egy, a kreatív folyamatok stimulálására alkalmas tanulási eszközt, továbbá egy - azóta már idejét múlt - programozási nyelven (PASCAL) keresztül közvetlen megoldásokat kínált építésznek, építészeti oktató tanároknak is.

2010-ben lehetőségem volt kurzust indítani Generatív modellezés címen két iskolában (BME, YBL) is. A kurzus legfőbb pedagógiai elve a Bauhaus művészetpedagógiai törekvéseivel rokon, miszerint az adott kor legmagasabb technikai fejlettségi szintjét képviselő eszközöket be kell vonni a pedagógiai alkotói folyamatokba, mert azok új inspirációkat nyújtanak, s képesek korrigálni a biológiai tökéletlenségünkből adódó érzékelési hiányosságainkat. Moholy-Nagy szerint a fotó nem pusztán egy új technikai eszköz, hanem szemünk határait tágítja ki, az eddig láthatatlan dolgokat teszi láthatóvá, aminek köszönhetően „*elmondhatjuk, hogy ma egészen más szemmel nézzük a világot*”.³

Jelenleg a „gyakorlat orientált”⁴ kurzus a hallgatókat egy legutolsó generációs 3D-s modellező alkalmazás használatával ismerteti meg. A kurzus középpontjában a program logikai használata áll és a diákok gyakorlati – jellemzően geometriai – feladatok közös megoldásán keresztül tesznek szert tájékozottságra.⁵ A félév során a hallgatók betekintést nyernek a parametrikus modellezés alapjaiba a vizuális szkriptelő szoftveren keresztül. Megismerkednek a generatív tervezés legfontosabb fogalmaival, különböző logikai műveletekkel, transzformációkkal, kényszerekkel és morfolással, valamint a 3D-s geometria kivitelezését elősegítő algoritmizálási folyamatokkal. A kurzus célja a generatív modellezés megértésének és értékelésének előmozdítása, az eligazodás segítése az építészet ezen területén, továbbá a hallgatók vizuális készségeinek fejlesztése, mivel a 3D-s formálás elsajátításának és alkalmazásának alapja a „hétköznapi” túlmutató kritikai megközelítés és esztétikai érzék.

JÖVŐ (milyen irányba tájékozodom? mit-hogyan fejlesztenék tovább?)

A kurzus jelenlegi állapotában csak a jéghegy csúcsa. A jéghegy vízalatti része az a szerteágazó, számos tudományterülethez kapcsolódó elméletek hálózata, amelynek egyes szegmenseit a doktori kutatás, további részeit a későbbi tudományos életpályám során szándékozok tanulmányozni. Mivel a komputációs tervezést számos tudományterületen használják, ezért magába foglal matematikát, biológiát, antropológiát, logikát, filozófiát és a sort lehet folytatni. Ebből adódik az elméletek sokasága, a téma számos irányból lehetséges megközelítése is. De a komputációs tervezésre nem úgy tekintek, mint az egyetlen járható útra (az építészetben történt paradigmaváltásra), inkább oly módon, mint az amúgy is multidiszciplináris építészet egyik jövőbeli, lehetséges aldiszciplinájára. A szoftverek ugyan egy tervezési feladat összes fázisában (konceptualizálás-kivitelezés) segítségünkre vannak, a parametrikus gondolkodás nem csak egy szoftverről és annak használatáról szól, hanem magáról az emberi és tárgyi interakcióról és annak kulturális, szociális, gazdasági, stb. folyamányáról. Így a cél nem az, hogy a számítógép döntsön helyettünk mindenben, hanem hogy használatával felgyorsítsuk a

³ Moholy-Nagy László : Festészet, fényképészet, film; Bauhaus könyvek 8, 1925; Corvina Kiadó Budapest, 1978

⁴ A kifejezés azért került idézőjelbe, mert bár a számítógép-pel/ben történő tanítás-tanulás idehaza inkább gyakorlati oktatásnak minősül, azonban kimenetét tekintve (elektronikus vagy esetleg nyomtatott féléves terv) nincs esély felvenni a versenyt a külföldi kurzusok produktumaival. Ugyanis a hasonló indíttatású külföldi kurzusok gyakorlati jellegét valójában a léptékarányos modellek és/vagy az 1:1 léptékű prototípusok jelentik. A hallgatók digitális fabrikációs eljárásokkal (CNC marás, 3D nyomtatás, ROBOTKAR használat, stb.) is megismerkednek, hagyományos és mai anyagokkal kísérletez(het)nek és legtöbb esetben közös építéssel zárulnak ezek a kurzusok. A komputációs tervezés így kerül át a gyakorlatba, mégha ez egy izolált burookban (egyetemi környezetben) történik is. Erre sajnos sem a műegyetem, sem az ybl nincs felkészülve.

⁵ Szándékosan nem tudás-t írtam. A számítógéppel kapcsolatos oktatás óriási hiányosságokkal küzd mindkét oktatási intézményben. A hallgatók felhasználói felületek mechanikus használatát tanulják, miközben sehol nem találkoznak a kódoláshoz (programozáshoz) szükséges gondolkodásmóddal, szemlélettel. Az alapok nélkül a kurzus a témában való elmélyülés helyett (= tudás) sok hallgatónál csak az érdekesség/érdeklődés szintjét üti meg (=tájékozódás) – maradandó alakváltozást nem okoz.

gondolkodásunkat és új inspirációs forrásokkal bővítsé az építészeti tervezői folyamatokat.

A kutatással párhuzamosan a meglévő kurzus továbbfejlesztése, javítása is a kutatási programom nélkülözhetetlen eleme. Mindezt két szálon tervezem: egyrészt az elméletek tananyagba történő fokozatos beépítésével, másrészt a digitális fabrikációs eljárások oktatásban történő meghonosításával – valójában teoretikus és gyakorlati alapot kínálni az építészeti tervezés és formaismeret komputációs aspektusainak felfedezéséhez. Egy ilyen kurzusnak azonban nem lehet célja az építészeti javaslatok tökéletes, hibátlan megvalósítása. Sokkal inkább lényege megmutatni az emergens tervezés és gyártási technikákon keresztül elérhető lehetőségeket; rendszerszemléleten keresztül kísérletezni absztrakt prototípusokhoz vezető téri, szerkezeti és geometriai helyzetekkel; rávenni hallgatókat a digitális eszközökkel és technikákkal segített komputációs design megközelítések adoptálására; feltenni kérdéseket és kritikai párbeszédet kezdeményezni létező (vagy nem létező) építészeti minőségekről, miközben igyekszünk mindannyian túllépni az eszközök okozta túlzott izgatottságon.

„A komputációs gondolkodás szinte az összes tudományág kutatására hatással van, legyen az humán vagy reál tudomány... [A komputációs gondolkodás] megváltoztatta a módot, ahogy gondolkodunk... Ha meg akarod érteni a 21. századot, először meg kell értened a komputációt.”⁶

KUTATÁSI FÉLÉV (mit csináltam ebben a félévben?)

A félév során *Tudomány, vagy művészet* címmel rendezett szimpóziumot a Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék valamint a Rajzi és Formaismereti Tanszék, melyen magam is tartottam kiselőadást. A kari konferencián elhangzott beszámolóik a „*mi határozza meg a tér és a tárgyak geometriáját*” kérdést járták körbe. Előadásomban a generatív forma felől közelítve igyekeztem választ adni, mely elválaszthatatlan a komputációs tervezéstől. Felsorolás jelleggel az alábbiakról esett szó előadásomban: normatív és generatív tervezés, transzformáló algoritmusok - sejtautomaták, lámpacsalád esettanulmány (tervezőtárs: Háber Szilvia Adél keramikus).

Az első, kutatásra szánt félévem az építészeti médium változásának tanulmányozásával töltöttem. Mivel a komputációs tervezés témája rendkívül széles spektrumú, helyesnek véltem az építészet alapvető eszközével, az építészeti médiummal kezdeni a vizsgálódást. A digitalizáció feltartóztathatatlan terjedése az építészet területén és az építész képzésben is visszafordíthatatlan folyamatokat indukált. A közeg permanens változása, fejlődése, a naponta megjelenő újdonságok az ötlet és reprezentáció viszonyát is megváltoztatta. A kutatás során megvizsgáltam a hagyományos rajz, az analóg makett és a digitális modellezés, valamint a komputációs diagram, mint az építészet médiumai és a tervezői produktum – itt nem a megépült épületre, hanem az ábrázoltakra gondolok – között felfedezhető (megváltozott) relációkat. Az erről szóló írás AZ ÉPÍTÉSZET MÉDIUMÁNAK EVOLÚCIÓJA című részben olvasható.

Az elméleti kutatással párhuzamosan gyakorlati oktatást is végeztem a témában. Az Ybl Miklós Építéstudományi Kar mesterszakos hallgatóinak oktatott Parametrikus modellezés tantárgy keretein belül kis léptékű tárgyakat kellett megalkotni asszociatív modellezéssel. Ebben az esetben azonban soha nem a tárgy, a végtermék, hanem a folyamat (processzualitás) a lényeg – a tervezés tervezése. Tovább lépni a tárgytervezésről a hálózatok és folyamatok tervezésére. A parametrikus design eltolódás a gondolkodásban a „mit akarunk csinálni”-ról a „hogyan akarjuk azt csinálni”-ra.

⁶ Bundy, A 2007, Computational Thinking is Pervasive, letöltés: 2015.03. 18, <https://www.inf.ed.ac.uk/publications/online/1245.pdf>

MUNKATERV (mit fogok csinálni a következő félévekben?)

A kutatásom célja a komputációs tervezés és hozzá kapcsolódó elméletek építészetbe történő beágyazottságának, beágyazhatóságának felfejtése, valamint a komputációs tervezésben használt, a hétköznapi szóhasználaton kívül eső fogalmak szabatos értelmezésével egy átlátható, az oktatásban is használható „tudástár” létrehozása. Értelemszerűen a kutatás és majdani értekezés sem tud mindent felölelő vizsgálódás lenni, inkább egy kezdet a tervezői gondolkodás újszerű módjainak evolúciós folyamatában a 21. századi építész számára.

Amit magam is keresek az az, hogy az esztétikai felszínen áthatolva a ma alkalmazott megoldásoknak milyen elméleti háttere, mélyebb rétegei vannak, azok hogyan illeszthetők kellő kritikai hozzáállással a lokális tervezői folyamatokba, illetve miként őrizhető meg – és tanítható – a számítógép kínálta sémákkal szembehelyezkedő kísérletező attitűd.

Következő félévek tervezett témái

1/2. Az algoritmikus gondolkodás, az algoritmikus megközelítések típusai.

2/1. A komputációs tervezés kritikai értékelése, a kritikai attitűd fontossága.

2/2. A digitalizáció gyakorlati oldala és gyakorlati haszna. Esettanulmányok feldolgozása.

SZAKIRODALOM (legfontosabbak)

Neil Leach, David Turnbull and Chris Williams eds., *Digital Tectonics*, Wiley, 2004

Antoine Picon, *Digital Culture in Architecture*, Birkhäuser, 2010

Mark Burry, *Scripting Cultures: Architectural Design and Programming*, Wiley, 2011

Achim Menges and Sean Ahlquist eds., *Computational Design Thinking*, Wiley, 2011

Pablo Lorenzo-Eiroa, Aaron Sprecher eds., *Architecture in Formation*, Routledge, 2013

Rivka Oxman, Robert Oxman eds., *Theories of the Digital in Architecture*, Routledge, 2014

Patrik Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture*, Wiley, 2011

Mario Carpo eds., *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*, Wiley, 2013

Jane Burry and Mark Burry, *The New Mathematics of Architecture*, Thames & Hudson, 2010

Moritz Hauschild, Rüdiger Karzel, *Digital Processes (Detail Practice)*, Birkhauser, 2011

Nem hinném, hogy lehetséges lenne ma művészetről beszélni, ha nem beszélünk egyben technológiáról is.

Bill Viola: A vízüveg meghaladásáról

AZ ÉPÍTÉSZET MÉDIUMÁNAK EVOLÚCIÓJA

Az építész legfőbb tevékenysége a rajzolás, mely mindig megelőzi az építést. Egy cselekvés, ami az építészetet megkülönbözteti a pusztá konstrukciótól. A rajzok olyan médiumai az építészeknek, melyek segítségével rendszerezhetik erőforrásait, rendezhetik ötleteiket, kísérletezhetnek terekkel, tömegekkel és megmutatja a tervezés eredményét előre látó építészeti tehetséget. Ahogy a reprezentáció módjai fejlődnek, új stílusok bukkanak fel. Az olyan találmányok, mint a többnézetes ortogonális rajzot felváltó izometria, a reneszánsz perspektíva vagy a projektív geometria a modernizmusban jelentős ugrást jelentettek a tervezésben is. Azonban ezek a vívmányok évszázadok óta egy változatlan eszközkészletnek rendelődtek alá: a papírnak, a rajzeszközöknek, vonalzóknak és szögmérőknek. Ebben a modellben minden egyes mozdulat egy geometriai lexikon adott elemeként jelenik meg, közvetlen és merev kapcsolatot hozva létre idea és jel között.

A hagyományos rajz korlátai

A hagyományos rajzolás additív folyamat, melyben az összetettség papírra rajzolt független jelek hozzáadásával és átfedésével érhető el. Semmilyen asszociatív kapcsolat nincs sem az egyes rajzi elemek, sem pedig a rajzi jelek és az általuk kifejezett objektumok között. Egy rajz belső konzisztenciáját a médium maga nem garantálja, a tervezőre hárul erről a feladatról gondoskodni. Ebből következően a rajz nem egy prudens médium, hanem inkább egy standardokon és konvenciókon alapuló kód. Bár Mies van der Rohe rajza egy „terv”, vagy egy skicc is lehet „vázlat”, ontológiai értelemben azonban mindekettő csak jelek egy papíron.

A hagyományos rajz additív logikája két korlátot sejtet: 1) a rajzolás cselekvése különbözik a kreatív folyamatok mögött működő kognitív mechanizmusoktól, melyek inkább kölcsönös kapcsolatok kialakításán alapulnak, mint információ hozzáadásán; 2) a rajzolás folyamata fizikailag releváns aspektusokat zár ki, melyek a való világban befolyásolják, irányítják a forma létrejöttét. Például egy hagyományos rajz nem képes kezelni erőket (pl. gravitációt) és kényszereket, melyek a deformációkra és elmozdulásokra hatással vannak és korlátozzák azokat. Ezek a hiányosságok leszűkítik a rajz alkalmazásának lehetőségeit és a tervezők statikus tektonikai rendszerek ismételtetésére kényszerülnek, ahelyett hogy fejlesztenék azokat. A számítógép kezdetben nem küszöbölte ki ezeket a korlátokat, a CAD rendszerek egyszerűen feljavították, meggyorsították az ismétlődő feladatok végrehajtását anélkül, hogy a tervezés metódusára hatással lettek volna. Hasonlóan a hagyományos rajzhoz, a gépi ábrázolás a tervezőre bízta a mindenre kiterjedő következetesség betartását azzal a különbséggel, hogy digitális jeleket és geometriai primitíveket adott hozzá egy virtuális laphoz vagy térhez. Ez a módszer nem más, mint az additív logika le/átfordítása a digitális univerzum nyelvére.

A 60-as évektől kezdődően az építészeti avant-garde úttörői a rajz korlátait olyan módszereken keresztül kezdték feszegetni, melyek bemutatják az alkotás menetét irányító erőket és folyamatokat. Ilyen volt Eisenman IV Ház diagramjai. A finoman differenciált állapotokban előre meghatározott szabályokon alapuló szigorú transzformációs folyamat figyelhető meg, mely a falak, keretek, tömegek végső konfigurációját eredményezte.

Az analóg modellezés előnye

A korlátok ellenére a rajz a 20. század folyamán az építészet stabil médiuma volt. Ennek egyik oka lehet az építészek tipológiába vetett bizalma, azaz a jól bevált, előzőleg kialakult/előre kialakított megoldások és tektonikai rendszerek követése. A tipológia a rajzot nem csupán kommunikációs médiummá alakította át, hanem egy rendszerré változtatta, amely lehetővé tette és teszi a tervezők számára, hogy a formai variációkat egy adott alaki és szerkesztési szabályok véges halmazán belül fedezzék fel és finomítsák – ezt a szemléletet hívjuk forma-készítési megközelítésnek.

A hagyományos rajzot először a késő 19. századi építészetben felbukkanó forma-keresés új szemlélete kezdte ki, melynek célja újszerű és optimális szerkezetek kutatása volt. Anyagok, formák és struktúrák közötti bonyolult és asszociatív kapcsolatokon keresztül keresték az új megoldásokat aktuális problémák megoldására. Olyan építészek, mint Gaudi (1852-1926), Isler (1926-2009), Otto (1925-), Musmeci (1926-1981) elutasították a tipológiát és a természetet alapul véve önformáló folyamatok után kezdtek kutatni azért, hogy ily módon szervezzék az építést magát. Attól kezdődően, hogy a forma nem bevált megoldásokból származott, a tradicionális rajzra többé nem a tervezés eredményét megjósoló eszközként tekintettek. A forma-keresés úttörői olyan modellekre bízta rá magukat, mint például a szappanbuborék hártya, ami egy minimál felület (= adott kényszerek hatására minimalizálja a teljes felület nagyságát) vagy a több ponton felakasztott szövet, amely elágazó struktúráként és csak nomott boltozatként működik. Más szóval a rajz, mint a forma kutatására szolgáló médium lecserélődött a fizikai forma-keresésre. Ezek a módszerek analóg eszközökhöz kapcsolódtak és alkalmasak voltak annak demonstrálására, hogyan tudnak dinamikus erők újszerű, ön-optimalizált építészeti formát kialakítani. Az elmúlt évtized alatt az épületek növekvő összetettsége a forma-keresést kiemelt stratégiává változtatta egy meghatározatlan alak és forma meghatározásának folyamatában. A fizikai modellezésen keresztül történő szerkezeti optimalizáció azonban mono-parametrikus (gravitáció alapú), viszont kijelölte az utat a multi-parametrikus forma-keresés irányába, melynek célja a heterogén adatok interakciója: geometriai, szociális, környezeti, statikai, stb.

A konstruktív parametrikus modellezés

Luigi Moretti olasz építész 1939-ben alkotta meg a Parametrikus építészet definícióját. A „Kapcsolatok az eltérő paramétereiktől függő dimenziók között” című kutatásából következő eredmények az 1960-as XII. Milánói Triennálén bemutatott innovatív labdarúgó, tenisz és úszóstadion modelljében kulminálódott. Moretti stadion terve kapcsán a szokásos tényezők (pl. gazdasági, megvalósíthatósági) mellett olyan paramétereket is figyelembe vett, mint a látószög és a néző távolsága a küzdőtérrel:

a végső formát számított pszeudo-izogörbék határozták meg, kísérletet téve arra, hogy a stadion minden egyes ülőhelyéről optimális legyen a látvány. Kutatásait Bruno de Foretti matematikussal együtt végezte, akivel 1957-ben megalapította az IRMOU-t (l'Istituto per la Ricerca Matematica e Operativa applicata all'Urbanistica = Művelési Kutatás és Alkalmazott Matematikai Várostervezés Intézete).

„A paraméterek és azok kölcsönhatásai válnak egy új építészeti nyelv, a világ eredeti érzékelésében lévő struktúra kódjává. A paraméterek beállítását és kapcsolataikat olyan technikáknak és eszközöknek kell majd támogatni, amiket a leginkább kurrens tudományok képviselnek úgy, mint a logika, a matematika és a számítógép tudománya. A számítógépek megadják a lehetőséget a paraméterek és relációik kifejezésére önjavító rutinok készletein keresztül.”¹

Az idézetből kétséget kizáróan kiderül, hogy Moretti szinte jövőbe látó módon érvel a tervezést segítő számítógépekben rejlő potenciál mellett. Morettit követően, 1963-ban megjelent az első tervezéshez használható alkalmazás is. Az amerikai számítógép tudós Ivan Sutherland Sketchpad nevű fejlesztésével – amit ő csak úgy nevezett, mint „egy gépi grafikai kommunikációs rendszer” – létrehozta az első interaktív számítógéppel segített tervezőprogramot, a CAD rendszerek őseit. Az alkalmazás amellettszere, hogy számos ma használatos tulajdonsággal (nagyítás, rajzolás, vonzás, blokkok, stb.) rendelkezett, alkalmas volt az ember-számítógép interakció tesztelésére is. A legfőbb jellegzetessége azonban az asszociatív logikán alapuló működés, melyet Sutherland „atomos kényszer”-nek nevezett. Ez az újító tulajdonság elősegítette az objektumok közötti kapcsolatok kialakítását. A kényszerek kombinálásával függőségi viszony jött létre a rajzi elemek között, meghaladva a hagyományos rajz additív logikájának korlátait. Sutherland grafikus felülete óriási fordulatot jelenthetett volna az építészeti tervezési technikákban, de újításait a korai CAD programok kereskedelmi változatai nem tartalmazták majdnem 3 évtizeden keresztül. Az első ilyen jellegű alkalmazást 1987-ben fejlesztette Samuel Geisberg mechanikai/gépészeti rendszerek tervezéséhez. A program lehetővé tette a felhasználóknak, hogy háromdimenziós parametrikus alkatrészeket kapcsoljanak össze felhasználó által megadott bemeneti kényszerek segítségével: például lehetséges volt kapcsolatot létrehozni egy szegecs és a hozzá tartozó lyukasztás között, ami a szegecs megváltoztatásával a lyuk valós idejű módosulását eredményezte.

A legnagyobb átalakulás a 80-as évek végétől kezdődött és napjainkban is tart. Az akadémiai kutatások és az avant-garde gyakorlat – menekülve az alkalmazások szerkesztési korlátaitól – olyan új utakat fedeztek fel a szoftverek belülről történő manipulálására, melynek célja ráatalálni addig ismeretlen megoldásokra és formákra. Számos tervező rövid időn belül realizálta, hogy a bonyolultabb programok rutinok és folyamatok összeállítása révén képesek kezelni az emberi kapacitást meghaladó komplexitást. Az ilyen fajta modellezés elválaszthatatlan a programozási nyelvektől, azonban az utasításokat a számítógép számára értelmezhető és futtatható formában kell megadni. Ennek alapja az algoritmus.

A tervezési folyamat absztrahálódása

Az algoritmikus eljárás esetünkben a háromdimenziós modellezési folyamat menetét írja le. De mi

¹ F. Bucci and M. Mulazzani, Luigi Moretti works and writings, New York: Princeton Architectural Press, 2000

² Az ALGORITMUS kifejezés a 9. századi persza matematikus, Al-Khwarizmi nevéből ered

az algoritmus? Az algoritmus² egy folyamat, amely egy kérdésre visszatér egy megoldással – vagy teljesít egy bizonyos feladatot – véges számú egyszerű és jól meghatározott utasítások sorozatán keresztül. Az algoritmusok az emberi kompetenciákat követik, mely szerint egy összetett problémát átlátható lépésekre darabolunk fel. Ezek már könnyen számíthatók és bár az algoritmusok szorosan kapcsolódnak a számítógépekhez, mégis a programozási nyelvektől függetlenül definiálhatók. Különböző típusai vannak, attól függően, hogy számítós vagy döntési procedurát követnek, de egy algoritmus eredményezhet háromdimenziós geometriát is. Ehhez csak a modellező alkalmazásba integrált szkript-szerkesztőre van szükség. A tárgyakat többé már nem az egérrel manipuláljuk, hanem sajátos programozási nyelvben írt folyamatokkal definiáljuk. Egy ilyen megközelítés – amire gyakran szkriptelésként hivatkozunk – teljesen új a tervezők számára és átformálja az ötlet és a végső eredmény közötti kapcsolatot. Emellett két kimenetet hoz létre: egy algoritmust és az algoritmus kimenetét, ami asszociatív két és háromdimenziós geometriát állít elő. A végső kimenet nem csupán egy digitális jel, hanem a bemeneti variációkra azonnal reagáló interaktív digitális modell. Az algoritmikus tervezés lehetővé teszi a tervezők számára, hogy egy folyamatot tervezzenek meg egy egyszerű, statikus objektum helyett. Bruce Mau 1998-as „Befejezetlen manifesztum a növekedésről” című írásában kijelenti, hogy

„... a folyamat sokkal fontosabb, mint a végeredmény. Ha a végeredmény irányítja a folyamatot, mindig csak oda jutunk, ahol már voltunk. Ha a folyamat vezérli a végeredményt, nem tudhatjuk hova jutunk, de tudni fogjuk, hogy ott akarunk lenni.”

Mau idézete egyértelműen összefoglalja az algoritmikus tervezés központi koncepcióját; a lehetőséget, hogy létrehozzuk és irányítsuk az emberi képességeket meghaladó tervezett komplexitást. A pontosan definiált asszociatív szabályok és feltételek készlete elvezet minket a még jelen nem lévő formákhoz és megjósolhatatlan eredményekhez, melyek koherensen kapcsolódnak össze a felállított paraméterekkel. Az algoritmikus tervezés új megoldásokra való rátalálást és a hagyományos CAD és 3D-s rendszerek korlátain való túllépést kínálják a tervezőknek.

A komputációs diagram

Sutherland Sketchpad alkalmazásában az összes kényszer a rajzolás folyamat közben került meghatározásra. Egy speciális diagramon – folyamatábrán – keresztül a felhasználó nemcsak a függőségi viszonyok vizuális megjelenését látta, hanem a gráf módosításával azonnali változást okozott a rajzon. Az utóbbi években számtalan szoftvert fejlesztő vállalkozás megalkotta saját vizuális eszközeit azzal a céllal, hogy elérhetővé tegye a szkriptelést a kevés tudással vagy programozáshoz egyáltalán nem értő felhasználók számára. A csomóponti diagramokon alapuló grafikai módszerek használatával könnyen kifejezhetők asszociatív szabályok és függőségek.

„Elvben elemtulajdonságok adott készlete közötti kapcsolatok bármilyen elképzelhető hálózata megkonstruálható.”³

Egy csomóponti diagram előnye az intuitív logikában rejlik, amely biztosítja a paraméterek közötti gyors interakciót. A parametrikus diagram (vagy más néven vizuális algoritmus) magában rejti a

³ P. Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture*, Wiley, 2011

lehetőségét olyan modellek létrehozásának, melyek a bemeneti paraméterek vezérlésén keresztül többféle konfiguráció felfedezését biztosítják. Miközben a grafikai primitívek tulajdonságai időben állandók és kötöttek, egy parametrikus diagramban ezek változókként jelennek meg. Ez a változtathatóság egy asszociatív funkciókon alapuló, előre definiált tartományon belül feltételekhez köthető, ami megtölti a diagramszerű folyamatot beépített intelligenciával. Belső önkonzisztens tulajdonsága és ennek módosíthatósága biztosítja a tervezők számára a forma-keresés és forma-alkotás stratégiáinak felfedezését. A parametrikus diagram továbbra is ugyanazokat a fundamentális kommunikációs sajátosságokat hordozza magában, amelyekkel a hagyományos rajz is rendelkezik, viszont kiegészülve új képességekkel, gyorsan az építész és építészet szintetizáló médiumává tudott válni.

BIBLIOGRÁFIA

- AD. Architectural Design, Computational Works: The Building of Algorithmic Thought, Volume 222
Detail, Analogue and Digital, Volume 4
Patrik Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture*, Wiley, 2011
Mark Burry, *Scripting Cultures: Architectural Design and Programming*, Wiley, 2011
Jane Burry and Mark Burry, *The New Mathematics of Architecture*, Thames & Hudson, 2010
Kostas Terzidis, *Algorithmic Architecture*, Routledge, 2006

