

PARAMETRISKĀ PIEEJA LIELMĒROGA PILSĒTBŪVNICISKU ARHITEKTŪRAS OBJEKTU PROJEKTĒŠANĀ

A. Riekstiņš, J. Briņķis

Atslēgas vārdi: Parametriskā arhitektūra, asociativitāte, augšupvērsta projektēšana, statistika, ĢIS, daudzfunkcionalitāte

Mūsdienās dažādās zinātnes nozarēs notiek konverģence un attīstība. Var apgalvot, ka arhitektūra var tikt saistīta ar teju jebkuru citu nozari, neskatoties uz to, vai tā ir zinātne vai fikcija. Tas nozīmē, ka mūsdienu arhitektam jāseko līdzī pēdējiem sasniegumiem visās iespējamajās zinātnes un tehnoloģijas nozarēs. Bez eksperimentiem ar jaunākajiem instrumentiem mēs varam nonākt sevis cikliskā atkārtotā un zaudēt inovitāti. Pateicoties Peteram Eizenmanam (*Peter Eisenmann*), šodienas pieeja projektiem notiek, izskaidrojot to procesus. Viņu interesē process, tā tīrība, formālās valodas spēja pierādīt lietas, veidojot jēgas nozīmīgumu. Peters Eizenmans apgalvo: „Gala rezultāts patiešām nav svarīgs.” Mūsdienās ar modernām pieejām arhitektūras būtība ir tāda pati kā agrāk, tikai jaunā progresīvo arhitektu paaudze kartona vietā lieto trīsdimensiju modelēšanas programmatūras. Tagad arhitektiem ir programmatūras un *NURBS (non-uniform rational b-splines*, angļu val. – nevienmērīgi racionālas b-līklīnijas, plaši lietots apzīmējums datorgrafikas nozarē) spēks. Formālā sistēma ir atkarīga no tā, cik noteikumu tiek izvirzīts. Loģika aiz radošās formas ir tā pati, kas balstīta uz Čomskija (*Chomsky*) [1] darbiem vai izpratni un datoriem, un tā turpinot līdz pat Palladio (*Palladio*).

Pieeja digitālajai arhitektūrai no parametriska skatpunkta

Parametriski asociatīvā programmatūra ir, iespējams, viens no vislabākajiem veidiem, lai izteiktu kompleksas attiecības, kuru rezultātā veidojas harmoniskas proporcionālas sistēmas. Šāda programmatūra tiek izmantota lidmašīnu projektēšanā (piemēram, *Boeing*, *Airbus*, Franču *Mirage Jet* utt.) un progresīvajā inženierijā,

kur vairākas vienlaicīgas izmaiņas projektā var tikt izlabotas, iepriekš uzstādot attiecības starp objektiem. Faktiski vesela virkne noteikumu tiek uzbūvēti sistēmā, kuru iespējams neierobežoti paplašināt un kur vienīgais ierobežojums ir datoru aparatūras apstrādes procesoru jauda (kas mūsdienās vairs netiek uzskatīts par ierobežojumu). Kompleksas sistēmas tiek ieviestas arī skaitļošanas sistēmu arhitektūrās, un tās tiek attīstītas visu laiku.

Visbiežāk parametrisko modeļu izmantošana digitālās arhitektūras projektēšanas laukā ataino faktu, ka liels daudzums arhitektūras programmatūru, kuras izmantojam šodien, sākotnēji tika veidotas aviācijas, kuģubūves, automobiļu un produktu dizaina industriju vajadzībām. Līdz ar pārmantotu uzsvaru noturēt ģeometrisku kontroli un darba plūsmas efektivitāti, šajās programmatūrās izmantotie parametriskie modeļi ir iekļauti procesos un ierobežojumos, kas ietekmē sarežģītu ēku ģeometriju racionalizēšanu, kura radusies citu nozaru dizaina procesa rezultātā. Arhitektūrā parametriskās kontroles izvērsšana ir primāri pielāgota kompleksu ģeometriju racionalizēšanā. Visizplatītākais gadījums ir dubulti izliektas fasādes, kuras veidotas kā parametriski definēta sistēma, kas var tikt relatīvi ātri adaptēta nenovēršamās izmaiņās kopējā struktūrā. Šajā parametriskajā modelī ir ietverti ģeometriskie dati, kas ir būtiski ražošanai un būvniecībai, un tādēļ tas tiek viegli pārreķināts un atjaunots. Patiešām, prasme, kas nepieciešama, lai sasniegtu ģeometrisku sarežģītību, kura sastopama daudzās nesenās arhitektūras ikonās, ir pastāvējusi jau sen, bet tikai tagad ar parametriska pērcracionālācijas procesa palīdzību tā ir kļuvusi reāli pieejama. Atšķirībā no alternatīvas datorizētās ražošanas (*Computer Aided Manufacturing* – angļu val.) kā ģeneratīva un neatņemama vadītāja dizaina procesā, asociatīvā modelēšana var sniegt būtisku pamatu integrāla dizaina attīstībai, kas drīzāk

balstīta uz materiālu sistēmām, nevis funkcionē vienīgi kā darba procesu atvieglojošs instruments. [2]. Loģikas pamats parametriskajā dizainā šeit var tikt izspēlēts kā alternatīva dizaina metode, kurā ģeometriski izsmēloša parametriskā modelēšana var tikt izvērsta, lai tajā integrētu ražošanas ierobežojumus, montāžas loģiku un materiālu īpašības vienkāršu komponentu definēšanai, kurus pēcāk nepieciešams pavairot lielākās sistēmās un vienotā ēkas apjoma kompleksā. Šī metode izmanto parametrisko mainīgo pētīšanu, lai saprastu šādas sistēmas izturēšanos un tālāk izmantotu šo izpratni, veidojot stratēģiju ar sistēmas atbildes reakciju pret vides apstākļiem un ārējiem spēkiem.

Liektām virsmām piemīt liels potenciāls arhitektūras dizaina laukā. Šis potenciāls ir vienlaikus ģeometrisks un topoloģisks, ar būtiskām atskaņām uz dizainu, ražošanu, uzvedību un ietekmi uz materiāla formu [2].

Dizaina cikla darba gaita

Darba gaitas procesā autori eksperimentēja ar parametrisko pieeju projektēšanā, izvēloties stratēģiju, nevis precīzu apjoma formu. Šis dizaina projekts var tikt aprakstīts vislabāk tieši ar šiem trim vārdiem: *Forma atrod funkciju*. Izmantojot diagrammas un stratēģiju, tika atrasta piemērota forma. Šāda darba metodika mūsdienu arhitektūrā tiek arī saukta par augšupvērstu projektēšanu (*bottom-up design* – angļu val.), kurpretim standarta arhitektūras projektēšana ar precīzām objekta apjoma prasībām, definējot nepieciešamību pēc telpiskās konfigurācijas jau projektēšanas uzdevumā, ir pazīstama kā lejupvērstu projektēšana (*top-down design* – angļu val.). Bija prognozējams, ka šis projekts sevī ietvertu sintētiski kritisku un analītisku izpēti gan ģenētiskās darba gaitas laukā, gan negaidīti radušajās sistēmās, jaunajās tehnoloģijās un arī maksimālas skaitļošanas jaudas izmantošanā. Projekta uzdevums bija atrisināt kompleksu telpu ar mainīgu programmu un daudzfunkcionalitāti, kā arī atklāt jaunas stratēģijas projektēšanā. Kad šis projekts bija pabeigts, tas atgādināja ciklu, kuru varētu atkārtot no jauna. Tas tādēļ, ka skaidra darba gaita pieļāva bagātas un daudzējādas variācijas katrā cikla solī.

Pilsētas ir kompleksas sistēmas. Transporta un cilvēku plūsma pilsētā ataino tādas sistēmas negaidīto uzvedību, kuru radījis liels skaits indivīdu lēmumu, kā arī viņu mijiedarbība citam ar citu un ar pilsētas transporta infrastruktūru. Pēc definīcijas, kompleksas sistēmas ir nelineāras un jutīgas pret sākotnējiem apstākļiem, pat nelielas izmaiņas šādos apstākļos var radīt vētrainu reakciju globālā mērogā [3].

Pirmais solis ietvēra procesu novērošanu projekta atrašanās vietā – Lesseps laukumā, kas, iespējams, ir viens no vissarežģītākajiem pilsētas urbānajiem mezgliem Barselonā, Spānijā. Laukums sastāv no ļoti daudzām satiksmes plūsmām un cilvēkiem, kas visu laiku ir steigā no viena punkta uz otru.

Otrais solis – datu apkopošana un rastra kartēšana pēc ĢIS (ģeogrāfiskās informācijas sistēmas) principiem. Tika analizēti dažāda rakstura dati no dažādiem informācijas avotiem, lai atrastu tādas, ar kuriem iespējams strādāt tālāk. Turpmākam darbam tika izvēlēta informācija par satiksmes un cilvēku kustību. Izmantojot ĢIS principus, vektorāla tipa dati no 34,4 hektāru lielas platības (630x545 metri) tika kartēti pēc rastra principa *Excel* elektroniskajā tabulā, izvēloties par datu matricas lauku 45x39 šūnas, kas ir 1755 dažādas šūnu vienības katrā elektroniskajā tabulā (1. attēls). Reducētās rastra šūnas lielums šajā ĢIS sistēmā bija 14x14 metri. Jebkuri piederīgi lineāras informācijas dati tika interpolēti starp šīm šūnām.

1. att. Datu matricas lauks, kas sastāv no 45x39 šūnām, ietverot visus sešus informācijas līmeņus.

Fig. 1. Data matrix field that consists of 45x39 cells, including all six information layers.



2. att. Autoru izstrādātais Excel elektroniskās tabulas instruments.

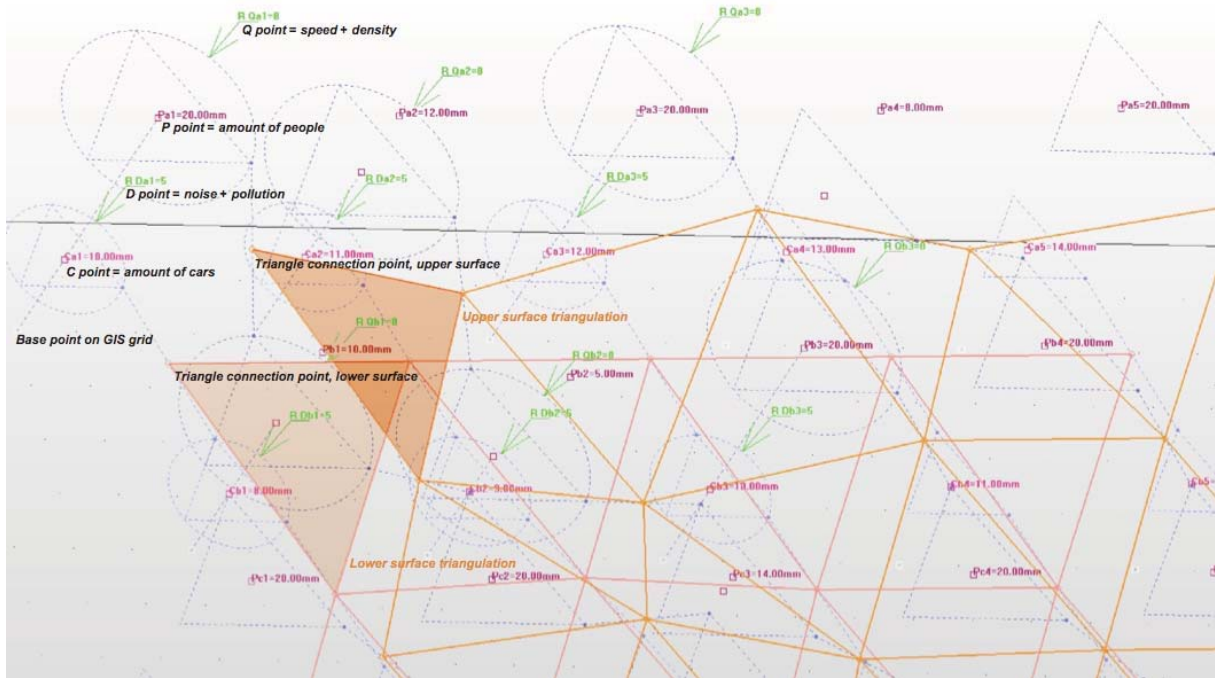
Fig. 2. Author's developed Excel spreadsheet tool.

Lai atvieglotu tālāko darbu, visi dažādie datu tipi par Lesseps laukumu šķērsojošo automobiļu skaitu, piesārņojuma CO_2 izmešus gramos uz km^2 , trokšņa līmeni decibelos, cilvēku daudzumu, ātrumu km/h un blīvumu uz m^2 tika interpolēti skaitļu vērtībās no 1 līdz 5, ar iespēju tos kalibrēt sešās atsevišķās elektroniskajās tabulās vienlaikus, mainot šos ciparus tikai vienviet.

Trešajā solī uzdevums bija saistīts ar nopietnu Excel savstarpēju aprēķināšanas programmēšanu, lai uzbūvētu datu vadītu instrumentu, kas varētu tikt pielietots un interpretēts gandrīz bezgalīgi iespējamās veidos. Iespējamais izmantojums varētu būt parametri asociatīvajiem modeļiem, ģeometriskā formas ģenerēšana vai jebkura cita veida trīsdimensiju manipulācijas. Tā kā izvēlētais datu daudzums likās pārāk liels šāda veida pētniecības projektā, tika ieviesta izmantojamo datu šūnu robeža. Šūnas, kas pārklāj Lesseps laukumu un tā aptverošās ēkas, ar nelielu ietekmes paplašinājumu ārpus laukuma robežām noteica robežstāvokli. Galīgais Excel elektroniskās tabulas instruments ietvēra precīzu regulēšanu, ar kuras palīdzību jebkurš no sešiem datu kalibrēšanas līmeņiem (tāpat kā otrajā solī) diapazonā no 1 līdz 5 var tikt mainīts vienlaikus, to darot vienviet. Šis instruments bija darba turpināšanas ideoloģiskais pamats (2. attēls).

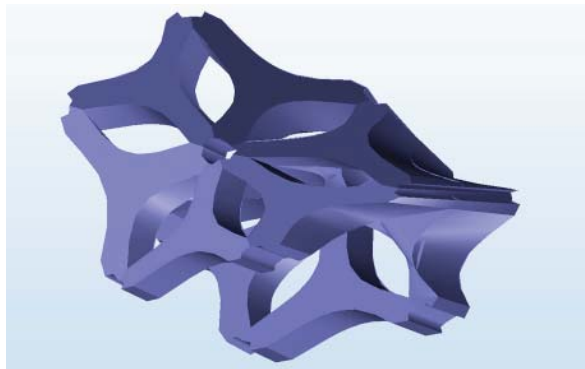
Ceturtais solis – virsmas ģenerēšana ar parametriska pamata režģa palīdzību. Šeit autori turpināja testēt parametriskās programmatūras neierobežotās iespējas, lai uzkonstruētu sistēmu virsmas ģenerēšanai. Skaitliski dati no trim informācijas avotiem par automobiļiem un no trim informācijas avotiem par cilvēkiem tika nošķirti tā, ka katrs no tiem ģenerēja neatkarīgu trīsdimensiju punktu tīklu, kur divi šādā veidā radīti tīkli atrodas viens virs otra neatkarīgi no diferenciācijas apjoma, kas ievadīts kalibrētajos parametros. Bāzes punkti tika izvietoti uz regulāru lauciņu tīkla, sekojot precīzai datu atrašanās vietai ĢIS sistēmā. Virsmas konstruēšanas loģika ienes ĢIS elektroniskās tabulas, tās izplatot divos līmeņos. Daļa no datiem vadīja punktus uz augšu, kamēr citi tos izklāja apļos un pēc tam trijstūros. Tika atrastas jaunas koordinātas. Izmantojot trīs šādus punktus, tika atainota jauna virsma trīsdimensiju telpā, savienojot visus elementus kopā (3. attēls). Apakšējā triangulācijas virsma ataino automobiļus, augšējā – cilvēkus. Vēlāk, lai precīzāk regulētu vēlamo rezultātu, tika izmantoti specifiski starprēķinu vienādojumi, saglabājot pamata loģiku stiprā parametriski konstruētā modelī.

Piektais solis – eksperimentēšana ar dažādām formām, kas varētu tikt uzbūvētas starp diviem ģenerētajiem trīsdimensiju punktu tīkliem.



3. att. Divas trīsdimensiju virsmas, kas iegūtas triangulācijas procesa gaitā no punktu tīkla.
Fig. 3. Two 3D surfaces, obtained during the process of triangulation from the mesh of points.

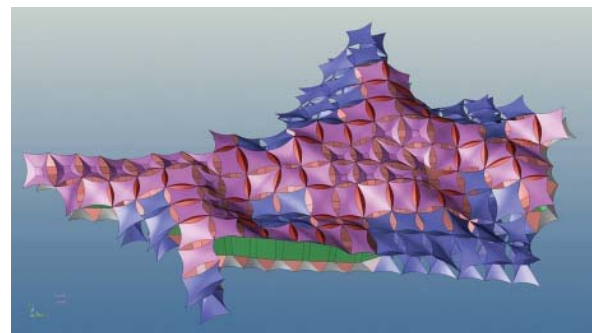
Viena no iespējām bija izveidot divus tetraedrus, kas tiktu savstarpēji šķelti un šķeluma vietās tīktu izveidoti jauni membrānu atvērumi. Vēl viena iespēja ietvēra triangulācijas līknes, kas savienotas divos punktos, tādējādi veidojot membrānu ar atvērumiem starp šūnām. Cits, ļoti komplekss variants ar 480 definētiem garuma parametriem radīja šūnu starp trīsdimensiju tīkla katriem 7 punktiem (4. attēls). Šajā variantā dažas no šūnām dalās un dažas savienojas, veidojot saliedētu ģeometriju. Rezultātā izveidojās forma, kas ir līdzīga ziedam, un atvērumi kopā ar visiem citiem izmēriem bija precīzi konfigurējami dažādu performatīvo īpašību



4. att. Viskompleksākais šūnas pamatelementa variants (projektā tālāk netika izstrādāts).
Fig. 4. The most complex option of a basic cell (was not developed further in this project).

vajadzībām. Laikietilpīgie testi tika pabeigti ar vienkāršu, tajā pašā laikā kompleksu četru malu šūnu, kurai pa vidu ir atvērums. Diemžēl pēc datu ienešanas savienojuma nekas no šīs sistēmas nedarbojās, un darbs pie parametriski asociatīvo kļūdu labošanas tika turpināts pēc nākamā soļa.

Sestais solis – sistēmas kalibrēšana un telpiskā definīcija. Eksperimenti pierādīja, ka pat mazākā kļūda sagrauj sistēmu, tādēļ, lai šo sistēmu lietotu projektēšanas procesā, bija nepieciešami pamatoti lēmumi par to, kā darbu turpināt tālāk.



5. att. Projekts parametriskā modeļa sistēmā pirms tā savienošanas ar digitālo novietnes topogrāfiju. Zilā krāsā parādītas tās šūnas, kas savienojas, violetā krāsā – šūnas, kas nesavienojas.
Fig. 5. Project in the parametric model system before its connection to the digital site topography. Blue color shows the cells that touch, violet – cells that are splitting apart.

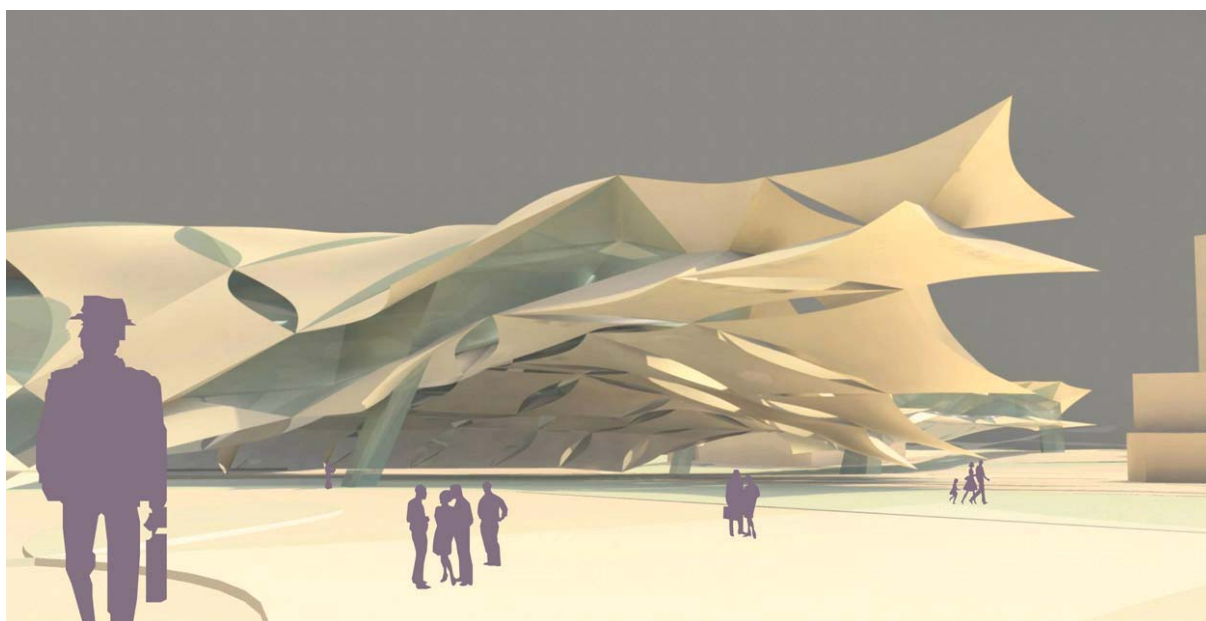


6. att. Projekta tomogrāfiskie griezumumi, atainojot lielāko atvērto telpu zonā, kurā dalās šūnas.
Fig. 6. Project's sliced tomography sections, revealing the biggest open space in the area of splitting cells.

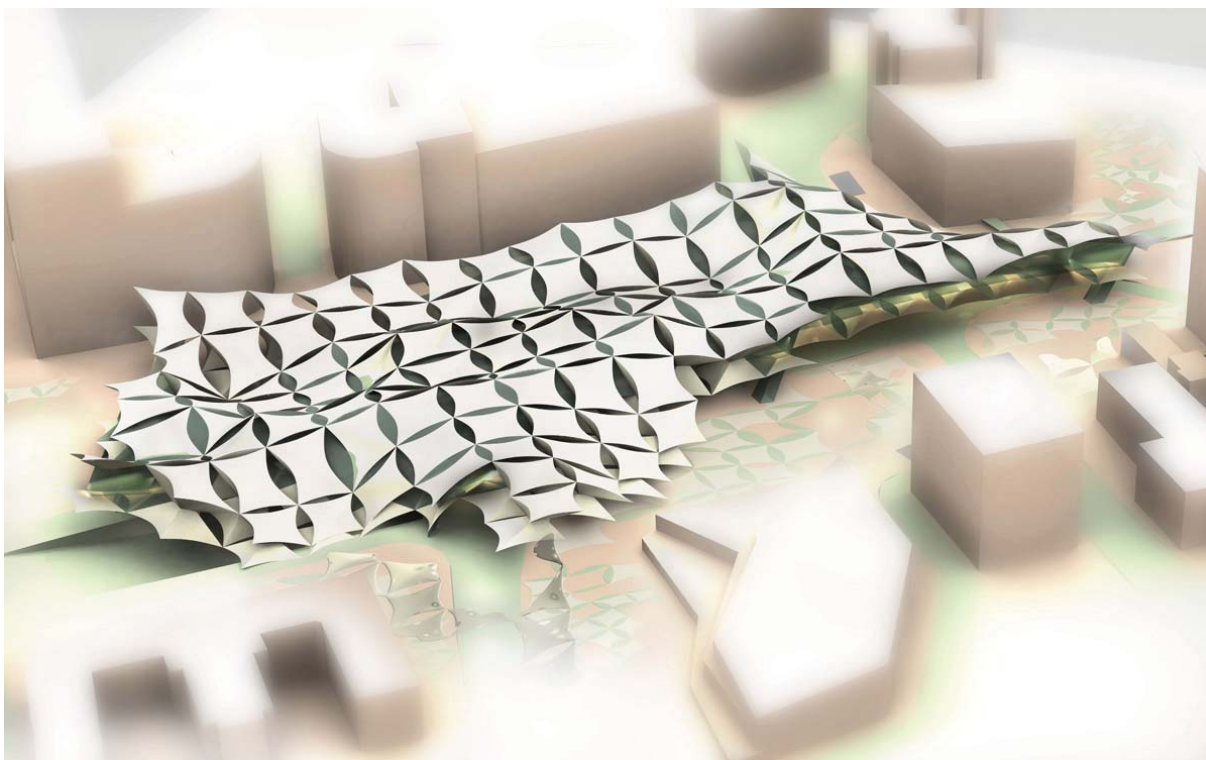
Vairums elementu, kas no iepriekšējiem testiem darbojās labi, tika uzstādīti jaunā sistēmā, kurā jauni noteikumi kontrolēja, kā parametriem jādarbojas. Testējot divos triangulācijas tīklos to, kā datu vadītais *Excel* instruments ģenerēja telpu, bija nepieciešama papildus precīza konfigurēšana, lai izlabotu nulles stāvokļus ar kļūdu korekcijas vērtībām. Kad visbeidzot tas tika savienots ar paralēli izstrādāto parametriskā modeļa sistēmu, daudzās iespējas sāka sniegt ieskatu par to, cik bagātīgs dizaina izvēļu spektrs bija atvērts (5. attēls).

Septītais solis – parametriskā šūnu uzbūves loģika un to parametri – vislabāk būtu salīdzināms ar gājputnu lidojumu. Putni izkārtu baru pēc vienkārša likuma, piemēram, visu laiku sekojot savu kaimiņu pozīcijai, nekad neļaujot distancei kļūt pārāk lielai vai pārāk mazai. Cilvēki pūlī izturas līdzīgi, viņi izvairās no sadursmēm, konstanti sekojot tuvāko kaimiņu pozīcijām [4].

Astotais solis – variācijas, lai izprastu veidu, kā izgatavot projekta maketu. Autori izvēlējās to izgatavot mērogā 1:100. Projekta ģeometrija bija sarežģīta, jo saskaras tikai stūri, bet konstruktīvo stiprību nodrošina ar iekšēju telpisko režģi, kuru veido strukturālie grīdas un griestu elementi. Lai atvieglotu montāžu, tika izvēlēta stratēģija maketa izgatavošanai, triangulējot apjoma ģeometriju vienkāršās plaknēs, visbeidzot veidojot to izklājumu un sanumurējot malas. Nākamais solis bija izpēte, kā izveidot nepieciešamos komponentus ar datorizētas ciparvadības (*Computer Numeric Control* – angļu val.) iekārtu palīdzību. Viena šūna sastāv no 24 trijstūriem, katru šūnas komponenta sānu plakni veido trīs trijstūri. Projekts bija tik liels, ka tika izlemts izgatavot tikai vienu – maketa rietumu daļu, kas parāda visus iespējamās šūnu stāvokļus un telpiskās konfigurācijas, un sastāv no 319 frēzējamām detaļām. Izvēlētais materiāls bija 1 mm biezs



7. att. Skats no ielas līmeņa. Dinamika un izliekumu brīva plūsma akcentē šo ēku pilsētvidē, to organiski sapludinot ar apkārtējo pilsētvidi.
Fig. 7. View from the street level. Dynamics and free flow of the curvature is accenting this building in the urban environment, blending it organically to the surrounding.



8. att. Daudzfunkcionālais centrs Lesseps laukumā. Objekts ar savu formu saplūst kopā ar laukumu, ar vislielāko cieņu respektējot apkārtnes apbūvi.

Fig. 8. Multifunctional center in Lesseps square. Object blends in with its shape to the square with the utmost respect to the surrounding.

polipropilēns, un nebija nekādu iespēju iekārtai ļaut iegriezt locījumu līnijas šādā materiālā no iekšpuses un no ārpuses, tāpēc pusi no atlikušā darba bija jāveic, griežot ar rokām. Frēzēšana tika veikta ar firmas *Axyz Corporation* iekārtu, un visas frēzējamās detaļas tika konvertētas iekārtai nolasāmā ciparvadības faila formātā. Maketa montāžai bija nepieciešamas divas nedēļas.

Devītais solis – telpiskās konfigurācijas plānošana. Tā kā augšupvērsti projektēšanas process sevī ietver citāda veida domāšanu un sapratni par procesiem arhitektūras projektēšanā, sistēmas kalibrēšana un statistikas dati radīja abpusēju plānojumu visu laiku. Tur, kur ir daudz satiksmes, ēka paceļas no ielas līmeņa. Un vairāk cilvēku nozīmē, ka tajā punktā ēkā ir lielāks telpiskais tilpums. Projektā izdalāmas septiņas galvenās izmantojamās telpu grupas, apskatot tās no augšas uz leju:

- 1) iekšējā jumta līmeņa telpa, kura var tikt izmantota rekreācijas un konferenču vajadzībām;
- 2) atvērta terase kafejnīcām un bāriem;
- 3) augšējais servisa līmenis utilitārām

komunikācijām, piemēram, ventilācijai utt.;

- 4) biroju telpas vienības tajās šūnās, kas savienojas vienotā slēgtā klasterī;
- 5) daudzfunkcionāla telpa izstādēm, teātriem vai kinoteātriem (lielākā atvērta telpa zonā, kurā dalās šūnas, kas vislabāk redzams tomogrāfiskajos griezumos, 6. attēls);
- 6) apakšējais servisa līmenis utilitārām komunikācijām, piemēram, ūdensapgādei, kanalizācijai utt.;
- 7) atbalsti pieejai ar kāpnēm un citām vertikālām komunikācijām.

Papildus tam ir plānotas, bet pagaidām tehniski neatrisinātas pazemes platības ar auto novietnēm. Ēkai, kas nosedz gandrīz četrus futbola laukumus, iepriekšminēto telpu kopējā platība sastāda 14412 m², no kuras lietderīgā izmantojamā platība ir 10240 m². Šai ēkai ir mainīgs augstums ar maksimālo augstuma atzīmi 20,8 m virs ielas līmeņa.

Dinamika un izliekumu brīva plūsma starp citiem ilustrējošiem terminiem ir tikai daži vārdi, lai izteiktu šo arhitektonisko objektu,

kas saplūst ar pilsētvidi ievērojot vislielāko cieņu pret apkārtējo apbūvi un visbūtiskāko oriģinālas koncepcijas argumentāciju, kas balstīta uz reāliem statistikas datiem (7. un 8. attēls). Objekts tika iegūts ar 99% reaģējoša parametriski asociatīvā dizaina palīdzību, kurā neviens subjektīvs projektētāju lēmums nav izdarīts citādi, kā tikai, lai izveidotu pašu sistēmu.

Secinājumi

1) Nobeigums var kļūt par sākumu. Tiklīdz noteiktas sistēmas projektēšana ir pabeigta, tā sāk dzīvot un sniegt neierobežotas iespējamās nākotnes. Turpretī ar tradicionālu projektēšanu, līdzko dizains ir izstrādāts, tas kļūst par pabeigtu projektu.

2) Arhitektūras projektēšanas procesā pastāv daudzas atvieglojošas rasēšanas un modelēšanas programmatūras, bet neviena no tām nav ģeneratīva vai radoša nevienā izpratnē. Tāpēc vislielākais sasniegums šajā izpētes eksperimentā ir savas sistēmas izveidošana, lai tā kalpotu par spēcīgu instrumentu ar lielu izmantojamības faktoru nākotnē.

3) Autoru izstrādātais instruments ir ar ārkārtīgi lielu veiktspējas kapacitāti, pārprogrammējamību un iespēju to nākotnē papildināt.

4) Iegūtā projekta rezultāta estētiskā kvalitāte ar tā iekļaušanos apkārtējā pilsētvidē ir labs parametriskās pieejas piemērs tādās problemātiskās vietās, kā, piemēram, Lesseps laukums Barselonā. Tas ļauj jaunajam objektam saglabāt esošo infrastruktūru, nekļūstot par šķērslī no konteksta viedokļa.

PARAMETRIC APPROACH IN DESIGNING LARGE SCALE URBAN ARCHITECTURAL OBJECTS

A. Riekstiņš, J. Briņķis

Keywords: Parametric architecture, associativity, bottom-up design, statistics, GIS, multifunctionality

Today all disciplines of various science fields are converging and developing. Nowadays we can even say that architecture involves and can be linked to almost any field, nevertheless it is science or fiction. It means that a contemporary architect must keep up with any advances in all possible fields of science and technology. Author underlines, that without experimenting the latest tools, we may run into self-repetition and losing of innovativeness. Thanks to Peter Eisenmann, today we approach a project and we explain processes. He is interested in process, its purity, the capacity of this formal language to prove things, generation of meaning signification. Final result is really not important. Nowadays, with contemporary approaches meaning is same as before, only new generation of advanced architects now use 3D modeling software instead of cardboard. Now architects have the power of software and the power of *NURBS* (non-uniform rational b-splines).

The formal system is depending in how many rules you have. Logic behind generative form is the same, based on works or understanding on Chomsky [1] and computers, on and on back to Palladio.

Approaching digital architecture from parametric viewpoint

The parametrically associative software is probably one of the best ways to express complex relations, resulting in harmonic proportional systems. Such software is being used in airplane design (for example, *Boeing*, *Airbus*, French *Mirage Jet* etc.) and advanced engineering, where many simultaneous changes in design can be fixed by setting up relations beforehand. In fact, whole set of rules is being built up in a system that can be expanded practically

to infinite, where the only limitations are those set by hardware processing (nowadays it is not concerned as a limit anymore). Complex systems are being introduced also in architectures of computational systems, and they are being developed all the time.

Most often the utilization of parametric models in the field of digital architectural design reflects the fact that much of the architectural software in use today was originally developed for the aeronautical, naval, automobile and product-design industries. Due to an inherited emphasis on maintaining geometric control and workflow efficiency, the parametric models used in these programs are embedded with processes and constraints, which lend themselves to the post-rationalization of complicated building geometries derived from other design processes. In architecture, deploying parametric control is primarily geared towards processes of rationalizing complex geometries, the typical case being the doubly curved façades rationalized as a parametrically defined system, which can then be relatively quickly adapted to inevitable changes in the overall scheme. The geometric data relevant to manufacture and construction is contained within this parametric model and is therefore effortlessly recalculated and retrieved. Indeed, the skills for achieving the geometric complexity found in many recent iconic buildings have long existed but are only now, through the process of parametric post-rationalization, becoming affordable. Not dissimilar to the alternative use of CAM (Computer Aided Manufacturing) as a generative and integral driver in the design process, associative modeling can provide a critical cornerstone in the development of an integral design based on material systems rather than being a merely facilitative tool [2]. The underlying logic of parametric design can be instrumentalized here as an alternative design method, one in which the geometric rigour of parametric modeling can be deployed first to integrate manufacturing constraints, assembly logics and material characteristics in the definition of simple components, and then proliferate the components into larger systems and assemblies. This approach employs the exploration of parametric variables to understand the behavior of such a system and then uses this understanding to strategize the system's response to environmental conditions and external forces.

Curved surfaces yield great potential for architectural design. This potential is both geometrical and topological, with significant repercussions on the design, production, behavior and effect of material form [2].

Design cycle workflow

In the workflow author experimented by choosing strategy, not exactly the form to design a large scale urban architectural object – multifunctional center. With these three words the design project could be described in the best way: *Form Finds Function*. And using diagrams and strategy the appropriate form was found. Such methodology of working in contemporary architecture is also being called *bottom-up* design, whereas standard architectural design with an exact object's volume definition, defining needs for spatial configurations already in the design task, is known as *top-down* design. It was expected that this project would include both synthetically critical and analytical investigations in the field of genetic workflow, emergent systems, new technologies and also in the use of maximum computational power. The design task was to resolve a complex space with varying program, multifunctionality and new strategies for design. Once this project was finished, it resembled a cycle, which could be re-run. That is because the clear workflow allowed rich and multiple variations at every step.

Cities are complex systems. The flow of vehicles and people within a city represents the emergent behavior of such a system, produced by the large numbers of decisions of the individuals, and their interaction with each other and with the transport infrastructure of the city. Complex systems are, by definition, nonlinear and sensitive to initial conditions, so that small changes in such conditions may produce turbulent behavior at the global scale [3].

First step involved an observation of processes going on in Lesseps square, the location for the project, which is probably one of the most complicated urban junctions in the city of Barcelona, Spain. It contains lots of traffic flows and peoples rushing from point to point.

Second step involved data collection and raster mapping by GIS (Geographic Information Systems) principles. Different kind of data was

analyzed from various information sources to find data that could be used for further working. Information about traffic and people's movement was chosen for further work. Using the principles of GIS, vectorial data from area of 34,4 hectares (630x545 meters) was raster mapped to *Excel* spreadsheet, choosing data matrix size of 45x39 cells, which is mere 1755 different cell units in each of the spreadsheets (Figure 1). The reduced raster cell's size for this GIS system was 14x14 meters. Any relevant linear information data was interpolated between these cells. To simplify further work, all various data types of amount of cars passing Lesseps, pollution in grams of CO₂ per km², noise in decibels, amount of people, speed in km/h and density of people per m² was interpolated to digits from 1 to 5, with ability to calibrate them in six different spreadsheets at a time just changing these digits once.

In the *third step* author's work involved serious *Excel* inter-calculation programming to build a data driven tool, which could be applied and interpreted in almost infinite possible ways. The possible use could be parameters for associative models, geometric form generation or any other kind of 3D manipulations. As the chosen amount of data seemed to be too big for a research project like this, margin of usable data cells was being introduced. Cells which cover Lesseps square and its surrounding buildings with slight influence extension outwards the square set up the border condition. The final *Excel* spreadsheet tool included fine-tuning ability wherein any of six data calibration levels (in the same way as in the second step) from 1 to 5 can be changed at once by doing it in one place. This tool was the ideological base for continuing the work (Figure 2).

Fourth step was the surface generation with the help of a parametric base grid. Here author continued on testing the infinite possibilities of parametric software to construct a system for surface generation. Numeric data of three information sources about cars and three information sources about people were separated, so that each of them was generating an independent 3D mesh of points where the two resulted meshes stand on top of each other, nevertheless the size of differentiation that is introduced by calibrated parameters. Base points were set on a regular square grid, following the precise position of the data in the GIS system.

Surface construction logic imports spreadsheet data of GIS, distributing it in two levels. Part of the data drove points up, while other drove them into circles and then triangles. The triangles lowest right and top sides were connected, and in this connection line a new center point was found. Using three such center points a new surface was represented in a 3D space, connecting all of the elements together (Figure 3). Lower triangulated surface represents cars, while the upper represents people. Specific inter-calculation equations were being used later for fine-tuning the desired result, keeping the basic logic in a strong parametrically constructed model.

Fifth step was experimenting with various shapes that could be built in between of two generated 3D meshes of points. One of the options was producing two tetrahedrons that were being intersected together and new membrane openings were being made at their intersection places. Another option included triangulated curves that were connected in two points and they formed a membrane with openings between cells. Another very complex option with 480 length parameters resulted a cell in between 7 points of the 3D mesh (Figure 4). Part of the cells split and part of the cells touch forming a solid geometry. A certain similarity to flowers could be drawn, while openings and any dimensions were strictly configurable to different performative features. Author finished time-consuming tests with simple yet complex four sided cells that have a hole in the middle. Unfortunately after data import linking nothing of this system worked and the work on fixing parametrically associative errors was continued after the next step.

Sixth step – system calibration and spatial definition. The experiments proved that even the smallest error ruins the system, so to apply it to the design process meant reasoned decisions on how to proceed further. The most elements that worked well from previous tests were set up in a new system, where certain new rules controlled how the parameters should behave. By testing on simple two triangulated meshes how the data-driven *Excel* tool generated space, more fine-tuning was needed to fix zero conditions with error correction values. Once linked with alongside developed parametric model system the possibilities just started to give a clue how rich spectrum of design choices was open (Figure 5).

Think of birds in a swarm. The birds are executing a basic flocking rule, like checking the position of their neighbors all the time. As long as they are swarming, they keep on checking, they never let the distance become too big or too small. People in a crowd perform similar behavior; they do avoid collisions by constantly checking the positions of immediate neighbors [4]. The description of a swarm best match with *seventh step* – construction logic of parametric cells and their parameters.

Eighth step was going further to understand the ways of how to make model of the project. Author chose to make it from the basic components in scale 1:100. The geometry itself was in a way complicated, because it holds together in corners and the internal space frame, which is being formed from the structural floor elements. To facilitate the assembly, author chose a strategy to make the model by triangulating the geometry to simple planes and then unfolding them and enumerating the edges. Next step involved a research on how to produce the necessary components with the help of CNC (Computer Numeric Control) machinery. A cell consists of 24 triangles, every side of a cell component is formed out of three triangles. Basically, the project was so big that author decided to make only one, Western part of the model, which shows all the possible cell conditions and spatial configurations, consisting of 319 millable pieces. Chosen material was 1 mm thick polypropylene and there was no way to let the machine cut the bending lines from inside and outside, so another half of the work needed to be done by cutting manually. Milling process was done on a machine, produced by *Axyz Corporation*, and all millable pieces were converted to a machine-readable numeric control format. The assembly of the model took two weeks.

Ninth step was the planning for spatial configuration use. As the bottom-up design process involves different way of thinking and understanding processes in architectural design, calibration of the system and statistical data produced a mutual planning all the time. Where there is lot of traffic, building is elevated from the street level. And more people mean that in that point there is more spatial volume in the building. Author distinguished seven main usable space groups as seen from above to below:

- 1) internal roof level space that can be used for recreational functions and conferencing;
- 2) open air terraces for cafés and bars;
- 3) upper service level for utility communications such as ventilation etc.;
- 4) office space units in the cells that unite into one closed cluster;
- 5) multifunctional space for exhibitions and theatres or cinemas (the biggest open space in the area of splitting cells that can be best seen in the sliced tomography sections, Figure 6);
- 6) lower service level for utility communications like water and sewage etc.;
- 7) support legs for access with stairs and other vertical access communications.

More to that there are planned but still technically unresolved underground areas with parking allocations. For a building, which covers the size of almost four football fields, aforementioned space makes up 14412 m², out of which usable space is 10240 m². This building features variable height with a maximum up to 20,8 m from the street level. Calculating roughly, such a building can provide around 1075 new workplaces, which is a significant number for such a relatively small square in the city.

Dynamics and free flow of the curvature amongst other illustrative terms are just some words to express this architectural object that blends into cityscape with the utmost respect to the surrounding and the most relevant proof of concept, based on real statistical data (Figure 7 and 8). The object was obtained by 99% responsive parametrically associative design, where no subjective decisions of the designers are put in anything else than designing of the whole system.

Conclusions

- 1) End can be the beginning. Once the designing of a particular system is finished it starts to live and give infinite possible futures. Whereas with the traditional designing when you finish the design it is the end of the project.
- 2) For the design process there are lot of

- facilitative drafting and modeling software's, but they are not generative or creative in any sense. So, developing own system for a strong tool with a huge usability factor in future is author's biggest achievement in this research experiment.
- 3) Author's designed tool is a device with enormous performative capacity, reprogrammability and possibility to expand it in the future.
- 4) Aesthetic quality of the obtained project's result with its blending into the surrounding is a good example on a parametric approach to such problematic urban locations like Lesseps square in Barcelona. It allows the new object to preserve the existing infrastructure without being an obstacle in the sense of context.

Literatūra References

1. Chomsky, N. The Logical Structure of Linguistic Theory. – Berlin: Springer, 1975. – 604 pp.
2. Hensel, M. Morpho-Ecologies. – London: AA Publications, 2006. – 376 pp.
3. Weinstock, M. Advanced Simulation in Design // Architectural Design. – 2006. – Vol. 76 Issue 2. – p. 58.
4. Oosterhuis, K. BCN Speed and Friction: the Catalunya Circuit City. – Barcelona: SITES Books / ESARQ (UIC), 2004. – 224 pp.

Arne Riekstiņš

Lecturer, M.Sc.arch., M.BioDigi.arch.
Riga Technical University, Faculty of Architecture and Urban Planning
16 Āzenes Str., LV-1048, Riga, Latvia
Private architect at Hybrid Space architecture
Phone: +371 29235265
E-mail: arne@hybridspace.eu
www.hybridspace.eu

Jānis Briņķis

Professor, Dr.arch.
Riga Technical University, Faculty of Architecture and Urban Planning
16 Āzenes Str., LV-1048, Riga, Latvia
Phone: +371 67089114
E-mail: brinkis@bf.rtu.lv

A. Riekstiņš, J. Briņķis, Parametriskā pieeja lielmēroga pilsētībūvniecisku arhitektūras objektu projektēšanā

Dažādām zinātnes nozarēm konverģējot un attīstoties, veidojas jaunas pieejas mūsdienu arhitektūrā. Autori pievēršas digitālajai arhitektūrai no parametriska skatpunkta, atklājot tās ģeneratīvo kapacitāti, kas aizsākusies aviācijas, kuģubūves, automobiļu un patēriņa preču dizaina industrijā. Autori izsmēloši apskata savu dizaina cikla darba gaitu, izmēģinot jaunākās metodikas arhitektūras projektēšanā. Dizaina procesa soļi ietvēra: novietnes vērtīgu statistikas datu ekstrapolāciju trīsdimensiju diagrammās, definējot noteiktu materialitāti par veidojamo apjomu, strukturālas čaulas un nesošās konstrukcijas vienlaicīgus atainošanas veidus, objekta savienojanu ar zemi, ēkas interjera programmas definīciju ar iespējamām telpu grupām, izgatavošanas loģiku, prototipa izgatavošanu ar ciparvadības frēzēšanas iekārtas palīdzību. Šajā pētījumā autoru izstrādātajam instrumentam ir ļoti liela veikspējas kapacitāte un to iespējams izmantot dažādos arhitektūras projektēšanas mērogos. Estētiskā kvalitāte var tikt plaši diskutēta līdz pakāpei, kad jauni pieejas scenāriji izveido nepieciešamību pēc jaunas arhitektu lomas klūt par hibrīdiem arhitektiem, kas specializējas daudz plašākā mērogā, nekā tas tika darīts arhitektūras nozarē tikai pirms vienas dekādes.

A. Riekstiņš, J. Briņķis, Parametric approach in designing large scale urban architectural objects

When all disciplines of various science fields converge and develop, new approaches for contemporary architecture arise. Author looks towards approaching digital architecture from parametric viewpoint, revealing its generative capacity, originating from the fields of aeronautical, naval, automobile and product-design industries. Author also goes explicitly through his design cycle workflow for testing latest methodologies in architectural design. The design process steps involved: extrapolating valuable statistical data about the site into three-dimensional diagrams, defining certain materiality of what is being produced, ways of presenting structural skin and structure simultaneously, contacting the object with the ground, interior program definition of the building with floors and possible spaces, logic of fabrication, CNC milling of the prototype. The author's developed tool that is reviewed in this research features enormous performative capacity and is applicable to various architectural design scales. Aesthetic quality can be discussed widely to an extent, whether new intervention scenarios open up the need for new architect's role to become a hybrid architect – specializing in more than what we once were doing in the field of architecture just a decade ago.

А. Риекстиньш, Я. Бринкис, Параметрический подход в проектировании широкомасштабных архитектурных объектов градостроения

В процессе конвергаций и развитии разных отраслей науки образуются новые подходы к проектированию в современной архитектуре. Авторы раскрывают генеративную емкость цифровой (цифровой) архитектуры с параметрической точки зрения, которая получила начало в индустрии дизайна авиации, кораблестроения, автомобилестроения и товаров широкого потребления. Авторы исчерпывающе показывают разработанную технологию цикла проектирования, испробовав новейшие архитектурные методики. Процесс проектирования включает экстраполяцию ценных статистических данных в трехмерных диаграммах, определяя точную материальность создаваемого объема, возможные способы отображения структурных оболочек и несущих конструкций, соединение объекта и поверхности земли, программное определение интерьера здания с возможными группами помещений, логику построения, а также изготовление прототипа на фрезерном станке цифрового управления. В данном исследовании разработанный авторами инструмент имеет большую емкость производительности, что возможно использовать в различных масштабах архитектурного проектирования. Можно широко дискутировать про эстетические качества до того момента, когда новые сценарии разработанного метода создают необходимость архитекторам новой роли стать архитекторами гибридами, специализирующимися в гораздо более широких масштабах, по сравнению с тем, что было принято в архитектурной отрасли еще десять лет назад.